



Ministerio de Educación Superior
Instituto Superior Minero Metalúrgico de Moa
“ Dr. Antonio Núñez Jiménez ”
Facultad Metalurgia – Electromecánica

***Título: Metodología de cálculo para la adaptación de un motor Hyundai H1 Van 2
en un UAZ - 469***

TESIS EN OPCIÓN AL TÍTULO DE INGENIERO MECÁNICO

Autor: Samuel Ortiz González

Tutor: Dr. C. Tomás Fernández Columbié

Moa - 2014



Declaración de autoridad

Yo: Samuel Ortiz González

Autor de este trabajo de diploma, certifico su propiedad intelectual a favor del Instituto Superior Minero Metalúrgico de Moa "Dr. Antonio Núñez Jiménez", el cual podrá hacer uso del mismo con la finalidad que estime conveniente.

Samuel Ortiz González

Dr. C. Tomás Fernández Columbié

AGRADECIMIENTOS

En primer lugar a Dios que me ha guiado espiritualmente en todos los aspectos de mi vida y de forma especial en el logro de mi carrera.

Al claustro de profesores que me transmitieron los conocimientos adquiridos a través de mi carrera.

Al Dr. C. Tomás Fernández Columbié, Tutor de mi tesis de grado que depositó su confianza y me asesoró en la realización de este trabajo.

Agradezco a mi familia su colaboración y apoyo para la terminación del mismo.

Al Ms.C. Ronney Correa Suarez y demás amistades que me apoyaron en el desempeño de esta tarea.

A los que de una u otra forma me ayudaron en la realización de este trabajo, tales como: Taller de la Empresa Mecánica del Níquel, Cmdte. Gustavo Machin Hoed de Beche y Taller Automotor de la Empresa Puerto de Moa, Cmdte. Raúl Díaz Argüelles.

Muchas Gracias a todos.



DEDICATORIA

Este trabajo va dedicado a mis familiares más queridos que me han apoyado durante toda mi vida y en la realización de este trabajo.

A mi madre: María González González

A mi padre: Solano Ortiz Menéndez

A mis primos:

- ✓ Arq. Elizabeth Hernández González***
- ✓ Ing. Samuel Hernández González***
- ✓ Ing. William Hernández González***
- ✓ Ing. Joel Hernández González***
- ✓ Ms.C. Ronney Correa Suarez***

A mi tutor: Dr. C. Tomás Fernández Columbié



SÍNTESIS

En el trabajo que a continuación se presenta se establece una metodología de cálculo que permite el proceso de remotorización de un vehículo que acciona con gasolina; el Uaz 469, perteneciente a la empresa "Comandante Gustavo Machín Hoed de Beche", con un motor de diésel del tipo Hyundai H1 Van 2.

Para establecer los cálculos se consideraron elementos como: la potencia máxima efectiva para condiciones exteriores de los motores, el momento máximo para una determinada frecuencia de rotación en ambos motores, el consumo específico de combustible, la fuerza de inercia como resistencia al camino, las características tractivas de los vehículos, las eficiencias mecánicas de las transmisiones, la capacidad máxima de aceleración (dV/dt) max, la capacidad máxima de aceleración en marcha directa y la economía del consumo de las máquinas automotrices.

Se compara el rendimiento de los motores en cuanto al comportamiento de la fuerza tractiva en función del momento, de la potencia en función de la velocidad y del consumo en dependencia de la velocidad, demostrando la factibilidad de realizar el proceso de remotorización, por último se realiza la valoración económica y la incidencia del transporte en el medio ambiente.



SYNTHESIS

The present work aims to establish a methodology for calculation allowing the process of remotorización of a vehicle belonging to the "Commander Gustavo Machin Hoed de Beche" enterprise, powered with gasoline Uaz 469, with a Hyundai H1 Van 2 type diesel engine.

To establish the calculations were considered elements as: effective maximum for outdoor conditions of engines, the power of maximum moment for a certain frequency of rotation in both engines, the specific fuel consumption, the force of inertia as resistance to road, the tractive characteristics of vehicles, mechanical efficiency of the transmission, the maximum acceleration capacity (dV/dt) max, the maximum acceleration capacity in direct march and self-propelled machines consumption economy.

Compares the performance of engines in terms of the behaviour of tractive force depending on the time of power depending on the speed and consumption depending on the speed, demonstrating the feasibility of carrying out the process of remotorización, finally is make the economic valuation and the impact of transport on the environment.



ÍNDICE	Pág.
Introducción	1
Capítulo 1. MARCO TEÓRICO. ANTECEDENTES INVESTIGATIVOS	
1.1 Introducción	4
1.2 Generalidades del surgimiento del automóvil	4
1.3 Generalidades acerca del motor de combustión interna	6
1.3.1 Motores de combustión interna	9
1.3.2 Partes del motor de combustión interna	11
1.3.3 Partes móviles y fijas del motor	12
1.3.4 Motor rotatorio	13
1.3.5 Motores lineales	14
1.3.6 Cronología de motor	14
1.3.7 Principio de funcionamiento del ciclo Otto o motor de 4 tiempos	15
1.3.8 Funcionamiento del motor diesel	16
1.3.9 Instalaciones del motor	16
1.4 Disposición del motor diesel en el automóvil	17
1.4.1 Ventajas y desventajas del motor diesel	18
1.5 Economía de consumo	18
1.5.1 Rendimiento térmico de un motor	19
1.6 Arquitectura mecánica del automóvil	20
1.6.1 Mecanismos de los automóviles	20
1.6.2 El automóvil en la vida moderna	22
1.7 Automóvil marca Uaz – 469	22
1.8 Remotorización	24
1.9 Conclusiones del capítulo	25
Capítulo 2. MATERIALES Y MÉTODOS	
2.1 Introducción	26
2.2 Diagnóstico del motor	27
2.3 Características de los automóviles para realizar la remotorización	27
2.3.1 Características del Uaz – 469	27
2.3.2 Características del Hyundai H1 Van 2	28
2.4 Metodología de cálculo	30
2.5 Conclusiones del capítulo	39
Capítulo 3. ANÁLISIS DE LOS RESULTADOS	
3.1 Introducción	40
3.2 Resultados de la metodología	40
3.3 Comparación entre los parámetros de los vehículos	45
3.3.1 Análisis de la potencia en función de la velocidad	46
3.3.2 Análisis del consumo en función de la velocidad	46
3.4 Valoración económica	48
3.4.1 Economía del consumo	48
3.5 Impacto medioambiental	49
3.5.1 Fuentes móviles. Contaminación y control	51
3.6 Conclusiones del capítulo	53



CONCLUSIONES	54
RECOMENDACIONES	56
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	57

Introducción

En nuestro país hoy en día constituye algo primordial el desarrollo de tecnologías que permitan más ahorro de recursos, menos gasto de energía y menos contaminación atmosférica. El incremento de la eficiencia con el uso racional de los recursos que poseemos nos lleva a la búsqueda de productos más competitivos, para sustituir viejos y costosos esquemas tecnológicos.

Nuestro país en los presentes días tiene un alto coeficiente de gasto monetario en combustible en transporte. El transporte posee elevados costos iniciales de inversión, pero permite transportar cargas, de forma rápida, con regularidad y a muy bajos costos, los cuales están estrechamente relacionados al desempeño de este. En la medida que los costos totales por unidad de trabajo realizado por el sistema de transporte sean menores, mayor será la eficiencia del mismo.

Los vehículos de motor en nuestro país por lo general funcionan con combustible diesel, a excepción de algunos que trabajan con gasolina. Este tipo de combustible presenta un costo superior al que nuestro país puede alcanzar con mayor facilidad, el diesel, por esta causa los gastos del país pueden aumentar menguando los ingresos ganados que son la base de supervivencia de todo aquel que habita en nuestra tierra. Para erradicar estos problemas se basa en el desarrollo científico técnico logrado en nuestro país a través de nuevos métodos creados en la base científica de nuestros especialistas en las distintas materias encargadas de darle solución a estos problemas que tanto afectan nuestro desarrollo.

En los vehículos de motor se ha evolucionado en cuanto a mejorar el rendimiento y consumo de combustible de estos medios de transporte tan útiles en la vida social de nuestro país a través de metodologías y estudios que permiten la adaptación de motores que marchen con diesel en vehículos que funcionen con gasolina en medios de transporte tanto pesados como ligeros.

Los automóviles a analizar son de carácter ligero, con estructuras físicas similares, puesto que para realizar esta adaptación no pueden diferir mucho en sus cualidades. Estos autos son el Uaz- 469 y el Hyundai H1 Van 2. El Uaz es un

automóvil de muchos años de servicio a nuestro país, es conocido como el Jeep ruso, tiene cualidades excepcionales fuera de carretera y que a menudo se desconocen. La conducción recuerda más a un tractor que a un turismo, no sólo por la posición de la banqueta respecto al volante, sino por la ruidosa caja de transferencias que utiliza engranajes de diente recto, y no helicoidales como cabría esperar, este funciona con gasolina que es uno de los grandes problemas a los que se enfrenta nuestra economía y se trata de superar.

Una de las vías para lograrlo es mediante la remotorización de los medios de transporte terrestres, o sea traspasar la tecnología diesel a uno que presente tecnología de gasolina, base principal en el desarrollo de este estudio.

Situación problémica

La empresa "Comandante Gustavo Machín Hoed De Beche" cuenta con la presencia de diversos tipos de vehículos de transporte para personas, ya sea de 4 ruedas o de 2 ruedas. Entre estos existen algunos con defectos que ocasionan constantes fallas creando pérdidas económicas por retraso a la producción y la correspondiente reparación a estos medios de transporte. Uno de los automóviles afectado es el Uaz – 469 de fabricación Soviética el cual funciona con gasolina, presentando problemas de desgaste y rotura en su motor, la empresa cuenta con un motor Hyundai H1 Van 2 que está en buenas condiciones para realizar una adaptación de este motor al Uaz, situación que le convendría a la empresa puesto que al funcionar con combustible diesel el gasto en esta rama disminuiría y el UAZ entraría nuevamente a sus funciones en su institución.

Problema

Necesidad de lograr la adaptación del motor de un automóvil que trabaje con diesel, como es el Hyundai H1 Van 2 en un vehículo que se acciona utilizando gasolina, el Uaz– 469.

Objeto de la investigación

Motores de combustión interna pertenecientes a los coches Hyundai H1 Van 2 y el UAZ – 469.

Hipótesis

Sobre la base del problema a resolver se establece la siguiente hipótesis, al considerar como principales parámetros las fuerzas tractivas, los momentos y consumo de combustible pertenecientes a cada vehículo, se podrá establecer la metodología de cálculo del proceso de remotorización del automóvil de gasolina Uaz– 469, con un motor diésel del tipo Hyundai H1 Van 2 y lograr la funcionalidad del mismo.

Objetivo de trabajo

A partir de la hipótesis planteada se define como objetivo establecer la metodología de cálculo para la remotorización del automóvil Uaz– 469 con motor de gasolina, por un motor diésel del tipo Hyundai H1 Van 2, perteneciente a la empresa "Comandante Gustavo Machín Hoed De Beche".

Objetivos específicos

1. Determinar las características fundamentales de los motores de gasolina con relación a los motores de combustión interna a partir del consumo de los mismos.
2. Establecer un procedimiento metodológico que permita la adaptación del motor del automóvil Uaz – 469 por el de un motor diesel Hyundai H1 Van 2 a partir del sistema de transmisión.
3. Realizar el análisis de la metodología propuesta relacionada con la metodología de cálculo del sistema de transmisión de ambos automóviles, así como la valoración económica.

Tareas

1. Establecimiento del estado del arte y sistematización de los conocimientos y teorías relacionadas con el objeto de estudio.
2. Análisis de resultados y obtención de las metodologías propuestas para la adaptación del sistema de transmisión en ambos automóviles.
3. Planteamiento de los efectos económicos, sociales y ambientales del proceso de remotorización.

Capítulo 1

Marco teórico. Antecedentes investigativos

Capítulo 1. Marco Teórico Investigativo

1.1. Introducción

La historia del automóvil se remonta al surgimiento de la revolución industrial, aunque el hombre años atrás había inventado la forma de transportar cargas pesadas en carretas u otros vehículos destinados a este fin. El primer paso fueron los vehículos propulsados a vapor. Se cree que los intentos iniciales de producirlos se llevaron a cabo en China, a fines del siglo XVII, pero los registros documentales más antiguos sobre el uso de esta fuerza motriz datan de 1769, cuando el escritor e inventor francés Nicholas-Joseph Cugnot presentó el primer vehículo propulsado a vapor.

El primer automóvil de combustión interna lo inventó Karl Friedrich Benz en la ciudad alemana de Mannheim en 1886. Pocos después otros pioneros, como Gottlieb Daimler y Wilhelm Maybach presentaron a su vez sus modelos. El primer viaje largo en un automóvil lo realizó Bertha Benz en 1888, al ir de Mannheim a Pforzheim, ciudades separadas entre sí por unos 105 km. Cabe destacar que fue un hito en la automovilística antigua, dado que un automóvil de esta época tenía como velocidad máxima unos 20 km/h, gastaba muchísimo más combustible de lo que gasta ahora un vehículo a esa misma velocidad y la gasolina se compraba en farmacias, donde no estaba disponible en grandes cantidades.

El capítulo tiene como objetivo establecer el estado actual relacionado con el surgimiento del motor de combustión interna, así como la caracterización del motor de combustión interna y de sus partes componentes.

1.2. Generalidades del surgimiento del automóvil

Al principio, el término automóvil era un adjetivo (del griego autos y del latín mobilis) aplicable a vehículos que andaban «solos» y que comprendían diversas clases de máquinas. Con el tiempo, el adjetivo se hizo sustantivo para designar principalmente a los vehículos destinados al transporte de pocas personas, llamados también turismos, mientras que para otros tipos de estos vehículos se generalizaron designaciones diferentes: autobús, dedicado al transporte público urbano; autocar, para transporte público por carretera; camión, transporte de materiales o de mercancías; triciclo o motocarro, transporte ligero de tres ruedas; motocicleta o moto, vehículo de dos ruedas

o con tercera desmontable; tractor, destinado al arrastre; finalmente, los vehículos para usos técnicos (volquetes, cisternas, grúas) o militares (tanques, blindados).

Como primer prototipo de automóvil suele considerarse el vehículo a vapor construido por el ingeniero militar Nicholas Joseph Cugnot en 1770; era un triciclo, con la única rueda delantera directriz y motriz a la vez, que se conserva en el Museo de Artes y Oficios de París. Siguen otros vehículos a vapor contruidos por: James Watt en 1784, Griffith en 1821, J. Hill en 1824, Hancock en 1831.

Estos dos últimos ingenieros ingleses construyeron las primeras diligencias a vapor (autobuses) que prestaron servicio público en el Londres de aquella época. Después del Locomotive Act, que limitaba las posibilidades del naciente automóvil, siguió su desarrollo en Francia; Amédée Bollée realizó su automóvil a vapor, La Marcelle, en 1873; el marqués de Dion su triciclo a vapor en 1883 y el ingeniero Léon Serpollet, inventor de la moderna caldera tubular, otro triciclo que más tarde debía alcanzar la entonces fantástica velocidad de 120 kilómetros por hora.

Mientras tanto, iba desarrollándose en Francia y Alemania el motor de explosión que, debido a sus excelentes características de peso, potencia y nervio, se adueñó de la construcción automovilística desde los últimos años del siglo pasado.

Inventores de diversos mecanismos importantes para el desarrollo del automóvil fueron: James Watt (GB), 1784, construye un cambio de velocidades con engranajes; Isaac de Rivaz (F), 1800, crea el motor de explosión (gas) para automóvil Timothy Burstall y John Hill (GB), 1826, aplican la transmisión cardan y la tracción por las cuatro ruedas; se establece entre Gloucester y Cheltenham (GB) la primera línea regular de autobuses (15 km.); en 1835 se construye el primer automóvil eléctrico; Ch. Good year (EE. UU.), 1840, consigue la vulcanización del caucho; Robert W. Thompson (GB), 1845, crea la teoría del neumático; J. Boydell (GB), 1846, el automóvil con rodamiento por orugas (algunos tomaron parte en la guerra de Crimea).

Édouard Delamarre Deboutville (F), el 12 feb. 1884, registra la primera patente de un automóvil con motor de gasolina; G. Daimler (Al.), 1885, construye la primera motocicleta; Robert Bosch (Al.), 1887, inventa el sistema de encendido eléctrico; J. B. Dunlop (GB), 1888, inventa el neumático de goma; los hermanos Michelin (F), 1895,

montan la primera fábrica de neumáticos; De Dion Bouton (F), 1913, idea el puente trasero articulado con ruedas independientes; Lockheed (EE. UU.), 1914, el freno hidráulico; Citroën (F), 1919, el automóvil con alumbrado y arranque eléctricos; Chaigneaux Brasier, Tracta (F), 192530, crean la tracción delantera; Constantifescu (F), 1930, el cambio de marchas continuo y automático; Rover (GB), 1950, construye el primer automóvil con turbina.

Desarrollo del motor Christian Huygens (H), 1673, idea un motor alimentado con pólvora; Robert Street (GB), 1794, el motor con carburante líquido; Isaac de Rivaz (F), 1800, el motor de automóvil; Lenoir (F), 1860, el primer motor a gas con encendido eléctrico; Beau de Rochas (F). y Otto (Al.), entre 1860 y 1864, el ciclo de cuatro tiempos; Dugald Clerk (GB), 1877, el motor de dos tiempos; Daimler y Maybach (Al.), 1883, el motor con cárter cerrado; T;mile Capitaine (F), 1889, el motor de combustión interna llamado actualmente Diesel, con inyección de combustible y alta compresión (16 kg/cm²); De Dion Bouton (F), 1895, realiza un motor rápido de 2000 rpm; Prosper d'Orange (F), 1908, realiza la cámara de precombustión para motores de combustión interna.

1.3. Generalidades acerca de los Motores de Combustión Interna

Un MCI (motor de combustión interna) es un tipo de máquina que obtiene energía mecánica directamente de la energía química producida por un combustible que arde dentro de una cámara de combustión.

Según Casado (2002), es básicamente una máquina que mezcla oxígeno con combustible gasificado. Una vez mezclados íntimamente y confinados en un espacio denominado cámara de combustión, los gases son encendidos para quemarse (combustión). Debido a su diseño, el motor, utiliza el calor generado por la combustión, como energía para producir un movimiento giratorio.

Entre los parámetros que caracterizan los Motores Combustión Interna, se encuentran los que caracterizan el ciclo real (parámetros indicados) y los que caracterizan el trabajo del motor (parámetros efectivos).

Las características indicadas se obtienen del diagrama indicado de los motores, mientras las efectivas son las mismas después de considerar todas las pérdidas mecánicas que ocurren en el trabajo de los motores.

Pálmer (2006), plantea que el desarrollo de los motores de combustión interna se inicia en los años 60 del siglo pasado (motor Lenoir, Francia, 1860; motor Otto y E. Langen Alemania, 1867; motor de cuatro tiempos N. Otto en 1876, construido según el ciclo de Beauc de Rochas en 1862, con compresión previa del fluido operante y combustión a volumen constate). A fines del siglo XIX, cuando fue organizada la refinación industrial del petróleo los motores de combustión interna que funcionaban con combustible líquido (gasolina, Kerosene de encendido por chispa o ignición por compresión) obtuvieron mayor difusión.

En el 1889 fue construido en Rusia el primer motor a gasolina (Motor Kostovich). En 1899 fue fabricado en San Petersburgo, por primera vez en el mundo, un motor económico y capaz de funcionar con encendido por compresión (Diesel)¹. Transcurrido un corto tiempo, la estructura del motor Diesel fue perfeccionada (motores Diesel sin compresión). En Rusia fueron construidos los motores Diesel sin compresión diseñados por G.V. Trinkler en 1901 y de estructura de Ya. V. Mamin en 1910.

Plantea Dante (2000) que el exitoso empleo de los motores de combustión interna, el diseño estructural de motores estructurales y la elevación de sus índices de potencia y rendimiento fueron posibles en gran medida gracias a las investigaciones y a la elaboración de la teoría sobre el proceso de funcionamiento de los motores. En 1906 el profesor de la escuela Técnica Superior de Moscú V. I. Grinevetski propuso el primer método de cálculo térmico del motor. Este método fue desarrollado y completado por el miembro correspondiente de la A.C. de la URSS, N. R. Briling, por el profesor E. K. Mazing y por el académico B. S. Stechkin.

En la URSS la producción de motores de combustión interna para las diferentes ramas de la economía – incluida la automovilística empezó rápidamente a desarrollarse después de la gran Revolución Socialista de Octubre.

Notable atención se prestó a la industria automotriz desde el principio de la industrialización del país. Se inició la producción en masa de automóviles. En primer



lugar se organizó la fabricación de gran cantidad de camiones, indispensables para el desarrollo de la industria y de la agricultura del país.

La fábrica de Automóviles Volga. Los complejos Kamaz para fabricar camiones con elevada capacidad de carga, así como sus respectivos motores.

Últimamente se dedica especial atención al desarrollo de la industria automotriz. Paralelamente al continuo aumento de la producción de camiones creció bruscamente la fabricación de coches de turismo. A la par con el aumento de producción de automóviles modernizados y de sus motores en las fábricas existentes, ha entrado en funcionamiento un nuevo y enorme complejo industrial de producciones de coches de turismo.

Se perfila el ulterior desarrollo y construcción de nuevas fábricas. Tarea principal que se plantea ante el desarrollo y perfeccionamiento de los motores de automóviles al diseñar nuevos tipos de motores y la modernización de los que actualmente se encuentran en producción, el subsiguiente incremento de la potencia por unidad de volumen, manteniendo alta confiabilidad de la estructura, reducción de la masa específica, de los consumos específicos y de explotación de combustible, del costo de producción de los motores y de su mantenimiento.

Se ha fijado ampliar el campo de aplicación de los motores Diesel. Se presta especial atención a la disminución de la toxicidad de los gases de escape que son expulsados al medio ambiente y a la reducción del ruido durante el funcionamiento del motor. Los trabajos de investigación científica obtendrán un continuo desarrollo, incluyendo los empleados en los sistemas de ensayos automatizados para el estudio y optimización de los índices de los motores, así como los métodos utilizados en la automatización del mando de ellos. Se utilizarán ampliamente en los cálculos los ordenadores.

La peculiaridad de la tecnológica de producción de motores y el incremento de los requisitos que se plantean ante su calidad, con una escala cada vez mayor en la producción de motores, han condicionado la necesidad de crear fábricas de motores especializadas.

Se presta especial atención en la producción de motores a la unificación de sus unidades y piezas y al desarrollo de familias de motores unificados.

Según Font (2001) en los inicios de la década de los años ochenta del pasado siglo XX, en nuestro país se comienza la explotación del camión Kamaz al igual que otros equipos pesados japoneses como el Komatsu ya se aplicaba en el mundo industrializado la automatización.

1.3.1. Motores de combustión interna

El motor convencional del tipo Otto es de cuatro tiempos (4T), aunque en fuera borda y vehículos de dos ruedas hasta una cierta cilindrada se utilizó mucho el motor de dos tiempos (2T). El rendimiento térmico de los motores Otto modernos se ve limitado por varios factores, entre otros la pérdida de energía por la fricción y la refrigeración. La termodinámica nos dice que el rendimiento de un motor alternativo depende en primera aproximación del grado de compresión. Esta relación suele ser de 8 a 1 o 10 a 1 en la mayoría de los motores Otto modernos.

Se pueden utilizar proporciones mayores, como de 12 a 1, aumentando así la eficiencia del motor, pero este diseño requiere la utilización de combustibles de alto índice de octano para evitar el fenómeno de la detonación (la detonación es un fenómeno que se produce de manera espontánea, parte de la mezcla aire/combustible se inflama de modo espontánea mucho antes de que el pistón llegue al punto muerto superior, especialmente antes de que el frente de llama de la combustión provocada por la bujía llegue a todo el espacio de la cámara de combustión.) que puede producir graves daños en el motor. La eficiencia o rendimiento medio de un buen motor Otto es de un 20 a un 25 %: sólo la cuarta parte de la energía calorífica se transforma en energía mecánica.

En teoría, el ciclo diésel difiere del ciclo Otto en que la combustión tiene lugar en este último a volumen constante en lugar de producirse a una presión constante. La mayoría de los motores diésel son asimismo del ciclo de cuatro tiempos, salvo los de tamaño muy grande, ferroviario o marino, que son de dos tiempos. Las fases son diferentes de las de los motores de gasolina. Algunos motores diésel utilizan un sistema auxiliar de

ignición para encender el combustible al arrancar el motor y mientras alcanza la temperatura adecuada.

La eficiencia o rendimiento (proporción de la energía del combustible que se transforma en trabajo y no se pierde como calor) de los motores diésel dependen, de los mismos factores que los motores Otto, es decir de las presiones (y por tanto de las temperaturas) inicial y final de la fase de compresión. Por lo tanto es mayor que en los motores de gasolina, llegando a superar el 40 %.

En los grandes motores de dos tiempos de propulsión naval. Este valor se logra con un grado de compresión de 20 a 1 aproximadamente, contra 9 a 1 en el Otto. Por ello es necesaria una mayor robustez, y los motores diésel son, por lo general, más pesados que los motores Otto. Esta desventaja se compensa con el mayor rendimiento y el hecho de utilizar combustibles más baratos. Los motores diésel grandes de 2T suelen ser motores lentos con velocidades de cigüeñal de 100 a 750 revoluciones por minuto (rpm o r/min), mientras que los motores de 4T trabajan hasta 2.500 rpm en camiones y autobuses y 5 000 rev/min en automóviles ligeros.

Según Widman (2008), el éxito de los motores Diesel se debió a la economía de consumo y a la creencia generalizada en su bajo nivel contaminante, donde se han logrado aumentos de rendimientos volumétricos y mecánicos con la introducción del Turbo con intercooler y sistemas de inyección indirecta. Más recientemente aparece la inyección directa comandada electrónicamente, las tapas de cilindros multiválvulas y los nuevos aceites lubricantes.

En la década de 1950, el ingeniero alemán Félix Wankel desarrolló un motor de combustión interna con un diseño revolucionario, que utilizaba un rotor triangular que gira dentro de una cámara ovalada, en lugar de un pistón y un cilindro. La mezcla de combustible y aire es absorbida a través de un orificio de aspiración y queda atrapada entre una de las caras del rotor y la pared de la cámara.

La rotación del rotor comprime la mezcla, que se enciende con una bujía. Los gases se expulsan a través de un orificio de expulsión con el movimiento del rotor. El ciclo tiene lugar una vez en cada una de las caras del rotor, produciendo tres fases de potencia en cada giro. El motor también tiene marcha atrás. Este motor puede ser hecho de

aluminio o de acero inoxidable. Estos motores hacen que la proa se adentre lo más posible en le agua y así tener la mínima resistencia la máxima velocidad.

1.3.2. Partes del motor de combustión interna

El motor es un transformador de la energía contenida en el combustible (10 500 kcal/kg. de carburante) en energía mecánica aprovechable para la propulsión del vehículo. La transformación se opera por explosión ó combustión de la mezcla carburante en un espacio cerrado (cilindro, culata) con una pared móvil (pistón) que transmite la presión del gas caliente al cigüeñal por mediación de la biela, sistema que permite transformar el movimiento rectilíneo del émbolo en movimiento giratorio del cigüeñal (Ariaspez, 1999).

- ✓ Cilindro: es el espacio donde la carga se presiona y explota comprimida por el pistón. De su capacidad de pende en gran parte la potencia del motor.
- ✓ Pistón: está situado dentro del cilindro y es el encargado de presionar y expulsar la carga para que esta cumpla su cometido. Soportan hasta 15 t de presión.
- ✓ Biela: es la unión entre el pistón y el cigüeñal. Junto con el pistón se desplazan por el cilindro hasta 6000 veces por minuto a unos 500 km/h o más.
- ✓ Válvula de salida: es la compuerta por donde salen los gases resultantes al tubo de escape.
- ✓ Válvula de entrada: por esta compuerta entra el combustible proveniente del carburador. Cuantas más válvulas, mas combustible, con lo que aumenta la potencia y el consumo.
- ✓ Escape: por aquí son conducidos los gases al silenciador del tubo de escape, los cuales pasan por un catalizador que disminuye los efectos negativos en el medio ambiente.
- ✓ Conducto del carburador: El carburador mezcla la gasolina con el aire (carga) y por aquí pasa al cilindro pasando por la válvula de entrada.
- ✓ Cigüeñal: eje que convierte el movimiento de subida y bajada de los pistones en movimiento rotatorio.

- ✓ Bujía: inflama el combustible que hace descender el pistón por cilindro. Para que funcione bien un motor, la chispa debe llegar en el momento oportuno al cilindro, antes se quema de forma desigual, más tarde se pierde potencia.
- ✓ Volante: **p**esado volante fijado al cigüeñal para coordinar el movimiento de los cilindros individuales.

1.3.3. Partes móviles y fijas del motor

En las partes móviles tenemos el tren alternativo formado por cigüeñal volante biela y pistón. El pistón va colocado por medio de un perno en un extremo de la biela. En el otro extremo, se apoya por medio de un cojinete en la muñequilla del cigüeñal al girar el cigüeñal, el pistón se mueve dentro del cilindro con un movimiento abajo arriba tan velozmente como el cigüeñal lo haga.

El eje de levas conectado al cigüeñal por un engranamiento gira en relación de 2 a 1 haciendo con sus levas abrir y cerrar las válvulas de admisión y de escape. La culata de cilindro cierra las bocas de los cilindros por medio de una empaquetadura y fuertes tornillos. En la culata se alojan las válvulas en cavidades que se cierran y abren: las válvulas para hacer entrar los gases de la combustión en el ciclo de admisión, o para que los gases una vez quemados salgan hacia el colector de escape.

En la culata se instala la bujía que provee el salto de chispa que provocara el encendido de la mezcla aire nafta al final del ciclo de compresión para iniciar el ciclo de fuerza. Por dentro de la culata hay perforaciones por donde circula agua que proviene de las perforaciones y cámaras de agua del bloque del motor.

El carburador en los motores de gasolina, el sistema de inyección de gasolina o el sistema de inyección diesel llevan el combustible mezclado con aire al interior del cilindro iniciando el tiempo de admisión primera $\frac{1}{2}$ vuelta, válvula de admisión abierta, segunda $\frac{1}{2}$ vuelta, compresión ambas válvulas cerradas, la mezcla de aire gasolina es comprimida en un volumen de 7 a 1 en la cámara de combustión a una presión de 150 lbs, o 16 a 1 y 500 lbs si es diesel en la bujía se produce la chispa y se enciende con una fuerte explosión.

En el diesel el calor del aire fuertemente comprimido al inyectar el fuel se enciende. La violenta expansión de los gases da comienzo al tiempo de fuerza al empujar el pistón hacia abajo en la carrera motriz, tercera $\frac{1}{2}$ vuelta (Zaldívar, 2006).

Al culminar el tiempo de fuerza los gases usados sale al exterior en el ciclo de escape por medio de la válvula de escape empujados por el pistón que se mueve en la cuarta $\frac{1}{2}$ vuelta; el esfuerzo de la carrera motriz se almacena en el volante homologando y contrapesando el giro del motor al par que provee el medio para aprovechar la energía para transformarla en trabajo. El ciclo de Otto consta de 7 200 o sea 2 vueltas completas donde se cumplen los 4 tiempos del ciclo.

- ✓ Admisión
- ✓ Compresión
- ✓ Fuerza
- ✓ Escape

La chispa, es suministrada por un magneto de alta tensión o un distribuidor o delco. En el diesel una bomba de alta presión, gobierna la cantidad de combustible que es llevado a él o los inyectores.

1.3.4. Motor rotatorio

En la década de 1950, el ingeniero alemán Felix Wankel desarrolló un motor de combustión interna con un diseño revolucionario, que utilizaba un rotor triangular que gira dentro de una cámara ovalada, en lugar de un pistón y un cilindro. La mezcla de combustible y aire es absorbida a través de un orificio de aspiración y queda atrapada entre una de las caras del rotor y la pared de la cámara. La rotación del rotor comprime la mezcla, que se enciende con una bujía. Los gases se expulsan a través de un orificio de expulsión con el movimiento del rotor. El ciclo tiene lugar una vez en cada una de las caras del rotor, produciendo tres fases de potencia en cada giro.

El motor también tiene marcha atrás. Este motor puede ser hecho de aluminio o de acero inoxidable. Estos motores hacen que la proa se adentre lo más posible en le agua y así tener la mínima resistencia la máxima velocidad.

1.3.5. Motores lineales

Lo que se quiere conseguir con el motor lineal es que dos placas magnéticas resbalen a gran velocidad por un carril. Su atención está puesta en los trenes (en el campo de la investigación nuclear, se utiliza para aumentar la velocidad de las partículas). En todo caso el motor lineal ya se utiliza para el movimiento de rodillos telares y en fábricas, cintas transportadoras de metal, para abrir y cerrar puertas corredizas.

1.3.6 Cronología del motor

Los motores de explosión han cambiado mucho desde aquel primer Mercedes-Benz de hace casi un siglo o el Ford-T, primer coche producido en serie. Antaño los motores tenían uno o dos cilindros enormes y lentos, en lugar de los pequeños y rápidos que se usan ahora. Los modernos motores automovilísticos son compactos, muy revolucionados y potentes. La media alcanza 6 000 revoluciones por minuto y suelen tener 4 cilindros de unos 500 cc, que obtienen una potencia 40 veces superior a los Mercedes - Benz (el Benz de 1898 tenía un solo cilindro de 1,2 litros que lograba 1 200 rev/min con un funcionamiento muy irregular).

La disposición de los cilindros más común hoy en día es:

- ✓ Cuatro Horizontales: Los cilindros están dispuestos en dos filas. El motor es ancho, pero el aire fresco llega a los cilindros tan fácilmente que no siempre se requiere la refrigeración por agua.
- ✓ Seis en línea: Estos motores son muy largos y costosos, pero resultan muy regulares y potentes y se emplean especialmente en coches grandes y caros.
- ✓ Seis en "V": Los motores grandes y rectos son demasiado largos y altos para encajar en los estilizados deportivos. Por eso muchos deportivos tienen motores en donde los cilindros se entrelazan formando una "V" y un cigüeñal más corto y rígido.

Estas son las más comunes, pero hay más variantes como el V8 que es el mismo fin que el V6, pero con dos cilindros más y por consiguiente, más potencia o los V10, o V12, que son para coches en el límite entre la carretera y los circuitos, solo usados por marcas tan importantes como Ferrari, Lamborghini o Porsche. En competición se suelen usar motores de 12 en "V" o en línea ayudada de turbocompresores y una gran cilindrada, lo que da una gran potencia a dichos motores.

Otra forma de aumentar la potencia del motor es con supercargadores y turbocargadores, los cuales aumentan la fuerza de la explosión en la fase de *power stroke*. Son bombas que inyectan la mezcla de gasolina y aire en los cilindros. La Postcombustión, otro dispositivo, inyecta combustible extra en el escape a reacción y dan al motor un impulso añadido, casi como un cohete. Los aviones a reacción utilizan la Postcombustión para despegar o para maniobras muy rápidas o repentinas. Consumen mucho más combustible y hacen mucho ruido.

1.3.7. Principio de funcionamiento del ciclo Otto o motor de cuatro tiempos

1. Primer tiempo o admisión: en esta fase el descenso del pistón aspira la mezcla aire combustible en los motores de encendido provocado o el aire en motores de encendido por compresión. La válvula de escape permanece cerrada, mientras que la de admisión está abierta. En el primer tiempo el cigüeñal gira 180° y el árbol de levas da 90° y la válvula de admisión se encuentra abierta y su carrera es descendente.

2. Segundo tiempo o compresión: al llegar al final de carrera inferior, la válvula de admisión se cierra, comprimiéndose el gas contenido en la cámara por el ascenso del pistón. En el 2º tiempo el cigüeñal da 360° y el árbol de levas da 180° , y además ambas válvulas se encuentran cerradas y su carrera es ascendente.

3. Tercer tiempo o explosión/expansión: al llegar al final de la carrera superior el gas ha alcanzado la presión máxima. En los motores de encendido provocado o de ciclo Otto salta la chispa en la bujía, provocando la inflamación de la mezcla, mientras que en los motores diésel, se inyecta a través del inyector el combustible muy pulverizado, que se autoinflama por la presión y temperatura existentes en el interior del cilindro.

En ambos casos, una vez iniciada la combustión, esta progresa rápidamente incrementando la temperatura y la presión en el interior del cilindro y expandiendo los gases que empujan el pistón. Esta es la única fase en la que se obtiene trabajo. En este tiempo el cigüeñal gira 180° mientras que el árbol de levas da 90° , ambas válvulas se encuentran cerradas y su carrera es descendente.

4. Cuarto tiempo o escape: en esta fase el pistón empuja, en su movimiento ascendente, los gases de la combustión que salen a través de la válvula de escape que permanece abierta. Al llegar al punto máximo de carrera superior, se cierra la válvula

de escape y se abre la de admisión, reiniciándose el ciclo. En este tiempo el cigüeñal gira 180° y el árbol de 90°.

1.3.8. Funcionamiento del motor diesel

En el motor diesel, el cilindro se llena exclusivamente de aire aspirado directamente de la atmósfera a través de un filtro. Posteriormente, en el tiempo de combustión que sigue según el ciclo.

En el motor diesel, solamente estaba lleno de aire comprimido, el combustible es escupido en el interior de esta densa atmósfera por medio de un aparato de alta presión llamado inyector. Cuando este combustible inyectado se pone en contacto con el aire altamente comprimido, y por lo tanto a una temperatura muy elevada, inmediatamente inicia su combustión con gran desarrollo de calor y aumento de su volumen, durante muchos años el motor diesel no ha sido aceptado en el mundo del automóvil, por lo menos de la manera masiva en que se está aceptando durante toda la década de los años ochenta, debido a su dificultad en poder competir con la relación peso/potencia que proporciona el motor de gasolina pese a tener otras envidiables condiciones para la tracción de auto vehículos.

1.3.9. Instalaciones del motor

Según Giacosa (2000), para poder desempeñar sus funciones, el motor precisa de numerosas instalaciones y mecanismos auxiliares que se relacionan a continuación:

- ✓ Alimentación, que debe suministrar el combustible y consta de: 1) un depósito con boca de carga y cierre; 2) instalación de tuberías que llevan el combustible al motor; 3) bomba de combustible con mando mecánico o eléctrico; 4) filtro o vaso decantador; 5) en algunos casos una nodriza neumática por depresión alimenta al carburador; 6) el carburador pulveriza y dosifica el combustible para producir con el aire una mezcla de proporciones exactas; lleva, además, una bomba de aceleración y un starter de arranque; 7) algunos motores de alto rendimiento son sobrealimentados mediante compresores (centrífugos, rotativos, axiales o de émbolo); 8) colector de alimentación, con o sin calefacción, que distribuye regularmente la mezcla a los cilindros.

- ✓ Distribución, mediante la cual la mezcla es admitida en el interior de los cilindros por la apertura de las válvulas. Consta de: 1) las válvulas (caña y cabeza en forma de seta), que son de dos clases: de admisión y de escape, diferentes en forma y material; 2) el árbol de levas que gira a velocidad mitad de la del cigüeñal (por ser el ciclo de cuatro tiempos igual a 720°) impulsa las válvulas a través de los taquets, obligándolas a levantarse en el momento preciso, para franquear la entrada o salida a los gases.
- ✓ Refrigeración, dispositivo para evacuar el exceso de calor producido por la combustión. En la refrigeración del aceite, la misma bomba del engrase impulsa el aceite caliente hacia el radiador, donde pasa por un sistema de tubos provistos de aletas que el aire enfría; suele intercalarse un filtro en la circulación.
- ✓ Para la refrigeración del motor por aire, la culata y el cilindro están provistos de aletas destinadas a disipar el calor en el aire; un ventilador impulsa el aire (además de la presión dinámica producida por la velocidad del vehículo) para activar su circulación y unas mangas y carenas de chapa obligan al aire a pasar lamiendo mejor las aletas de refrigeración. Para la refrigeración del motor por líquido, los cilindros y culatas tienen dobles paredes, entre las que circula el líquido de refrigeración, impulsado por una bomba; un radiador dispersa el calor del líquido en el aire de refrigeración; un ventilador activa la circulación del aire.

1.4. Disposición del motor diesel en el automóvil

Los motores diesel adoptan la misma disposición que los motores de gasolina en los cofres de los automóviles dedicados a la ubicación del motor. De todos modos hay que resaltar la gran proliferación de automóviles medios en los que el motor Diesel adopta una posición transversal, el motor Diesel presenta las mismas ventajas del motor de gasolina cuando adopta la misma disposición, es decir, acortar la longitud del morro en beneficio del mayor espacio.

1.4.1 Ventajas y desventajas del motor diesel

La principal ventaja de los motores Diésel, comparados con los motores a gasolina, estriba en su menor consumo de combustible. Debido a la constante ganancia de mercado de los motores diésel en turismos desde los años 1990 (en muchos países europeos ya supera la mitad), el precio del combustible ha superado a la gasolina debido al aumento de la demanda (aunque en países como España sigue siendo inferior al de la gasolina). Este hecho ha generado grandes problemas a los tradicionales consumidores de gasóleo, como transportistas, agricultores o pescadores.

En automoción, las desventajas iniciales de estos motores (principalmente precio, costos de mantenimiento y prestaciones) se están reduciendo debido a mejoras como la inyección electrónica y el turbocompresor. No obstante, la adopción de la precámara para los motores de automoción, con la que se consiguen prestaciones semejantes a los motores de gasolina, presenta el inconveniente de incrementar el consumo, con lo que la principal ventaja de estos motores prácticamente desaparece.

Actualmente se está utilizando el sistema common-rail en los vehículos automotores pequeños. Este sistema brinda una gran ventaja, ya que se consigue un menor consumo de combustible, mejores prestaciones del motor, menor ruido (característico de los motores diésel) y una menor emisión de gases contaminantes.

1.5. Economía de consumo

Dada la circunstancia, del mejor aprovechamiento del ciclo térmico por parte del sistema utilizado en el motor Diesel es indiscutible que, a igualdad de potencia, el consumo de éste es inferior. Se dice a igualdad de potencia y no a igualdad de cilindrada, en cuyo caso las diferencias son muy notables a favor del Diesel.

En la actualidad existen ya muchos fabricantes que equipan idénticos modelos de gran venta con la opción Diesel o gasolina. Y aunque no en todos, existen algunos que incluso ofertan estos motores de diferentes cilindradas, pero de unas potencias máximas iguales. Tal es el caso, por ejemplo, de TALBOT que en uno de sus modelos ofrece

Motor de explosión. — Cúbica 1 442 cm³ y da 65 CV a 5 200 rev/min.

Motor Diesel.- Cúbica 1 905 cm³ y da 65 CV a 4 600 rev/min.

La comparación de ambos motores en cuanto al consumo arrastrando carrocerías prácticamente del mismo peso nos puede dar una orientación verdaderamente afinada de la diferencia entre ellos en lo que respecta a la cota del consumo.

Tenemos que el motor de gasolina consume un 19 % más en ciudad y un 26 % más en carretera que el motor diesel, pero, además, en este caso concreto y por razones técnicas, por la fuerza (gracias a las desmultiplicaciones) el motor Diesel puede conseguir una velocidad punta de 156 km/h mientras el modelo de gasolina no sobrepasa los 146 km/h.

Al factor del menor consumo se unen otros factores que acentúan su economía.

En primer lugar hay que destacar la manera de conducir el motor Diesel requiere una forma de conducir diferente en cuanto al tratamiento del cambio de velocidades que por su propia naturaleza hace que el conductor se adapte insensiblemente a una conducción de tipo económico.

Con el diesel se utiliza menos el freno lo que quiere decir, ya de por sí, un mejor aprovechamiento de la energía mecánica obtenida en cada momento. Como quiera que las aceleraciones no puedan ser lo vigorosas que pueden resultar en los motores de explosión, el conductor renuncia a ellas, lo que si bien rebaja en unos minutos el resultado horario del viaje, lo recompensa con un consumo todavía más reducido.

1.5.1. Rendimiento termodinámico de un motor

El rendimiento termodinámico de un motor depende de muchos factores principalmente en la relación de compresión, es decir el recorrido del pistón desde el punto muerto inferior hasta el punto muerto superior, que comprime determinada cantidad de volumen de mezcla de oxígeno y carburante, medido en centímetros cúbicos, o pulgadas cúbicas (Alonso, 1999). El segundo factor de importancia es la capacidad volumétrica, teóricamente a mayor cilindrada mayor debería ser la capacidad de generar potencia.

El tercer factor de relevancia es la cantidad de mezcla aire - combustible, que debe ser la adecuada, para lo cual se regula mediante carburadores o inyectores. A mayor

caudal de carburante, mayor generación de calor y por ende mayor potencia emergente. Por eso la aparición de los sistemas de inducción de aire a presión en las modernas motos deportivas (RAM AIR). El cuarto factor es la capacidad de giro del cigüeñal, medidos en revoluciones por minuto (rev/min) a igualdad de cilindrada, obtiene mayor potencia el motor que gira a más revoluciones.

1.6. Arquitectura mecánica del automóvil

El automóvil como vehículo de transporte, debe satisfacer las necesidades de su destino y las propias de su funcionamiento, de donde se deriva una diversidad de órganos especializados, cuyo conjunto constituye el rasgo característico de cada caso. Por lo que se refiere al modo de tracción, un automóvil puede pertenecer a las siguientes categorías: tracción trasera (p. ej., Seat); delantera (Citroén); por cuatro ruedas (Land Rover); otras (hélice, reacción) (Szczepaniak, 1994).

En cuanto a propulsión, puede haberla: por ruedas; por orugas de goma; por orugas metálicas. Asimismo pueden distinguirse vehículos de dos ejes, con un motor (p. ej., todos los turismos); de dos ejes, ambos motores (jeep); de tres ejes, uno motor y uno director (muchos camiones); de tres ejes, uno motor y dos directores; de tres ejes, dos motores y uno director; de cuatro y más ejes. Desde el punto de vista estructural, los automóviles pueden dividirse en: con chasis separado (elemento resistente) y carrocería (superestructura); monocasco (chasis y carrocería se confunden); mixto, los cuales son los elementos de chasis incorporados a la carrocería (Chudakov, 1989).

1.6.1 Mecanismos de los automóviles

Todos los vehículos y los automóviles de turismo en particular, deben poseer unos mecanismos necesarios para el cumplimiento de su misión (Águeda *et al.*, 2002).

a) La dirección, que sirve para las maniobras y para cambio de trayectoria. El volante va unido al mecanismo de dirección por una columna rígida o telescópica para comprimirse en caso de accidente. Un dispositivo transforma el movimiento del giro del volante en desplazamiento lineal de la barra de mando que, mediante palancas (articuladas con rótulas), acciona las ruedas modificando su ángulo de ataque, lo que produce la desviación de la trayectoria del automóvil.

b) La suspensión elimina la mayor parte de las sacudidas producidas por las desigualdades del terreno. La parte elástica comprende: los neumáticos, que con su cubierta y cámara de aire se comprimen fácilmente; las ballestas o muelles, de acero los tradicionales y óleoneumáticos los modernos; trapecios, triángulos o brazos que guían la rueda en sus desplazamientos (o ejes rígidos en los sistemas tradicionales); muelles o esponjas del tapizado de los asientos.

El automóvil siendo una masa suspendida elásticamente, puede adquirir bajo las excitaciones del suelo un régimen de oscilaciones propio (resonancia). De impedirlo se encargan los amortiguadores, que mediante roces líquidos o de sólidos disipan parte de la energía cinética de oscilación.

c) El motor es un mecanismo de transformación de la energía química contenida en el carburante, en energía mecánica que asegura el mantenimiento o las variaciones positivas de la velocidad del automóvil.

d) La transmisión, conjunto de elementos que transmiten la fuerza propulsora del motor a las ruedas, se compone de: embrague, mecanismo que interrumpe o restablece suavemente la comunicación del motor con la caja de velocidades (los hay de monodisco, de discos múltiples, cónicos, centrífugos, hidráulicos); caja de velocidades, conjunto de engranajes fijos y desplazables, las hay del tipo clásica con marcha directa, más modernas sin directa pero con superdirecta, epicicloidales, Wilson, automáticas e hidráulicas); árbol de transmisión, que existe en ciertos modelos de automóviles y en otros no (barra tubular o maciza, articulada en rodamientos y provista de cardanes); puente trasero (o delantero) con su grupo de engranajes de ángulo, compuesto por el piñón de ataque y la corona (destinados a reducir el número de vueltas), el mecanismo diferencial, destinado a repartir la propulsión entre las dos ruedas, dejando la libertad de girar más o menos a cada una de ellas (indispensable en las curvas, donde la rueda interior recorre menos distancia que la exterior) y los palieres o semiejes que unen el diferencial con las ruedas.

El motor es en realidad un transformador de la energía contenida en el combustible (10 500 kcal/kg de carburante) en energía mecánica aprovechable para la propulsión del vehículo. La transformación se opera por explosión ó combustión de la mezcla

carburante en un espacio cerrado (cilindro, culata) con una pared móvil (pistón) que transmite la presión del gas caliente al cigüeñal por mediación de la biela, sistema que permite transformar el movimiento rectilíneo del émbolo en movimiento giratorio del cigüeñal (Bernard; Rodica, 1999).

1.6.2 El automóvil en la vida moderna

La influencia del automóvil en la sociedad ha sido extraordinaria. Como medio de transporte de mercancías y de personas tiene sobre el ferrocarril la ventaja de su gran flexibilidad y sus menores exigencias en cuanto a infraestructuras. Por ello ha sustituido en gran parte a las demás formas de transporte colectivo de superficie en las ciudades. En el ámbito personal, familiar, profesional y de los servicios públicos y privados permite una movilidad que se traduce en ahorro de tiempo, comodidad, eficiencia en los servicios, posibilidades turísticas, mayor contacto entre los pueblos. Como contrapartida a estas ventajas, deben señalarse serios inconvenientes: número de víctimas que se producen, dificultades de circulación por ciudades y carreteras, contaminación atmosférica (Nichols, 2000).

1.7. Automóvil marca Uaz – 469

El Uaz es un vehículo robusto, aunque no muy cómodo, con capacidad para superar prácticamente cualquier tipo de terreno, muy fácil de mantener. Su diseño es similar a los 4x4 originales. Alcanzó el estatus de leyenda, gracias a su fiabilidad y a su impresionante capacidad off-road. Cuenta con capacidad todoterreno, fiabilidad y sencillez. Los entusiastas del todo terreno lo proponían como una gran alternativa de menor costo en contraposición al Jeep americano, el Land Rover británico o el Land Cruiser japonés.

Conocido como el Jeep ruso, tiene cualidades excepcionales fuera de carretera y que a menudo se desconocen. La conducción recuerda más a un tractor que a un turismo, no sólo por la posición de la banqueta respecto al volante, sino por la ruidosa caja de transferencias que utiliza engranajes de diente recto, y no helicoidales como cabría esperar.

La tecnología es muy arcaica para haber sido diseñado en los años 70. La caja de velocidades de 4 cambios sólo está sincronizada en la 3ª y 4ª velocidad. Los frenos de

tambor a las cuatro ruedas no están servoasistidos, con lo cual la fuerza que se haga en el pedal va directa de la bomba a los bombines. El mando del embrague es por barras, sin ningún tipo de ayuda hidráulica y el accionamiento del acelerador es también por varillaje.

El Uaz - 469, posee buenas cualidades. Los ejes son muy robustos (palieres de 1,1/4" de diámetro), con un inusual tipo de envuelta de apertura vertical longitudinal y vienen equipados con grupos 5,125. Estos van anclados en la parte baja de unas ballestas (cosa que no encontramos habitualmente en vehículos de serie, siendo una de las preparaciones más utilizadas para ganar altura y recorrido de suspensión en coches que traen los ejes por arriba de estas).

También es útil para la altura libre, ya que aunque el punto más bajo está en el alojamiento del diferencial y esto depende de la altura de la rueda, el resto del eje está más despejado y no se "ancla" con tanta facilidad.

La batalla del vehículo es bastante contenida para tratarse de un medio de 5 puertas y 7 plazas, siendo la distancia entre ejes 2,38 metros (93,7") y tiene un largo total de 4,1 metros. Es muy a destacar que el vehículo se sigue fabricando para el mercado ruso, sin apenas modificaciones desde el año 80 y en la actualidad hay una versión europea en la que apenas se ven cambios estéticos comparando con las primeras unidades de los 70.

Hasta la década de los años 90, el coche se fabricó descapotable con techo de lona, cosa que sorprende, ya que en los países en los que se vende la mayoría de la producción se sufren gélidos inviernos. Sin embargo, el peso del coche se ve favorecido, quedándose el conjunto en un peso bruto de menos de 1 600 kg.

El moderno Uaz - 469, obtuvo el nombre en honor de su progenitor, las características principales que lo destacan son: insuperable capacidad de paso, seguridad y simplicidad de construcción, positivismo y utilidad de verdadero todoterreno que no tiene nada de más. Es una combinación de bien conocidos y verificados por tiempo decisiones (las puentes Timken, parachoques metálico, costados abatibles) y diseño moderno que puede mejorar considerable dirección de vehículo (suspensión de muelle delantera, frenos de disco, servomotor hidráulico de volante).

1.8. Remotorización

La remotorización diesel, es el cambio del motor de gasolina que presentan los vehículos automotores por otro que funciona con diesel. Los criterios para realizar estos cambios, se basan en lograr un ahorro sustancial de capital, aún cuando los parámetros de velocidades de trabajo y potencia desarrollada por los motores a intercambiar sean parecidas; frecuentemente estos motores diesel rara vez llegan a cumplir su ciclo de vida útil.

A partir de la década del 90 el país comenzó a transitar por una profunda crisis económica y aparejado a ello, se han realizado muchas innovaciones en los medios de transporte; entre éstas, se destacan el intercambio de motor y demás agregados del sistema de transmisión de fuerzas.

El intercambio de un motor de gasolina por uno diesel, frecuentemente se realiza por los siguientes criterios:

- ✓ Similitud entre la potencia y el rango de velocidades que desarrolla el motor a cambiar.
- ✓ El motor diesel proporciona un mejor rendimiento de litros consumidos por cada 100 kilómetros de recorrido.
- ✓ El combustible diesel tiene un menor precio de adquisición respecto a la gasolina.

La sustitución del motor original del equipo (en lo fundamental de gasolina) por un motor diesel, ha contribuido poner en alta técnica los vehículos, pero también ha traído aparejado problemas relacionados con la disminución de la vida útil de este agregado (López, 2006). Esto se puede apreciar en la industria azucarera, que emplea un número relativamente alto de los medios de transporte automotor, y donde las condiciones de explotación de los vehículos son severas.

El aspecto de la economía del combustible es muy importante, pero cada sustitución ya sea del motor o algún otro agregado del sistema de transmisión de fuerzas del automóvil, provoca una nueva respuesta cinemática y dinámica ante iguales condiciones de explotación.

1.9. Conclusiones del capítulo

- La bibliografía consultada, aporta información sobre los motores de combustión interna fabricados en diferentes años, pero basado en el mismo principio de funcionamiento.
- Los motores Diesel, presentan gran éxito en su empleo debido a la economía de consumo y a la creencia generalizada en su bajo nivel contaminante, se emplea en instalaciones generadoras de electricidad, en sistemas de propulsión naval, en camiones, autobuses y automóviles.
- Los automóviles Uaz – 459 son medios de transporte existente en Cuba desde la década del 70, por lo que sus elementos por el período de trabajo prolongado han perdido su capacidad de trabajo y necesitan cambios.

Capítulo 2

Materiales y métodos

Capítulo 2. Materiales y Métodos

2.1. Introducción

El motor Diesel resulta, en general, más robusto que el motor de gasolina. Ya que al estar sometido a una relación de compresión más del doble de la que alcanzan los motores de explosión necesita una mayor robustez en todos los órganos del tren alternativo (émbolos, bielas, cigüeñal). También por la parte de la culata necesita soluciones que sean muy efectivas para evitar toda posible fuga que las altas presiones puedan ocasionar.

Así tanto las válvulas como la misma culata están fabricadas con la mayor precisión para que puedan cumplir con su objetivo. Esto hace que los motores Diesel estén exentos de averías durante muchos más kilómetros que los motores de gasolina. Además éstos son evidentemente más complicados en lo que respecta a la parte eléctrica del encendido, a la disposición de las válvulas buscando cámara antidetonantes de tipo hemisférico y hasta incluso en lo que respecta a la corrección de la mezcla procedente del carburador.

El motor Diesel resulta más simple y, en general, la experiencia demuestra que sus averías son menores a las que el motor de gasolina presenta. De hecho puede afirmarse que la duración de un motor Diesel puede llegar a ser doble a la duración natural de un motor de gasolina. De todos modos a esta afirmación no es ajena la condición del buen trato recibido ya que el Diesel es, por otra parte, mucho más exigente a la hora de reclamar las atenciones de mantenimiento precisas que el propio motor de gasolina.

Objetivos del capítulo

En este capítulo se presentan las propiedades correspondientes a los vehículos Hyundai H1 Van 2 y el Uaz – 469, para lograr la adaptación del motor Hyundai el cual funciona con diesel el Uaz que funciona con gasolina y así darle solución al problema que se presenta.

2.2. Diagnóstico del motor

El diagnóstico se realiza para detectar posibles fallas antes que se desarrolle y conviertan en averías, el subjetivo es ver, oír, sentir y el objetivo es la medición de vibraciones. Este tiene como objetivo:

- ✓ Impedir la interrupción o limitación del funcionamiento de las máquinas durante su operación.
- ✓ Detectar la avería en fase incipiente, antes de convertirse en catastrófica, así como la identificación o diagnóstico de las causas que lo originan.
- ✓ Reducir cuando se alcanzará la condición de límite peligroso y fijar una fecha adecuada para la operación del mantenimiento.

Para el establecimiento de un adecuado plan para la recuperación del motor que permitiera la selección y clasificación adecuada de las piezas, componentes y sistemas que determinan el mal estado técnico del mismo, primeramente se realizó un estudio y defectado encontrándose como problemas principales: la caída de potencia y desarreglos en el motor.

2.3. Características de los automóviles para realzar la remotorización

Para el caso de la remotorización de motores diesel que emplean petróleo como combustible por los que funcionan con gasolina como es el caso que nos ocupa en este trabajo, es necesario analizar varios aspectos comparativos en cuanto a su diseño y características técnicas que son indispensables a la hora de tomar una decisión. Es por ello que se realiza un estudio del motor nuevo y en base a los cálculos de la cadena cinemática del vehículo se adopta la decisión adecuada para realizar el cambio.

2.3.1. Características del UAZ - 469

El waz es un vehículo algo rustico de fabricación soviética, con tracción trasera y delantera o sea 4x4 como más se le conoce. Este tipo de transporte es de gran importancia en nuestro país por su resistencia a los terrenos de Cuba además del tiempo que llevan en nuestra isla resolviendo el gran problema que es el transporte para los cubanos. Durante el proceso de remotorización es necesario conocer sus características, estas se recogen en la tabla 2.1.

Tabla 2.1. Características generales del Uaz – 469

Fórmula de ruedas	4x4
Cantidad de asientos	7
Largo (capota blanda, hard top), (mm)	4 025/4100
Ancho, (mm)	2 010
Alto, (mm)	2 025
Base de ruedas, (mm)	2 380
Ancho de vías delanteras y traseras, mm	1 465/1 465
Espacio carretera, (mm)	210
Profundidad de vado, (mm)	500
Peso del vehículo, (kg)	1 770
Peso total, (kg)	2 520
Capacidad de carga, (kg)	750
Motor	Gasolina, ZMZ – 4 091
Combustible	Gasolina A – 92
Cubicaje del motor, (l)	2,7
Max potencia, c.v (kW/4150rev/min)	112 (82,5)
Max giro, (Nm/3000rev/min)	208
Velocidad máxima, (km/h)	130
Consumo de combustible a (l/100 km)	10,6
Capacidad del tanque de combustible,(l)	78
Caja de velocidad	Mecánica, 4 velocidades
Caja de distribución	2 velocidades
Tipo de unidad	Tracción trasera, en las 4 ruedas
Frenos delanteros	De discos ventilados
Frenos traseros	De tambor
Neumáticos	225/75 R16
Llantas	6,1x15
Momento del motor, (Nm)	2200

2.3.2. Características del Hyundai

El Hyundai H1 Van 2 es un vehículo que funciona con combustible diésel, la gran mayoría son de fabricación Coreana, para ser más específicos Corea del Sur. El Hyundai Van es un automóvil de gran tamaño y facilidad que se tiene para el transporte urbano. En nuestro país y sobre todo en nuestra localidad son utilizados para viajes largos por su comodidad y estabilidad sobre el terreno cualidades que lo hacen más seguros para la vida del conductor y los pasajeros que transporte, este medio de transporte presenta buenas características las que están presentes en la tabla 2.2

Tabla 2.2. Características del Hyundai H1 Van 2

Número de cilindros	4 en línea
Sistema de distribución	4 válvulas por cilindro
Cilindrada	2 497cc
Potencia máxima, (Cv/3800rev/min)	170
Par motor máximo, (Nm/2000rev/min)	40
Diámetro por carrera, (mm)	91,0 x 96,0
Relación de compresión	17,6:1
Tipo de caja de cambios	Manual
Relación de marchas	4,393/2,306/1,356/1,000/0,763 retroceso 4,632
Momento del motor, (Nm)	3 200
Tracción	Trasera
Suspensión delantera	McPherson
Suspensión trasera	Ballestas
Configuración	Hidráulicos
Frenos delanteros	Discos ventilados con pinza flotante
Frenos traseros	Discos
Asistente de frenada	ABS+EBD+ESP
Dirección	De cremallera y piñón servoasistida con columnas de seguridad
Vueltas del volante	3,57
Diámetro de giro, (m)	11,2
Llantas, (pul)	6,5 x 16
Neumáticos (mm)	215/70
Largo, (mm)	5 125
Ancho, (mm)	1 920
Alto, (mm)	1 935
Distancia entre ejes, (mm)	3 200
Vía delantera, (mm)	1 685
Vía trasera, (mm)	1 660
Longitud del área de carga, (mm)	1 585
Ancho total del área de carga, (mm)	1 620
Altura total del área de carga, (mm)	1 350
Peso total del vehículo, (kg)	2 679
Peso del vehículo, (kg)	2 079
Depósito de combustible, (l)	75
Velocidad máxima, (km/h)	181
Consumo Urbano, (l/100 km)	10,5
Consumo interurbano, (l/100 km)	7,1

Tabla 2.2. Características del Hyundai H1 Van 2 (continuación)

Consumo medio (l/100km)	8,5
Emisiones de CO ₂ (g/km)	225
Combustible	diesel

2.4. Metodología de cálculo

Consideradas las características de ambos vehículos, es decir la del Hyundai H1 Van 2 y la del Uaz – 469 y de la metodología de cálculo establecida por autores como Cárdenas (2005); Pálmer (2006), se establece el procedimiento para el cálculo de la remotorización de ambos vehículos, donde se consideran los siguientes parámetros:

- ✓ Potencia máxima efectiva para condiciones exteriores
- ✓ Momento máximo para una determinada frecuencia de rotación
- ✓ Consumo específico de combustible
- ✓ Fuerza de inercia como resistencia al camino
- ✓ Características tractivas del vehículo
- ✓ Eficiencias mecánicas de la transmisión
- ✓ Capacidad máxima de aceleración (dV/dt) max
- ✓ Capacidad máxima de aceleración en marcha directa
- ✓ Economía del consumo de las máquinas automotrices

Potencia máxima efectiva para condiciones exteriores

La potencia efectiva es uno de los parámetros necesarios para dar vía a la determinación de las características tractivas de un vehículo, esta depende principalmente de la potencia máxima y la frecuencia de rotación para la que se alcanza esa potencia máxima, una forma de ser determinada se muestra en la ecuación 2.1.

$$N_{ex} = N_{emax} \left[C_1 \left(\frac{W_x}{W_N} \right) + C_2 \left(\frac{W_x}{W_N} \right)^2 - C_3 \left(\frac{W_x}{W_N} \right)^3 \right] \quad (2.1)$$

Dónde:

N_{ex} - potencia máxima efectiva; kW

N_{emax} – potencia máxima; kW

W_N – velocidad angular para la potencia máxima; rad/s

W_x – velocidad angular que realiza el motor; rad/s

Momento máximo para una determinada frecuencia de rotación

El momento máximo para la determinada frecuencia de rotación (ecuación 2.2), depende de factores como la velocidad angular que realiza el motor, la velocidad angular para la potencia máxima y el torque para la potencia máxima en características exteriores. Estos parámetros en su conjunto permiten establecer este momento máximo y se determina como:

$$M_{ex} = \frac{N_{ex}}{W_x} = M_{eN} \left[C_1 + C_2 \cdot \left(\frac{W_x}{W_N} \right) - C_3 \cdot \left(\frac{W_x}{W_N} \right)^2 \right] \text{ (Nm)} \quad (2.2)$$

$$M_{eN} = \frac{N_{emáx}}{W_N} \text{ (Nm)}$$

Dónde:

M_{ex} - momento máximo para la determinada frecuencia de rotación; Nm

W_x – velocidad angular que realiza el motor; rad/s

W_N – velocidad angular para la potencia máxima; rad/s

M_{eN} – torque para la potencia máxima en características exteriores; Nm

Consumo específico de combustible

El consumo específico de combustible es el consumo de combustible para una frecuencia de rotación determinada, este consumo depende de las frecuencias de rotación para la potencia máxima y la del motor, también de los coeficientes empíricos que dependen del tipo de motor y del consumo específico para potencia máxima. La ecuación 2.3 permite determinar este parámetro.

$$g_{ex} = g_{eN} \left[C_4 - C_5 \left(\frac{W_x}{W_N} \right) + C_6 \left(\frac{W_x}{W_N} \right)^2 \right] \text{ (l/kW.h)} \quad (2.3)$$

$$g_{eN} = (1,05 - 1,15) \cdot g_{e \min}$$

Dónde:

$g_{e\min}$ - consumo mínimo del vehículo; l/kW.h

g_{ex} - consumo específico de combustible; l/kW.h

g_{eN} - consumo específico del vehículo; l/kW.h

W_N – velocidad angular para la potencia máxima; rad/s

W_x – velocidad angular que realiza el motor; rad/s

$C_1, C_2, C_3, C_4, C_5, C_6$ – son coeficientes empíricos que dependen del tipo de motor los cuales se muestran en la tabla 2.3

Tabla 2.3. Valores de los coeficientes

Motor	C_1	C_2	C_3	C_4	C_5	C_6
Carburación	1,00	1,00	1,00	1,20	1,00	0,80
Diesel de 2 t	0,87	1,13	1,00	1,55	1,55	1,00
Diesel de 4 t						
Inyección directa	0,50	1,50	1,00	1,55	1,55	1,00
Precámara	0,70	1,30	1,00	0,35	1,35	100
Cámara de turbulencia	0,60	1,40	1,00	1,20	1,20	1,00

Fuerza de inercia como resistencia al camino

La P_i actúa sobre la máquina automotriz cuando el vehículo se mueve con aceleración ($dV/dt \neq 0$) y se trata como uno de los componentes de todas las resistencias que actúan sobre la máquina automotriz durante su movimiento. La P_i se considera aplicada en el centro de gravedad del mismo y en dirección opuesta a la aceleración del sistema. Para ser determinada se debe conocer el peso del automóvil y la aceleración con la que se mueve, las ecuaciones 2.4 y 2.5 permiten determinar este parámetro.

$$P_i = \frac{G}{g} \cdot \delta \cdot \frac{dV}{dt} \quad (2.4)$$

$$\delta = 1,04 + \frac{A}{i_s^2} \quad (2.5)$$

Dónde:

P_i - fuerza de inercia; N

G - peso del vehículo; kg

g – aceleración de la gravedad; m/s^2

δ - coeficiente de masa reducida

i_s – relación de transmisión de la caja seleccionada para el cálculo.

A – constante numérica cuyos valores están entre 0,04 y 0,06.

Características tractivas del vehículo

Es la fuerza motriz del movimiento y surge como un producto de la interacción rueda - superficie de apoyo cuando a la rueda se transmite un momento motriz. Como fuerza motriz, es la encargada de vencer todas las resistencias que se produzcan durante el movimiento en las condiciones dadas. Este parámetro se determina cuando el automóvil experimenta una baja velocidad donde entrega su máximo momento el motor y existe una mayor oposición al movimiento, con el objetivo de obtener su máximo valor de fuerza tractiva, el mismo se calcula por las ecuaciones 2.6 y 2.7.

$$P_t = \frac{M_m}{r_d} = \frac{M_e \cdot \eta_0 \cdot \eta_s}{r_d \cdot i_c} \quad (2.6)$$

$$r_d = \left[\frac{D_0}{2} + b \cdot (1 - \lambda) \right] \cdot 0,0254 \quad (2.7)$$

Dónde:

P_t - fuerza tractiva; N

M_e – momento en el árbol cigüeñal.

i_c – relación de transmisión total en el automóvil.

r_d – radio dinámico; m

D_0 y b – diámetro de la llanta y ancho del neumático, mm

λ - constante que depende del tipo de automóvil y toma valores de:

- ✓ $\lambda = 0,12 - 0,14$ para automóviles ligeros.
- ✓ $\lambda = 0,09 - 0,11$ para vehículos pesados.
- ✓ $\lambda = 0,20 - 0,25$ para neumáticos de arco.

Eficiencias mecánicas de la transmisión

Las eficiencias η_0 , η_s son respectivamente la eficiencia mecánica de la transmisión y la eficiencia de patinaje. Para los cálculos prácticos, en condiciones normales de movimiento $\eta_s \cong 1$. Para vehículos con un solo puente motriz la eficiencia de la transmisión se determina según la relación que se muestra en la figura 2.1.

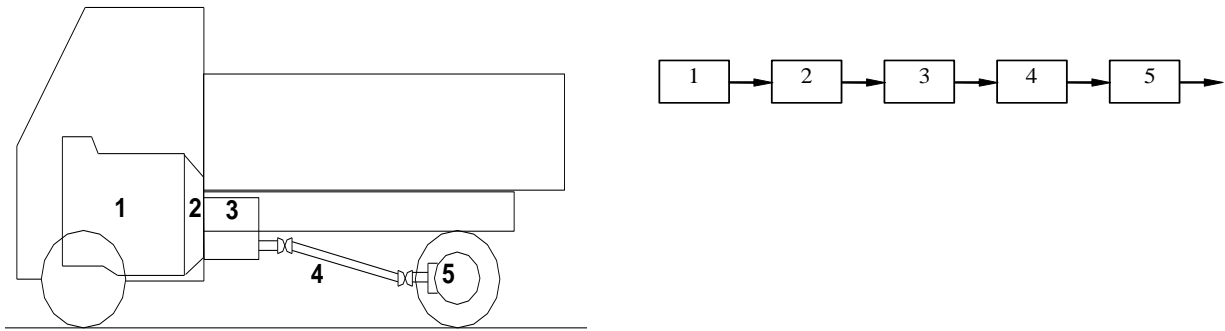


Figura 2.1. Eficiencias mecánicas de la transmisión para un puente motriz.

La ecuación 2.8 muestra la determinación de esta relación.

$$\eta_0 = \eta_5 \cdot \eta_4 \cdot \eta_3 \cdot \eta_2 \quad (2.8)$$

Dónde:

$\eta_5, \eta_4, \eta_3, \eta_2$ - son las eficiencias en los conjuntos del sistema de transmisión.

Para vehículos con dos puentes motrices se determina como se muestra en la figura 2.2 y se calcula en adecuación a la ecuación 2.9.

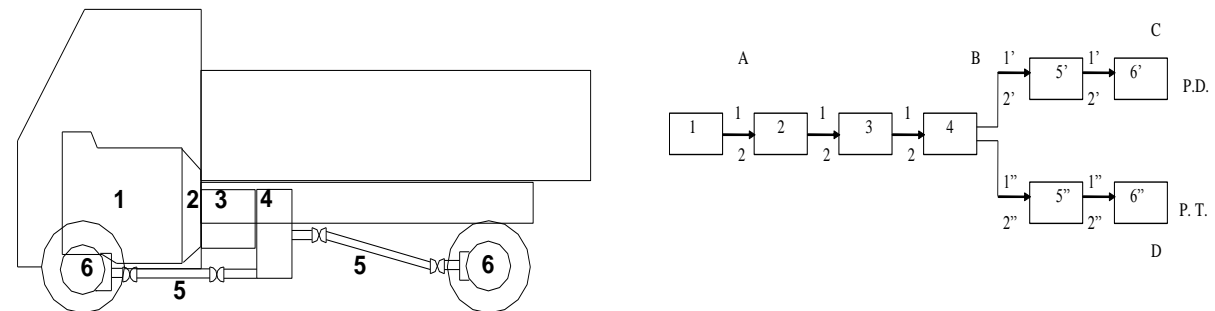


Figura 2.2. Eficiencias mecánicas de la transmisión para dos puentes motrices.

$$\eta_0 = \eta_{AB} \cdot \frac{2 \cdot \eta_{BC} \cdot \eta_{BD}}{\eta_{BC} + \eta_{BD}} \quad (2.9)$$

Dónde:

η_{AB} - eficiencia en el tramo AB (desde el embrague hasta la caja de transferencia)

η_{BC} y η_{BD} - eficiencia en los ramales donde se bifurca la potencia.

En la tabla 2.4 se encuentran los valores de eficiencia para los conjuntos del sistema de transmisión.

Tabla 2.4. Eficiencia de los elementos pertenecientes a la transmisión.

Conjunto o elemento mecánico del sistema de transmisión.	Eficiencia
Embrague de fricción	0,995
Ruedas dentadas cilíndricas: externas internas	0,980
	0,985
Cojinetes de rodamiento	0,997*
Unión cardánica	0,995
Par cónico : normal hipoidal	0,92 - 0,95**
	0,96 - 0,98**

Los datos presentes en la tabla son válidos para los dos tipos de vehículos, con un puente motriz y con dos puentes motrices.

Capacidad máxima de aceleración (dV/dt) max

Como la aceleración es un parámetro instantáneo, es preferible considerarlo como capacidad de aceleración, pues da más claramente el sentido de lo que se quiere expresar. Para lograr la mayor dV/dt en el vehículo, son necesarias las siguientes condiciones:

- ✓ Transitar en 1ra marcha con el motor entregando M_e máx.
- ✓ Las condiciones viales deben ser las mejores, es decir, pavimento rígido en buen estado y con pendiente cero.
- ✓ El vehículo debe transitar sin remolque, para emplear toda su energía en vencer las pérdidas mecánicas.

A partir de las condiciones planteadas anteriormente, la capacidad máxima de aceleración del vehículo se puede determinar por la ecuación 2.10.

$$P_{tmax} - P_r - P_i = 0 \quad (2.10)$$

Donde debe cumplirse la siguiente condición, según la ecuación 2.11

$$\frac{M_e \cdot \eta_0}{r_d \cdot i_{cl}} - G \cdot f - \frac{G}{g} \cdot \delta \cdot \frac{dV}{dt} = 0 \quad (2.11)$$

Por lo que para determinar la condición de la capacidad máxima de aceleración (dV/dt), entonces se emplea la ecuación 2.12

$$\left(\frac{dV}{dt} \right)_{\max} = \frac{\frac{M_e \cdot \eta_0}{r_d \cdot i_{cl}} - G \cdot f}{\frac{G}{g} \cdot \delta} \quad (2.12)$$

Dónde:

M_e – momento máximo del motor; Nm

$P_{t\max}$ – fuerza máxima; N

G – peso del vehículo; kg

f – coeficiente de resistencia al camino.

r_d – radio dinámico; m

Capacidad máxima de aceleración en marcha directa

Para determinar la (dV/dt) máxima en marcha directa, son necesarias las consideraciones siguientes:

- ✓ La dV/dt máx se determina en cada marcha para el punto de $M_{em\max}$, por lo cual el motor gira a W_m .
- ✓ Con W_m y relación de transmisión total de marcha superior (i_c superior), la V no es pequeña.
- ✓ Al igual que en los casos anteriores se consideran las mejores condiciones viales, aunque el cálculo pudiera desarrollarse para condiciones concretas de explotación.

Para determinar esta condición, se emplea la ecuación 2.13

$$P_{t\max} - P_r - P_a - P_i = 0 \quad (2.13)$$

Pero para ello debe cumplirse la condición que se plantea en la ecuación 2.14

$$\frac{M_e \cdot \eta_0}{r_d \cdot i_{c \text{ superior}}} - G \cdot f - K \cdot F \cdot V^2 - \frac{G}{g} \cdot \delta \cdot \left(\frac{dV}{dt} \right)_{\max} = 0 \quad (2.14)$$

Sustituyendo los valores, nos quedaría en la ecuación 2.15 como determinar la capacidad máxima de aceleración en marcha directa.

$$\left(\frac{dV}{dt}\right)_{\max} = \frac{\frac{M_e \cdot \eta_0}{r_d \cdot i_{c \text{ superior}}} - G \cdot f - K \cdot F \cdot V_2^2}{\frac{G}{g} \cdot \delta} \quad (2.15)$$

Dónde:

F y K son constantes que dependen del tipo de automóvil, sus respectivos valores se tomaron de la tabla 2.5.

Tabla 2.5. Valores de las constantes F y K

Tipo de vehículo	Modelo	K (Ns ² /m ⁴)	F (m ²)
Automóvil ligero	Normal	0,20-0,35	1,6-2,8
	Convertible	0,40-0,50	1,5-2,5
	Carrera	0,13-0,20	1,0-1,3
Ómnibus	Con capó	0,45-0,55	4,5-6,5
	Sin capó	0,35-0,45	-
Camiones	Cama abierta	0,50-0,70	3,0-5,0

V – Velocidad tomada para el cálculo.

Economía del consumo de las máquinas automotrices**Consumo recorrido**

La economía de consumo es el conjunto de cualidades que definen el consumo de combustible durante el trabajo de las máquinas automotrices en las diferentes condiciones de explotación. Por economía de consumo del vehículo se entiende, la capacidad del mismo de cumplimentar el trabajo de transporte en las condiciones reglamentadas con las mínimas pérdidas posibles de combustible.

Como indicador fundamental del consumo de combustible, en la mayoría de las máquinas automotrices, se utiliza el consumo recorrido (Q), que se define como la cantidad de combustible consumido, en litros, por cada 100 km de recorrido. Para la determinación del consumo recorrido por vía experimental se emplea la ecuación 2.16.

$$Q = 100 \cdot \frac{q}{S} \quad (2.16)$$

Dónde:

Q – consumo recorrido; l/100 km

q - es el consumo en litros durante un determinado recorrido S y se expresa en l/km recorrido.

Consumo recorrido específico

A menudo para la valoración de la economía de consumo, en vehículos de carga, se utiliza también como indicador el consumo recorrido específico (Q_t), que no es más que la cantidad de combustible consumido, en litros, en la unidad de trabajo de transportación (l/t-km) y se determina mediante la ecuación 2.17.

$$Q_t = \frac{g_e \cdot N_m}{36 \cdot \rho_c \cdot V \cdot M_m} \quad (2.17)$$

La ecuación 2.18 nos permite calcular el consumo de combustible en condiciones de explotación

$$g_e = g_{eN} \cdot K_A \cdot K_n \quad (2.18)$$

Para determinar K_A y K_n , que son los coeficientes que consideran la variación de g_e en función de W y del aprovechamiento de la potencia del motor se emplean las ecuaciones 2.19 y 2.20.

$$K_A = 1,7977 \cdot A^3 + 1,8734 \cdot A^2 - 6,2614 \cdot A + 3,6189 \quad (2.19)$$

$$K_n = 0,2991 \cdot \left(\frac{W_x}{W_N} \right)^3 + 0,03 \cdot \left(\frac{W_x}{W_N} \right)^2 - 0,93 \cdot \left(\frac{W_x}{W_N} \right) + 1,2025 \quad (2.20)$$

En adecuación a la ecuación 2.21, entonces se calcula por el aprovechamiento de la potencia.

$$A = \frac{N_{enec}}{N_{ex}} = \frac{P_t \cdot V}{10^3 \cdot \eta_o \cdot N_{ex}} \quad (2.21)$$

Dónde:

Q_t - consumo recorrido específico; l/t.km

g_e - consumo de combustible en condiciones de explotación; l/kW.h

ρ_c - densidad del combustible; kg/m³

V – velocidad con la que se mueve el automóvil; km/h

N_m - potencia dedicada al momento del motor; kW

K_A y K_n - coeficientes que consideran la variación de g_e en función de W y del aprovechamiento de la potencia del motor.

A - coeficiente de aprovechamiento de la potencia.

2.5. Conclusiones del capítulo

- ✓ Se sugiere la realización de un diagnóstico para la detección de posibles fallas antes que se desarrolle y cause averías.
- ✓ Queda propuesta la tecnología de adaptación del motor Hyundai H1 Van 2 en el Uaz – 469, donde se consideraron los parámetros fundamentales que permiten establecer la metodología de cálculo para la remotorización del motor de gasolina con un motor del tipo diésel.
- ✓ Mediante el procedimiento tecnológico de adaptación se pudo realizar una comparación entre los parámetros de cada vehículo como objetivo principal del trabajo.

Capítulo 3

Análisis de los resultados

Capítulo 3. Análisis de los resultados

3.1. Introducción

Los vehículos de fabricación soviética existente en nuestro país son de gran importancia para la economía de nuestro país en varias ramas de este aspecto. Por el largo tiempo de explotación y la edad que presentan estos vehículos sus partes físicas y mecánicas han sufrido daños, pérdida de eficiencia y reducción del rendimiento del vehículo, esto trae consigo que ocurran pérdidas económicas por paro de producción, reparación del automóvil, constantes mantenimientos. Estos problemas para ser resueltos dependen de los medios con que cuente el país en esos momentos lo que si no los hay trae más gastos en fabricación de la pieza pues al ser antiguas no se fabrican y las posibles sustitutas son de un alto costo, eso sin contar el tiempo que estará el vehículo sin uso ni aporte monetario a la institución a la que pertenece.

En este capítulo se presentan los resultados correspondientes de los parámetros presentados en el capítulo anterior determinados para cada vehículo en situaciones similares de explotación, siendo este el objetivo principal del capítulo.

3.2. Resultados de la metodología

Los resultados obtenidos se le realizaron a cada vehículo por individual apoyándose en el tipo de motor que presentan, caja de cambios pertenecientes a ambos automóviles, torque realizado por el motor de ellos, tipo de transmisión que presentan, potencias respectivas de cada uno y la relación de transmisión total de cada uno en diferentes condiciones de explotación. En la tabla 3.1 se recogen los resultados de los cálculos de la metodología para determinar la caracterización del motor del Hyundai.

Para determinar los mismos se tuvo en cuenta la metodología de cálculo planteada en el capítulo 2, desde las ecuaciones 2.1 hasta la 2.21.

Tabla 3.1. Resultados de los cálculo pertenecientes al Hyundai

Potencia máxima efectiva a V máxima, N_{ex} (kW)	66,555
Potencia máxima efectiva en marcha Directa, N_{ex} (kW)	40,935
Velocidad angular para la potencia a V máxima W_N (rad/s)	397,733
Velocidad angular que realiza el motor a V máxima W_x (rad/s)	209,333
Velocidad angular para la potencia en marcha directa W_N (rad/s)	211,944
Velocidad angular que realiza el motor en marcha directa W_x (rad/s)	125,600
Torque para la potencia máx en características exteriores M_{eN} (Nm)	314,155
Momento máx para la determinada frecuencia de rotación M_{ex} (Nm)	318,073
Consumo mínimo del vehículo g_{min} (l/100km)	7,1
Consumo específico del vehículo g_{eN} (l/kW.h)	8,165
Consumo específico de combustible g_{ex} (l/kW.h)	8,256
C_1, C_2, C_3	0,50; 1,50; 1
C_4, C_5, C_6	1,55; 1,55; 1
Fuerza de inercia P_i (N)	7389,665
Es el peso del vehículo G (kg)	2079
Aceleración de la gravedad g (m/s ²)	9,8 (m/s ²)
Coeficiente de masa reducida en 1ra marcha δ	1,0492
Coeficiente de masa reducida en marcha directa δ	1,080
Relación de transmisión 1ra marcha i_s	4,393
Relación de transmisión 4ta marcha i_s	1,000
Fuerza tractiva 1ra marcha P_t (N)	7 644,178
Fuerza tractiva en marcha directa P_t (N)	2 546,005
Fuerza tractiva a V máxima P_t (N)	1 266,358
Momento en el árbol cigüeñal en 1ra marcha M_e (Nm)	3 200
Momento en el árbol cigüeñal en marcha directa M_e (Nm)	530,123
Radio dinámico r_d (m)	0,348
Relación de transmisión total en 1ra marcha i_c	1,15
Relación de transmisión total en marcha directa i_c	0,572
Diámetro de la llanta D_0 (pul)	16,00
Ancho de llanta b (pul)	6,5
λ	0,12
Eficiencia de la transmisión η_0	0,956
Capacidad máxima de aceleración $\left(\frac{dV}{dt}\right)_{max}$ (m/s ²)	3,322
Capacidad máxima de aceleración en marcha directa $\left(\frac{dV}{dt}\right)_{max}$ (m/s ²)	1,073
Coeficiente de resistencia al camino f	0,012
K y F	0,20 y 1,6
Densidad del combustible ρ_c (t/m ³)	0,856
Potencia dedicada al momento del motor a V máxima N_m (kW)	124,950

Tabla 3.1. Resultados de los cálculo pertenecientes al Hyundai (continuación).

Potenc dedicada al momento del motor en marcha directa N_m (kW)	66,583
K_A a V máxima	1,191
K_n a v máxima	0,764
K_A en marcha directa	3,949
K_n en marcha directa	0,723
Coeficiente de aprovechamiento de la potencia a V máxima A	0,995
Coeficient de aprovechamiento de la potencia en marcha directa (A)	1,400
Consum de combust en condiciones de explot a V máx (g_e) (l/kW.h)	7,423
Cons de combust en condic de explot en marcha directa (g_e) (l/kW.h)	23,312
Consumo recorrido específico a V máxima (Q_t) (l/t.km)	0,526
Consumo recorrido específico en marcha directa (Q_t) (l/t.km)	1,055

Estos parámetros permitieron determinar las características tractivas de ambos vehículos, las cuales son las encargadas del movimiento del automóvil o sea de vencer las inercias que normalmente se oponen al movimiento de los cuerpos.

Para el logro de estos resultados, el automóvil debe estar entregando momento máximo por lo que debe ir en primera marcha, se determinó el momento efectivo y potencia efectiva en condiciones exteriores apoyándose en las frecuencias de rotación dedicadas al motor y la potencia máxima con ayuda de unos coeficientes que dependen del tipo de motor.

Para determinar si la fuerza tractiva vence las resistencias que se le oponen y cumple su principal objetivo, se determinó la fuerza de inercia como principal fuerza de oposición al movimiento en dependencia del peso del automóvil, la relación de marcha y la aceleración realizada en esa marcha, el valor de la fuerza tractiva donde se demuestra que la misma es mayor que de la fuerza de inercia, en caso que hubiese ocurrido lo contrario, el vehículo no se movería.

La aceleración realizada por el auto se puede determinar en una marcha superior o media, pero la recomendada para el cálculo de la fuerza de inercia, en nuestro caso, se determinó en primera marcha con el motor entregando momento máximo y con pendiente cero.

Uno de los parámetros principales a tener en cuenta para los cálculos a vehículos de transporte terrestre es el consumo de combustible que realiza el automóvil o economía de consumo del vehículo. La economía de consumo es el conjunto de

cualidades que definen el consumo de combustible durante el trabajo de las máquinas automotrices en las diferentes condiciones de explotación.

Tabla 3.2. Resultados de los cálculos pertenecientes al Uaz – 469

Potencia máxima efectiva a V máxima N_{ex} (kW)	71,766
Potencia máxima efectiva en marcha Directa N_{ex} (kW)	47,224
Velocidad angular para la potencia a V máxima W_N (rad/s)	434,367
Velocidad angular que realiza el motor a V máxima W_x (rad/s)	314,000
Velocidad angular para la potencia en marcha directa W_N (rad/s)	376,695
Velocidad angular que realiza el motor en marcha directa W_x (rad/s)	194,867
Torque para la potencia máx en características exteriores M_{eN} (Nm)	189,932
Momento máx para la determinada frecuencia de rotación M_{ex} (Nm)	227,898
Consumo mínimo del vehículo $g_{mín}$ (l/100km)	10,600
Consumo específico del vehículo g_{eN} (l/kW.h)	11,130
Consumo específico de combustible g_{ex} (l/kW.h)	9,967
C_1, C_2, C_3	1,00; 1,00; 1,00
C_4, C_5, C_6	1,20; 1,00; 0,80
Fuerza de inercia P_i (Nm)	7 992,453
Es el peso del vehículo G (kg)	1 770
Aceleración de la gravedad g (m/s ²)	9,8
Coeficiente de masa reducida en 1ra marcha δ	1,0400
Coeficiente de masa reducida en marcha directa δ	1,089
Relación de transmisión 1ra marcha i_s	3,953
Relación de transmisión 4ta marcha i_s	0,900
Fuerza tractiva 1ra marcha P_t (N)	8 205,717
Fuerza tractiva en marcha directa P_t (N)	3 072,816
Fuerza tractiva a V máxima P_t (N)	1 890,834
Momento en el árbol cigüeñal en 1ra marcha M_e (Nm)	2 200
Momento en el árbol cigüeñal en marcha directa M_e (Nm)	359,838
Radio dinámico r_d (m)	0,327
Relación de transmisión total en 1ra marcha i_c	0,783
Relación de transmisión total en marcha directa i_c	0,342
Diámetro de la llanta D_0 (pul)	15
Ancho de llanta b (pul)	6,1
λ	0,12
Eficiencia de la transmisión η_0	0,955
Capacidad máxima de aceleración $\left(\frac{dV}{dt}\right)_{max}$ (m/s ²)	4,225
Capacidad máxima de aceleración en marcha directa $\left(\frac{dV}{dt}\right)_{max}$ (m/s ²)	1,374
Coeficiente de resistencia al camino f	0,012
K y F	0,20 y 1,6
Densidad del combustible ρ_c (t/m ³)	0,760

Tabla 3.2. Resultados de los cálculos pertenecientes al Uaz – 469 (continuación).

Potencia dedicada al momento del motor a V máxima N_m (kW)	82,500
Potencia dedicada al momento del motor en marcha directa N_m (kW)	71,559
K_A a V máxima	1,017
K_n a v máxima	0,659
K_A en marcha directa	4,649
K_n en marcha directa	0,764
Coeficiente de aprovechamiento de la potencia a V máxima A	0,996
Coeficiente de aprovechamiento de la potencia en marcha directa A	1,513
Cons de combust en condiciones de explotación a V máx g_e (l/kW.h)	7,459
Cons de combust en condic de explot en marcha directa g_e (l/kW.h)	39,480
Consumo recorrido específico a V máxima Q_t (l/t.km)	0,759
Consumo recorrido específico en marcha directa Q_t (l/t.km)	3,587

Hoy en día el combustible se ha encarecido de manera relevante y para nuestro país el ahorro de este preciado fluido es de gran importancia, a una empresa cubana le es más difícil mantener en marcha un auto que funcione con gasolina que uno que utilice diesel para funcionar. El auto Uaz 469 es un vehículo que funciona con gasolina y por su tecnología es un gran consumidor de combustible.

Uno de los principales vehículos con el que cuenta nuestro país que sufre de estos problemas es el Uaz, medio de transporte muy utilizado aún sin importar su avanzada edad. Como solución a estos problemas los especialistas de cada empresa han tenido que encontrar y desarrollar soluciones a estas situaciones a la que nos enfrentamos. Estas soluciones se basan en la adaptación de piezas de vehículos modernos en estos arcaicos automóviles para mejorar sus características y hacerlos más fiables.

Para determinar el consumo de combustible de estos medios de transporte se hacía necesario conocer el consumo recorrido específico de ellos, cada uno de estos motores tiene distintas cualidades pues cada uno tiene un consumo máximo y mínimo, para cálculos experimentales es fundamental tomar el consumo mínimo que realiza cada uno con el objetivo de determinar el consumo de combustible en condiciones de explotación (g_e).

Por otra parte, los parámetros constructivos de los motores analizados (Hyundai y el Uaz 469) influyen en la economía de consumo del vehículo, pero en particular, su proceso de trabajo, del cual depende g_e , la que tiene una importancia significativa.

El consumo del vehículo crece con el aumento de las resistencias al movimiento. De tal forma, su incremento o disminución, conduce a la variación de la potencia necesaria y de la velocidad y por tanto, incide en el aprovechamiento de la potencia disponible del motor y en su frecuencia de rotación, lo cual se refleja en (ge) y complica la determinación del consumo de combustible, el consumo mínimo de combustible junto con los coeficientes que se apoyan en el aprovechamiento de la potencia se puede obtener este parámetro tan complicado que define el valor del consumo recorrido específico junto con las características del combustible momento y potencia del motor.

3.3. Comparación entre los parámetros de los vehículos

Un elemento a considerar para realizar el proceso de remotorización de un vehículo es su fuerza tractiva, se consideró realizar la comparación de las mismas en los motores de los vehículos analizados. En la figura 3.1 se muestra el comportamiento de la fuerza tractiva de ambos vehículos en función del momento.

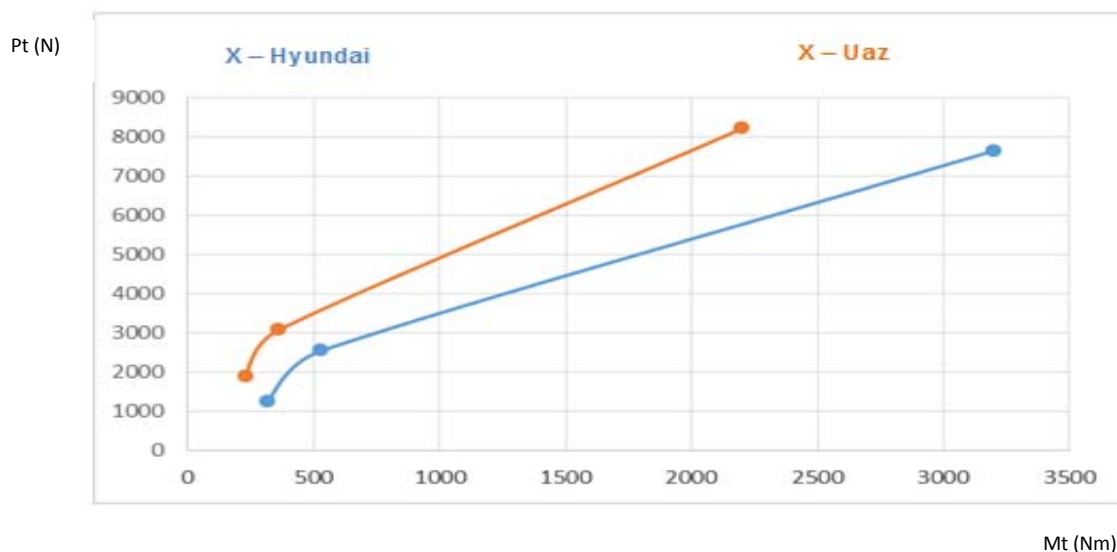


Figura 3.1. Comportamiento de la fuerza tractiva de ambos vehículos en función del momento.

Se observa en la figura que al determinar este parámetro, para ambos vehículos, los mismos mantienen una tendencia lineal, de ir incrementando la misma, en función del momento, existiendo una variación al inicio, pero luego mantienen ambas fuerzas tractivas un comportamiento lineal.

Las características tractivas de un automóvil no solo dependen del momento y la potencia, hay que tener en cuenta la relación de transmisión total del vehículo y la eficiencia de la transmisión la cual se determina teniendo en cuenta la eficiencia en cada parte que compone la transmisión en dependencia de si el auto es de caja 4x4 o 2x4 pues la metodología es diferente, en el caso de la relación de transmisión se determina por el método tradicional velocidad angular de la rueda dividiendo a la velocidad angular realizada por el árbol cigüeñal.

3.3.1. Análisis de la potencia en función de la velocidad

Se analizó la potencia efectiva máxima que desarrolla cada vehículo, del Hyundai y del Uaz 469, tal y como se muestra en la figura 3.2, es decir la potencia efectiva máxima que desarrolla cada vehículo en dependencia de la velocidad que experimentan durante su movimiento en el camino, o sea a máxima velocidad o en marcha directa.

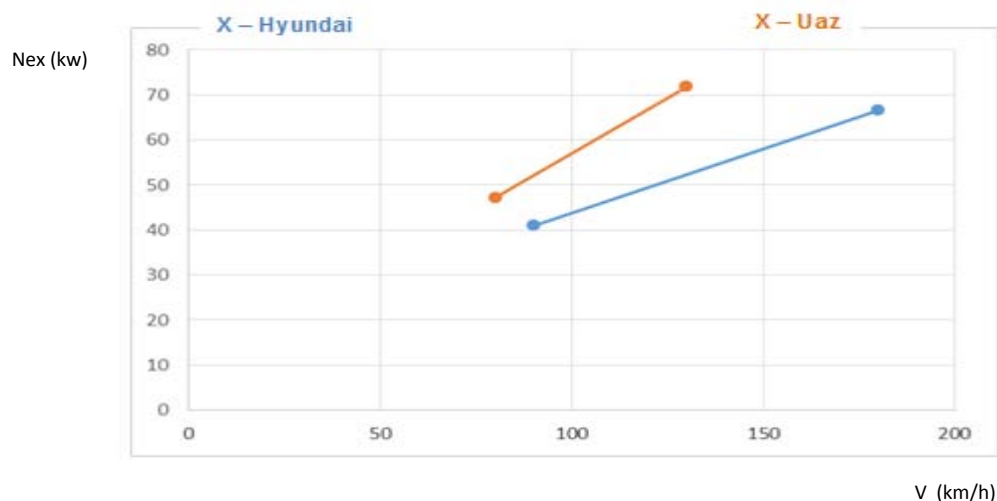


Figura 3.2. Comportamiento de la potencia en función de la velocidad

La potencia del Hyundai con relación al Uaz 469 se manifiesta de forma lineal, esto demuestra que es posible realizar el proceso de remotorización, ya que se encuentra entre los parámetros establecidos según las condiciones de trabajo del Uaz 469. Ambos motores muestran una tendencia lineal, con en el motor Hyundai se logra obtener un rendimiento de la potencia equivalente a la del motor Uaz 469.

3.3.2. Análisis del consumo en dependencia de la velocidad

En la figura 3.3 se muestra el consumo recorrido específico que desarrollan ambos vehículos cuando están experimentando su máxima velocidad y cuando están en marcha directa o sea a una velocidad estándar reglamentada para andar en la vía por las leyes transitaes.

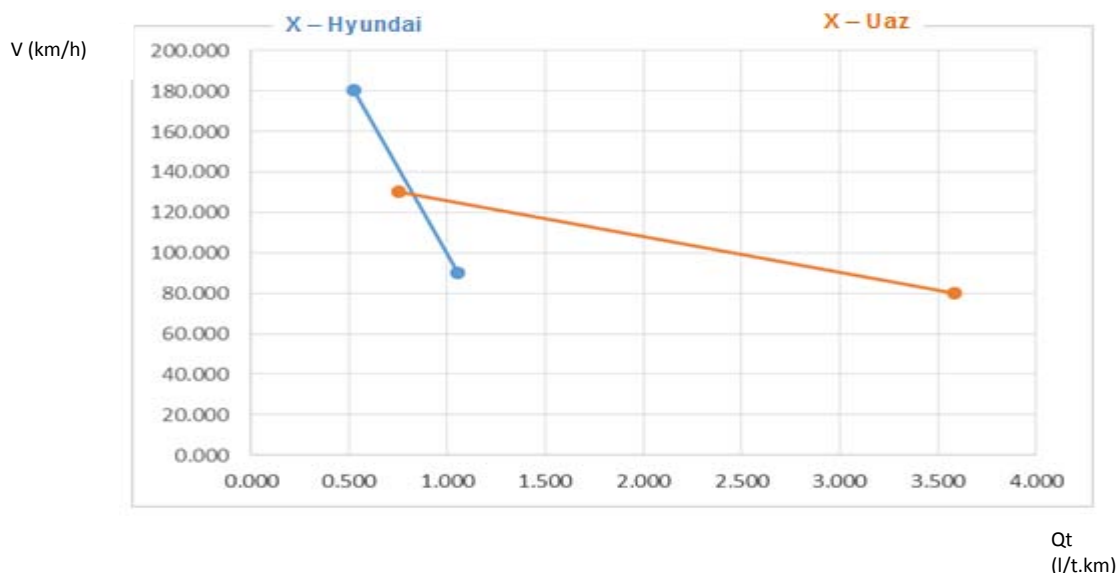


Figura 3.3. Comportamiento del consumo en dependencia de la velocidad

Al determinar el consumo en dependencia de la velocidad, se observa en la figura 3.3 la diferencia notable que experimenta el motor del Hyundai con respecto al motor del Uaz 469.

Este puede ser el parámetro más importante en la comparación de los valores determinados a cada vehículos pues muestra la reducción del gasto por consumo de combustible que experimentaría el Uaz con el motor diesel, combustible más factible para cualquier institución.

Al determinar la potencia máxima efectiva para condiciones exteriores de los motores, el momento máximo para una determinada frecuencia de rotación en ambos motores, el consumo específico de combustible, la fuerza de inercia como resistencia al camino, las características tractivas de los vehículos, las eficiencias mecánicas de las transmisiones, la capacidad máxima de aceleración (dV/dt) max, la capacidad máxima de aceleración en marcha directa y la economía del consumo de las máquinas automotrices, tanto en motores de gasolina, como en motores diésel,

se pudo comprobar que los cálculos realizados, permiten establecer que con las características que posee el motor Hyundai, puede ser empleado en la remotorización del vehículo Uaz 469 perteneciente a la empresa “Comandante Gustavo Machin Hoed de Beche” e incorporar el mismo al parque de motores de dicha empresa.

3.4. Valoración económica

La valoración económica se realiza sobre la base de la compra del motor Hyundai, así como de los gastos por conceptos de mano de obra, materiales, salario y energía, así como por el ahorro de combustible. En la tabla 3.3 se recoge el costo de adquisición del motor Hyundai que se ha seleccionado para realizar los cálculos y de esta forma establecer el proceso de remotorización.

Tabla 3.3. Costo de adquisición del motor Hyundai

Motor	Costo CUC	Costo CUP	Total
Hyundai H1 Van 2	3306,28	182,58	3488,86

El proceso de remotorización está programado para 60 horas de trabajo, los datos que se presentan son los referidos al trabajo realizado por los operarios y la energía consumida en este tiempo. Estos tiempos se recogen en la tabla 3.4

Tabla 3.4. Gastos en salarios y energía

Factor	UM	Tiempo hora	Tarifa hora	Gasto en 60 horas (CUP)
Energía eléctrica	hora	60		487,50
Salario				
mecánico	hora	60	4,00	240,00
engrasador	hora	60	4,00	240,00
ayudante	hora	60	4,00	240,00
electricista	hora	60	4,00	240,00
Total	hora	60	16,00	960,00
Costo total energía y operarios				1447,50

3.4.1. Economía del consumo de combustible

Un litro de gasolina tiene un costo de 1,10 CUC, el recorrido reglamentado para el Uaz es de 85 km, con el motor de gasolina hace 9,43 km por litro lo que equivale a un consumo diario de 9,00 litros con un costo de 9,91 CUC, para 265 días de trabajo el vehículo consume 2385 litros con un costo total de 2623,50 CUC.

El litro de combustible diesel tiene un costo de 0,95 CUC, con este motor el vehículo hace 12 km por litro, lo que se tiene que para 85 km de recorrido diario un consumo de combustible de 7 litros con un costo de 6,73 CUC y para 265 días de trabajo un consumo de 1855 litros con un costo de 1762,25 CUC.

Las ventajas de que trae esta adaptación conllevan a un mayor ahorro de combustible para el trabajo diario realizado por el vehículo y con el ahorro de combustible se reducen las pérdidas por costo de combustible, situación ventajosa para la empresa. Al realizar la comparación del consumo y el costo del combustible se tiene que con el motor diesel se ahorran 530 litros y 861,25 CUC por lo que es eficiente el cambio del motor para la economía del país.

3.5. Impacto medio ambiental

El desarrollo tecnológico de los países tiene como consecuencia, debido a la quema de los combustibles fósiles, el incremento de las emisiones de gases contaminantes a la atmósfera, lo que repercute en el deterioro de la calidad de vida que percibe hoy en día la población, lo que constituye uno de los principales problemas ambientales y uno de los retos que debe resolver la sociedad.

El transporte, por su naturaleza, se relaciona prácticamente con todos los sectores de la economía, moviliza los insumos y materias primas requeridas para la producción de bienes hasta los centros de consumo y actúa como un importante demandante de los productos y servicios de diversas ramas económicas. Beneficia la transformación de las relaciones de trabajo y grupos sociales al incorporar productos y experiencias disímiles en aquellas localidades que se enlazan a las redes de transporte, e influye en la ubicación de los centros urbanos y sus actividades, medios de vida, conformación de los espacios urbanos, modificación de los usos del suelo y en las formas de comunicación e identificación social.

El transporte en Cuba constituye una de las fuentes de contaminación atmosférica más distintivas debido a su deplorable estado técnico, deficiencias en el mantenimiento preventivo y correctivo, y el uso de combustibles fósiles de baja calidad.

La difícil situación económica de los últimos años ha gravitado sobre la explotación y mejora de los medios de transporte, y ha limitado las acciones necesarias para la minimización de sus impactos ambientales. No obstante, en tanto la capacidad para aprender y extraer experiencias de las dificultades es también consustancial a nuestro proceso, la idea de la sostenibilidad lejos de debilitarse se ha reforzado porque hemos adquirido mayor conciencia y nuevas habilidades para desarrollar instrumentos y acciones que permitan alcanzar la sostenibilidad del transporte.

El enfoque para el tratamiento de las emisiones debe efectuarse a partir de considerar de forma simultánea tres variables interdependientes: calidad del combustible utilizado, tecnología vehicular y condiciones de uso de los vehículos, lo cual significa que una variación en cualquier de estos factores, incide de manera directa en la modificación del nivel de las emisiones.

Según reportes y estudios realizados, para transportes con igual tecnología y condiciones de utilización, la máxima disminución de emisiones que se puede lograr modificando las características del combustible está en el orden de 20 a 30 % lo que se traduce en el empleo de gasolinas con bajo contenido de azufre (S), olefinas, aromáticos y en el caso del diesel con alto valor de cetano y también bajo contenido de (S), entre otras.

En cuanto a la tecnología vehicular, estas van dirigidas fundamentalmente a cambios en el diseño del motor, condiciones de combustión, así como la incorporación de tecnologías de postratamiento y el control de pérdidas evaporativas. Lo anterior se traduce en la aplicación, por ejemplo, de la inyección electrónica del combustible, catalizador de oxidación, cámara de combustión de quemado rápido y recirculación de los gases de escape.

Por su parte, una adecuada gestión del tránsito en las ciudades, puede reducir de cinco a diez veces las emisiones vehiculares. De ahí que el crecimiento de la motorización requiere ir acompañado de una apropiada actividad de tránsito e infraestructura vial.

Actualmente, los países y regiones geográficas con mayor desarrollo y los que están en vías de ello, establecen normativas para el control de las emisiones de gases de

los vehículos automotores, que abarcan desde los aspectos relacionados con el diseño y construcción hasta los vinculados con la explotación de los mismos.

Está demostrado que el problema de la contaminación ambiental crece cada día, con un efecto directo sobre la salud humana.

En trabajos anteriormente realizados por el Centro de Investigación y Desarrollo del Transporte (CETRA), relacionados con la influencia del transporte y el medio ambiente, la economía energética en el transporte e Inventario Nacional de Emisiones de Gases de Efecto Invernadero en Fuentes Móviles, donde a partir de los resultados alcanzados, relacionados con el desgaste de los equipos, su estado técnico y la experiencia de los autores en la temática, se determinaron valores en las emisiones de gases producidos por los vehículos, superiores a los reportados por los fabricantes.

Como se aprecia, en Cuba desde 1997 se establecen diagnósticos para el control de las emisiones de gases de escape en los vehículos con motor de gasolina y diésel. En este momento, atendiendo al tiempo de vigencia de la actual resolución, consideraciones asumidas en su determinación y dado los criterios que suponen muy holgados los límites de emisión actuales, se procede a la evaluación y elaboración de nuevos valores de límites máximos que permita una mejoría en la economía de combustible y la preservación del medio ambiente.

3.5.1. Fuentes móviles. Contaminación y control

Desde finales de la última década del siglo pasado, como consecuencia de un mejoramiento de las condiciones económicas del país, se observa un incremento de la circulación vehicular por las principales ciudades, fundamentalmente en la capital, aspecto que conllevó a la Comisión No. 11 del Programa de Apoyo a la Ciudad de La Habana, a valorar para el caso del humo en específico, de excesivo, aunque hay otros gases incoloros e incluso inodoros que tienen altos niveles de toxicidad, de forma tal, que incluso los vehículos cuyos gases de escape no son visibles, pueden estar emitiendo a la atmósfera cantidades excesivas de contaminantes.

Internacionalmente constituye una práctica la elaboración de normas de emisión de forma general, que abarquen la totalidad de los vehículos según las categorías de

ligeros, medios y pesados, sin hacer diferencia sobre la base del desarrollo tecnológico en la construcción de los equipos. Esta situación obliga a los fabricantes de vehículos a acometer periódicamente costosos programas de modernización que permita la eliminación de aquellos equipos con atraso tecnológico y desgaste técnico.

En cuanto a Cuba, el parque automotor a pesar de que se está modernizando, se caracteriza por proceder de diferentes zonas geográficas y por tener un variado conjunto de técnicas de fabricación, lo que unido al envejecimiento técnico ocasionado por el prolongado período de explotación, posee tecnologías de baja eficiencia energética que promueve altos niveles de emisiones de gases de combustión.

Esta situación impide la elaboración de regulaciones y normas de emisión con carácter general, pues mientras las empresas transportistas estatales y propietarios particulares que dispongan de vehículos modernos apenas tienen que realizar esfuerzos para cumplirlas, los que poseen medios con tecnologías atrasadas no podrán lograrlo, a no ser mediante el manejo de determinadas inversiones que no siempre el país está en condiciones de enfrentar.

Debido a lo anterior es que se hace necesaria la elaboración de regulaciones y normas de emisión que, además de considerar las categorías del vehículo atendiendo al peso y potencia, consideren las particularidades tecnológicas y desgastes técnicos de estos, así como las posibilidades económicas del país para alcanzar determinados niveles de eficiencia energética y ambiental.

En el proceso de maquinado se produce gran cantidad de desechos sólidos, estos desechos en forma de virutas al ser depositados en un lugar específico alteran el equilibrio de ese pequeño ecosistema, ya que en su composición poseen elementos que pueden ser lixiviables, bajo la acción de las temperaturas altas y las lluvias, pasan a las aguas subterráneas contaminándolas. Además en el taller se consume una gran cantidad de energía eléctrica, la cual se toma de la red nacional convirtiéndose en gasto de combustible y contaminación atmosférica debido al proceso de combustión para generar energía.

3.6. Conclusiones del capítulo

- Se presentaron los resultados de la metodología de cálculo para la adaptación del motor Hyundai H1 Van 2 en el Uaz – 469 con el objetivo de mejorar el automóvil.
- Se presenta el análisis de los resultados obtenidos teniendo en cuenta la comparación entre la fuerza tractiva, potencia y consumo de cada vehículo.
- La valoración económica se realizó sobre la base de compra del motor, con una tarifa de 3306,28 CUC y costo por mano de obra y consumo de energía, con un total de 1447,50 CUP.
- Con la adaptación del nuevo motor la empresa se ahorra un total de 530 litros y 861,25 CUC en el tiempo estimado de trabajo del vehículo.



Conclusiones Generales

- ❖ Debido al tiempo de permanencia del Uaz – 469 los agregados de su motor se encuentra en estado de deterioro (desgastados) y necesitan ser sustituido o reemplazado por otro motor más moderno.
- ❖ Se demostró la similitud entre los parámetros determinados a cada vehículo por individual para la posterior remotorización.
- ❖ La remotorización del motor del Uaz– 469 con la adaptación del motor Hyundai reduce considerablemente el consumo de combustible según los parámetros graficados en cuanto a consumo se trata, lo que trae ventajas económicas al país.
- ❖ La remotorización del Uaz – 469 con la compra del motor gasto en mano de obra y materiales asciende a 4 936,36 CUC y por concepto de combustible se ahorran 530 litros y 861,25 CUC.



Recomendaciones

- Realizar el mantenimiento adecuado al uso que se le requiera al vehículo y siguiendo las indicaciones dadas por el fabricante.
- Inspeccionar seguidamente el comportamiento del motor en su nuevo portador en los primeros días después de su adaptación.
- Verificar el aceite del motor en dependencia de su uso.



Bibliografías

1. Águeda, C.; García, E.; Jiménez, J., Fundamentos Tecnológicos del Automóvil. Madrid, España, Thomson/Paraninfo, 2002.
2. Alonso, J., Electromecánica de Vehículos: Motores. 4ª Edición, Madrid, España, Paraninfo, 1999.
3. Alonso, J. M. *Técnicas del Automóvil: Motores*. 10ª Edición, Madrid, España, Paraninfo / Thomson Learning, 2000.
4. Allen, W., Conozca su automóvil, México 1965.
5. Ariaspaz, M., Manual de automóviles, 34 ed. Madrid 1999.
6. Bernard, C.; Rodica, B., *Diesel Engine Reference Book*, Second Edition, SAE Intl. Pennsylvania, USA, 1999.
7. Betancourt, M., La Remotorización diesel en la Organización Básica Eléctrica. Holguín; Universidad "Oscar Lucero Moya", 2004. 210 h. (Tesis de Maestría).
8. Cárdenas, M.; Pérez, O., Criterios y metodología para la determinación de los parámetros dinámicos y cinemáticos para la remotorización, Tesis de Diploma, La Habana, 2005.
9. Casado, E.; García, J., Fundamentos Tecnológicos del Automóvil. Madrid, España, Thomson/Paraninfo, 2002.
10. Chudakov, D., Fundamentos de la teoría y el cálculo de tractores y automóviles. La Habana: Editorial Pueblo y Educación. 1989.
11. Dante, G., Motores Endotérmicos, 1ª Reimpresión. España, Omega, 2000.
12. Font, J.; Dols, J., Tratado sobre automóviles, Alfaomega Grupo Editor, México, 2001, T. I, p. 6.47.
13. Giacosa, D., Motores Endotérmicos, 1ª Reimpresión. España, Omega, 2000.
14. Gurevich, A.; Sorokin, E., Tractores y automóviles tomo II. La Habana: Editorial Pueblo y Educación. 1989.
15. López, E., Contribuciones al perfeccionamiento del sistema integral de transporte cañero. Holguín; Universidad "Oscar Lucero Moya", 2006. 240 h. (Tesis doctoral).



16. Nichols, W., Inc., *Auto Service Manual 2003, Automotive Service* 1999 - 2003, *Chilton's 9356*. USA, 2002.
17. Padrón, R.; Ávila, J., Diseño y construcción de un banco de pruebas para embragues de disco a fricción con visualización de datos de su funcionamiento para el laboratorio de las maquetas existentes, Universidad Politécnica Salesiana. Facultad de Ingenierías. Carrera de Ingeniería Mecánica Automotriz. Cuenca. 2010."
18. Pálmer, M., Tesis en opción al título de Máster en Mecanización de la Producción Agropecuaria. Camaguey, 2006.
19. Szczepaniak, C., *Teoría del Automóvil*. La Habana: Editorial Pueblo y Educación, 1994. 289 p.
20. Widman, R., *La Rectificación de Motores de Combustión Interna*, 2008.
21. Zaldívar, S., El Mantenimiento Técnico un reto histórico-lógico en el perfeccionamiento de la actividad gerencial. *Revista Tecnología en Marcha* vol 19 - 1, pp 24 - 30. 2006.