

MINISTÉRIO DE EDUCACIÓN SUPERIOR  
INSTITUTO SUPERIOR MINERO METALÚRGICO DE MOA  
"Dr. Antonio Núñez Jiménez"  
FACULTAD DE METALURGIA Y ELECTROMECAÁNICA  
DEPARTAMENTO DE MECÁNICA

# **TRABAJO DE DIPLOMA**

**TÍTULO: Adaptación de una caja de velocidad  
MAZ-500 en un motor YUCHAY del automóvil ZIL  
130**

**AUTOR:** Luis Manuel Paumier Olivero

**TUTORES:** Dr. C. Tomás Hernaldo Fernández Columbié  
Ing. Roberto Almaguer Escobar

**Moa - 2012**

**"Año 54 de la Revolución"**



***Declaración de Autoridad***

**Yo:** Luís Manuel Paumier Olivero

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.

-----  
Luís Manuel Paumier Olivero

-----  
Dr. C. Tomás H. Fernández Columbié

-----  
Ing. Roberto Almaguer Escobar



## **Agradecimientos**

***A todos mis profesores por los conocimientos transmitidos durante el desempeño de mi carrera.***

***A mis tutores por confiar en mí en la realización de este trabajo el Dr. C. Tomás Hernaldo Fernández Columbié y el Ing. Roberto Almaguer Escobar.***

***A mis familiares que me apoyaron en los momentos de mi vida en que más lo necesitaba.***

***A mis amigos que siempre creyeron en mí.***

***A los que de una forma u otra me apoyaron y ayudaron en la realización de este trabajo.***

***A la Revolución, por darme la oportunidad de convertirme en profesional .***

***A todos***

***Muchas Gracias.***



## **Dedicatoria**

**Quiero dedicar este trabajo a mis familiares.**

**A mi madre Ana Rosa Olivero Proenza.**

**A mi padre Claudio Paumier Cervantes.**

**A mis hermanas Caridad y Mirian.**

**A mí querida y estimada esposa.**

**Yamilét.**

**A mis hijos: Leonardo Paumier Olivero y Leandro**

**Paumier Olivero.**

**A mis amigos:**

**Ányel, Emilio y Victor y a todos aquellos que  
estuvieron a mi lado durante los 6 años de mi  
carrera.**

**A nuestra Revolución, por las posibilidades que me  
ofrece.**



<b>ÍNDICE</b>	<b>PÁG</b>
<b>CAPÍTULO 1. MARCO TEÓRICO. ANTECEDENTES INVESTIGATIVOS</b>	
1.1. Introducción	4
1.2. Reparación de automóviles	4
1.3. Generalidades acerca del surgimiento del automóvil	5
1.4. Transmisiones mecánicas	7
1.4.1. Tipos de transmisiones	8
1.4.2. Trenes de engranaje	9
1.4.3. Elementos del sistema de transmisión	10
1.5. Cajas de cambios	11
1.5.1. Principios de la caja de velocidades	12
1.5.2. Tipos de caja de cambio de velocidades	12
1.5.3. Caja de cambios manual de toma constante normal silenciosa	13
1.5.4. Funcionamiento de la caja de velocidad	14
1.6. Árbol de transmisión	14
1.6.1. Elementos de la transmisión	15
1.7. Motor de combustión interna	16
1.7.1. Partes de un motor de combustión interna	17
1.7.2. Partes móviles y partes fijas del motor	18
1.8. Conclusiones del capítulo 1	20
<b>CAPÍTULO 2. MATERIALES Y MÉTODOS</b>	
2.1. Introducción	21
2.2.1. Velocidad del árbol del motor	21
2.2.2. Velocidad angular del embrague	22
2.2.3. Velocidad de salida de la caja de cambio para ambas velocidades	22
2.2.4. Velocidad angular de la barra en la entrada del diferencial	22
2.2.5. Velocidad angular de salida del diferencial	23
2.2.6. Velocidad angular de la rueda motriz	23
2.2.7. Velocidad tangencial	24
2.2.8. Relación de transmisión total	24
2.3. Determinación del efecto dinámico	24



2.3.1. Momento del motor	24
2.3.2. Potencia en el embrague	25
2.3.3. Momento del embrague	25
2.3.4. Potencia en la caja de transmisión	25
2.3.5. Potencia en la barra de transmisión	26
2.3.6. Momento en la barra de transmisión	26
2.3.7. Potencia de salida del diferencial	26
2.3.8. Momento que desarrolla el diferencial	26
2.3.9. Potencia desarrollada por la rueda motriz	27
2.4. Relación de áreas	27
2.5. Diagnóstico de la caja de velocidad	28
2.6. Conclusiones del capítulo 2	30
<b>CAPÍTULO 3. ANÁLISIS DE LOS RESULTADOS</b>	
3.1. Introducción	31
3.2. Análisis del proceso de ensamblaje de la caja de velocidad	31
3.2.1. Pasos del armado de la caja de velocidad	32
3.2.2. Parámetros establecidos para el ensamble de la caja	33
3.2.3. Fregado de todas las piezas que conforman la caja de transmisión	33
3.3. Análisis de la metodología de cálculo	34
3.3.1 Análisis de velocidad del árbol del motor	34
3.3.2. Análisis de la velocidad angular del embrague	34
3.3.3. Análisis de la velocidad de salida de la caja de cambio para todas las velocidades	35
3.3.4. Análisis de la velocidad angular de la barra en la entrada del diferencial	37
3.3.5. Análisis de la velocidad angular de salida del diferencial	39
3.3.6. Análisis de la velocidad angular de la rueda motriz	40
3.3.7. Análisis de la velocidad tangencial	41
3.4. Análisis dinámico	42
3.4.1. Momento del motor	42
3.4.2. Potencia en el embrague	43
3.4.3. Análisis del momento del embrague	43



3.4.4. Potencia en la caja de transmisión	43
3.4.5 Potencia en la barra de transmisión	43
3.4.6. Momento en la barra de transmisión	44
3.4.7. Potencia de salida del diferencial	44
3.4.8. Momento que desarrolla el diferencial	44
3.4.9 Análisis del rendimiento de la transmisión	45
3.5. Determinación de las áreas	46
3.6. Valoración económica	47
3.7. Valoración del impacto medio ambiental	48
3.8. Conclusiones del capítulo 3	50

**CONCLUSIONES**

**RECOMENDACIONES**

**BIBLIOGRAFÍAS**



## **Resumen**

El objetivo principal de esta investigación es determinar la factibilidad en el cambio de una caja de transmisión del modelo MAZ 500 sobre una caja de velocidad del ZII V 8 modelo 130, la cual es empleada en la relación de transmisión con un motor de fabricación china del tipo YUCHAY, lo cual permitirá el mayor consumo de combustible por parte del automóvil. Para establecer la factibilidad del cambio se determinó la relación de transmisión de ambas cajas, donde se consideró el cálculo cinemática de la caja de velocidad, la velocidad del árbol del motor, la velocidad angular del embrague, la velocidad de salida de la caja de cambio para ambas velocidades, la velocidad angular de la barra en la entrada del diferencial, la velocidad angular de salida del diferencial, la velocidad angular de la rueda motriz, la velocidad tangencial, la relación de transmisión total, la determinación del efecto dinámico y el momento del motor. Finalmente se establece la valoración económica del procedimiento y el impacto medio ambiental.





## **Abstracts**

The main objective of this investigation is to determine the feasibility in the change of a box of transmission of the pattern MAZ 500 on a box of speed of the ZII V 8 model 130, which is an employee in the transmission relationship with a motor manufacturing Chinese of the type YUCHAY, that which will allow the biggest consumption of fuel on the part of the automobile. To establish the feasibility of the change the relationship of transmission of both boxes it was determined, where it was considered the cinematic calculation of the box of speed, the speed of the tree of the motor, the angular speed of the clutch, the speed of exit of the box of change for both speeds, the angular speed of the bar in the entrance of the differential, the angular speed of exit of the differential, the angular speed of the motive wheel, the tangential speed, the relationship of total transmission, the determination of the dynamic effect and the moment of the motor. Finally he settles down the economic valuation of the procedure and the half environmental impact.



## **INTRODUCCIÓN**

La empresa de cada rama de la industria posee un carácter específico propio, determinado por el objetivo de la producción, por la capacidad de la empresa, el tipo de producción, el nivel técnico y la subordinación administrativa. Pero a pesar de ello, la economía de las empresas de las diversas ramas tiene mucho en común, por cuanto en todos los casos la solución de las cuestiones económicas descansa sobre una base metodológica única, conjugada con el estudio de la forma de manifestación de las leyes económicas del socialismo en las condiciones específicas de las respectivas ramas de la industria.

La empresa es una categoría económica y naturalmente, sus objetivos y tareas reflejan el carácter de las relaciones de producción dominantes en la sociedad. El aumento de la productividad del trabajo sobre la base del perfeccionamiento de la organización de la producción, es una de las tareas principales no solo de la empresa industrial socialista, sino también de la empresa industrial capitalista. Sin embargo, en el socialismo este perfeccionamiento se lleva a cabo sobre una base estrictamente científica, que garantiza, a la par con el aumento de la productividad, el aumento de los ingresos de los trabajadores, el saneamiento y mejoramiento de las condiciones de trabajo.

La dirección de la economía socialista como tipo específico de actividad laboral, se basa en la utilización consciente de las leyes objetivas en la vida económica y está encaminada a la satisfacción de las exigencias de estas leyes. En esto desempeña un papel esencial la ley económica fundamental del socialismo y la ley del desarrollo planificado de la economía nacional.

En estudios realizados se ha podido constatar que en la explotación de los vehículos no todas sus partes, agregados y piezas están sometidos a los mismos esfuerzos y por ende no sufren el mismo deterioro, desgaste y roturas como los que pueden sufrir otras partes. El chasis, la carrocería, algunos elementos de la transmisión y otros después de determinado recurso, pueden tener un buen estado técnico, no ocurriendo así con el motor que su estado técnico llega a ser



bastante crítico a medida que aumenta su explotación, convirtiéndose en un gran consumidor de combustible.

Desde hace algunos años en Cuba se realiza la remotorización como una alternativa a los grandes problemas que se presentan en el sector del transporte.

La remotorización es el cambio de la fuente energética y de la caja de velocidades de un medio de transporte con el objetivo de extender su vida útil o mejorar sus indicadores económicos o de consumo de combustible sin que varíen sustancialmente los parámetros cinemáticos y dinámicos.

Cabe señalar que en Cuba la práctica de realizar remotorizaciones de muy diferentes tipos en vehículos automotores se ha extendido ampliamente, resolviendo problemas presentados en la producción o los servicios, no obstante esta labor se realiza de forma empírica y operativa, dando a veces buenas soluciones, pero desconociéndose los indicadores definitivos producto de la remotorización.

La **situación problemática** de la investigación la constituye: El camión ZIL 130 presenta como elemento tractivo un motor V 8 y la caja de transmisión del tipo ZIL 130, sin embargo por los años de servicio ambos elementos se han deteriorado. La OEET de Moa ha estado obligada a la búsqueda de nuevas soluciones para enfrentar la continuidad de la economía del país. Dentro de estas soluciones se encuentra la sustitución del motor V 8 por uno Yuchay, lo que conlleva además a la sustitución de la caja de velocidad.

La necesidad de la recuperación del estado técnico del ZIL 130, ha sido imposible por la no disponibilidad de las piezas, agregados e insumos de estos fabricantes, específicamente lo relacionado con la caja de cambio o velocidad y la transmisión hacia las ruedas motrices o diferencian.

El **problema** a investigar lo constituye: Desconocimiento del comportamiento de la caja de transmisión del tipo MAZ-500 de fabricación Soviética, en el sistema de transmisión del automóvil marca ZIL 130.



Como **objeto de la investigación** se establece: Sistema de transmisión del ZIL 130.

Sobre la base del problema a resolver se establece la siguiente **hipótesis**: Si se realiza el cambio de una caja de velocidad del tipo MAZ-500 en un motor del tipo Yuchay, se podrá restablecer satisfactoriamente la transmisión del ZIL 130 e incorporarlo al parque de transportación de la OEET de Moa.

A partir de la hipótesis planteada, se define como **objetivo del trabajo**: Establecer el diseño del sistema de transmisión de la caja MAZ-500 acoplada a un motor del tipo Yuchay para el funcionamiento del ZIL 130.

Y se definen los siguientes **objetivos específicos**:

1. Caracterizar los parámetros de funcionamiento de la caja de velocidad V 8 del ZIL 130, así como la de la caja MAZ-500.
2. Establecer el procedimiento para evaluar la adaptación del tipo de transmisión propuesto en el ZIL 130.
3. Realizar los cálculos de la transmisión para el motor Yuchay y la adaptación de la caja MAZ-500.

Para lograr el cumplimiento del objetivo propuesto, se plantean las siguientes **tareas de trabajo**:

1. Establecimiento del estado del arte y sistematización de los conocimientos y teorías relacionadas con el objeto de estudio.
2. Establecer el sistema técnico de la transmisión de MAZ-500 adaptado al motor Yuchay para el ZIL 130.
3. Selección y evaluación de la factibilidad de la transmisión para la sustitución de la transmisión de diseño.
4. Análisis de los resultados y fundamentación de las pruebas de eficiencia mecánica y capacidad de carga.
5. Análisis de la valoración económica y del impacto ambiental.

# Capítulo 1

## Marco teórico. Antecedentes investigativos



## **CAPÍTULO 1. MARCO TEÓRICO. ANTECEDENTES INVESTIGATIVOS**

### **1.1. Introducción**

Con la denominación de transporte automotor se agrupa al más universal modo de transportación de mercancías y pasajeros del mundo. La generalizada difusión de esta modalidad de transporte desde los inicios del pasado siglo, ha sido una condición indispensable en la vida moderna.

En Cuba, el transporte automotor constituye un eslabón imprescindible para la economía interna, de ahí que el país se trazara importantes estrategias en este sector. En los primeros años de la Revolución Cubana, se adquirieron gran cantidad de vehículos en su mayoría provenientes del extinto campo socialista, y mayormente de la Unión de Repúblicas Socialistas Soviéticas.

#### **Objetivo del capítulo**

Establecer el estado actual relacionado con los mecanismos de transmisión y cajas de velocidades, así como características relacionadas con la transmisión del automóvil ZIL 130 y la transmisión de la caja MAZ-500.

### **1.2. Reparación de automóviles**

De acuerdo a las facilidades que en su momento existieron, los vehículos se llevaban a reparación media o general cuando era preciso, o se sustituían por vehículos nuevos.

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.

Para ejemplificar y llegar a un razonamiento técnico del porqué los motores diesel frecuentemente no cumplen con las expectativas de su vida útil, se estudió el ZIL 130, un vehículo muy difundido en Cuba que se le ha remotorizado con más modelos de motores diesel.

### **1.3. Generalidades acerca 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. Goodyear (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 DelamarreDebouteville (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; Citroén (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/cmz); De Dion Bouton (F), 1895, realiza un motor rápido de 2.000 rpm; Prosper d'Orange (F), 1908, realiza la cámara de precombustión para motores de combustión interna.

#### **1.4. Transmisiones mecánicas**

Se denomina transmisión o mecanismo al conjunto formado por los órganos que se emplean en las maquinas o talleres para transmitir o transformar un tipo de movimiento en otro. Los componentes móviles más empleados en mecanismos son: engranajes, correas, cadenas, tornillos o husillos, acoplamientos de árboles y palancas.

Según Shigle (1983) y Reshetov (1987), se denomina transmisión mecánica a un mecanismo encargado de trasmitir potencia entre dos o más elementos dentro de una máquina. Son parte fundamental de los elementos u órganos de una máquina, muchas veces clasificado como uno de los dos subgrupos fundamentales de éstos elementos de transmisión y elementos de sujeción.

En la gran mayoría de los casos, estas trasmisiones se realizan a través de elementos rotantes, ya que la transmisión de energía por rotación ocupa mucho menos espacio que aquella por traslación.

Dentro de las transmisiones mecánicas, una de las más empleadas son los engranajes, que constituyen un conjunto mecánico compuesto de dos o más ruedas dentadas, cuyos dientes, enlazados entre sí, transmiten un movimiento circular de un árbol a otro. La transmisión se realiza por empuje de un diente a otro, impidiendo el deslizamiento entre las ruedas, lo que permite transmitir grandes potencias.

**Las características más notables de las ruedas dentadas son:**

1. Circunferencias en una rueda dentada.
2. Circunferencia de pie es aquella sobre la que se apoyan los dientes.
3. Circunferencia de cabeza es la que limita el dentado por la parte exterior.

En la figura 1.1 se muestran los elementos que componen una rueda dentada.

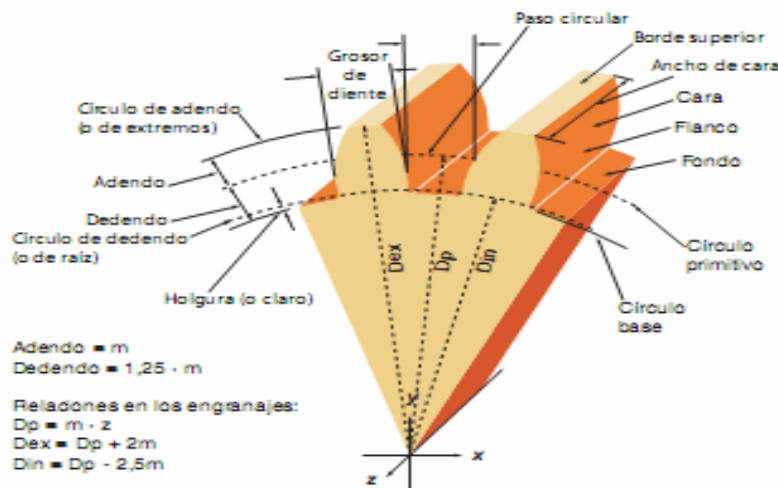


Figura 1.1. Elementos que componen una rueda dentada.

**1.4.1. Tipos de transmisiones**

Debido a la naturaleza del motor de combustión interna de producir potencia utilizable sobre un alcance de velocidad relativamente pequeño, todo automóvil o camión está equipado con una transmisión. La transmisión contiene varios conjuntos de engranajes que ofrecen relaciones variables entre los engranajes activados por el motor y los engranajes que activan al eje de mando eje de tracción. De modo que eligiendo la apropiada relación de engranaje, se puede operar el motor a su velocidad más potente y eficiente. Dentro de los tipos de transmisión tenemos.

En el automóvil el motor delantero y la tracción, sus ruedas delanteras son motrices y directrices y no posee árbol de transmisión. Este sistema es muy empleado en turismos de pequeña y mediana potencia, por otro lado en el motor delantero y propulsión, las ruedas motrices son las traseras, y dispone de árbol de transmisión. Su disposición es algo más compleja, utilizándose en camiones y turismos de grandes potencias.

En el motor trasero y propulsión sus ruedas motrices son las traseras y tampoco posee árbol de transmisión. Este sistema apenas se emplea en la actualidad por problemas de refrigeración del motor. La propulsión doble, utilizada en camiones de gran tonelaje, donde la mayor parte del peso está soportada por las ruedas traseras y mejor repartidas.

Este sistema consiste en colocar dos puentes traseros (A) y (B) motrices evitando así colocar un solo grupo cónico de grandes dimensiones. De esta manera el esfuerzo a transmitir por cada grupo cónico se reduce a la mitad, reduciéndose las dimensiones sobre todo las del par cónico.

#### 1.4.2. Trenes de engranaje

Un tren de engranaje es una sucesión de dos o más ruedas dentadas conectadas. Según la disposición entre ellas, distinguimos varios tipos de trenes como se muestran en la figura 1.2, estos trenes de engranaje en serie, son aquellos en que cada eje tiene solo un engranaje.

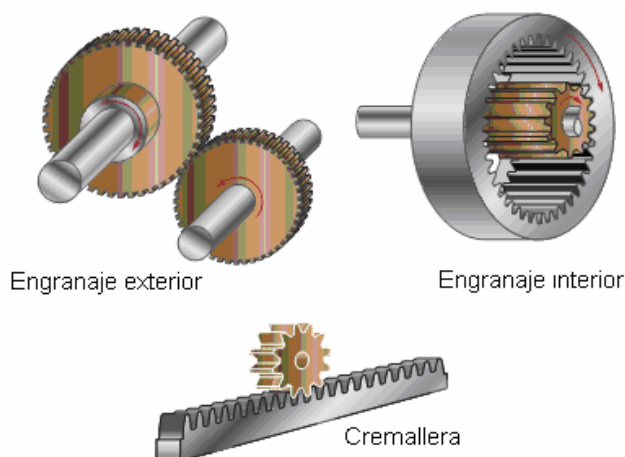


Figura 1.2. Trenes de engranaje.



En correspondencia con lo anteriormente planteado la clasificación de los mismos son:

**Trenes de engranaje en paralelo.** Son aquellos en los que cada eje tiene dos o mas engranajes solidarios entre si.

**Trenes de engranaje serie-paralelo.** Son aquellos en los que se combinan unos en serie y otros en paralelo.

**Trenes de engranaje epicicloidales.** Es una clase de tren de engranajes que tiene extensa aplicación, en el son necesarias dos entradas para obtener una salida. Se utilizan en los cambios automáticos de los vehículos y en la reductora de los motores de arranque modernos.

#### **1.4.3. Elementos del sistema de transmisión**

Plantea Yuchai Motor, S.A (2005) que para describir los elementos de transmisión, se considera un vehículo con motor delantero y propulsión ya que en este el montaje emplea todos los elementos del sistema de transmisión:

**Embrague:** tiene como misión acoplar o desacoplar, a voluntad del conductor, el movimiento del motor al resto del sistema de transmisión.

**Caja de velocidades:** es la encargada de aumentar, mantener o disminuir la relación de transmisión entre el cigüeñal y las ruedas, en función de las necesidades, con la finalidad de aprovechar al máximo la potencia del motor.

**Árbol de transmisión:** transmite el movimiento de la caja de velocidades al conjunto par cónico-diferencial.

**Mecanismo par-cónico diferencial:** mantiene constante la suma de las velocidades que llevan las ruedas motrices antes de tomar la curva. Desmultiplica constantemente las vueltas del árbol de transmisión en las ruedas motrices y convierte el giro longitudinal de éste, en giro transversal en las ruedas.

**Juntas de transmisión:** las juntas se utilizan para unir elementos de transmisión y permitir variaciones de longitud y posiciones.

**Semiárboles de transmisión (palieres):** son los encargados de transmitir el movimiento del grupo cónico-diferencial hasta las ruedas motrices, cuando el sistema carece de árbol de transmisión.

### 1.5. Cajas de cambios

Ariaspaz (1999) y Caouse (2002) plantean que una transmisión manual es una caja de cambios que no puede alterar la relación de cambio por sí sola, sino que el conductor debe hacerlo. Por lo tanto, se diferencia de una transmisión automática en que ésta sí puede cambiar de marcha. En la figura 1.3 se muestra una caja de cambios con sus diferentes partes.

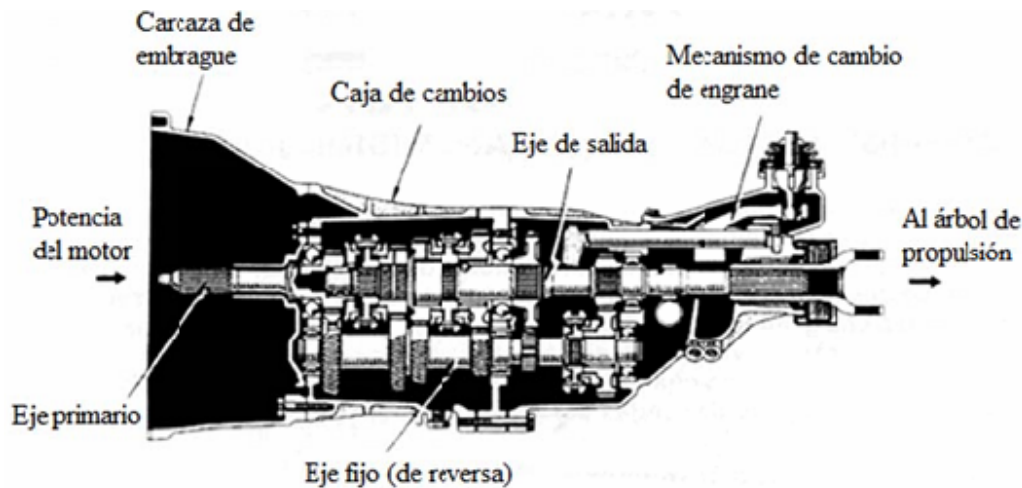


Figura 1.3. Caja de cambios mecánica.

Antiguamente, un automóvil con caja de cambios automática solía tener peores prestaciones y consumos que uno con caja de cambios manual. En la actualidad, algunos tipos de cajas de cambios automáticos han logrado valores de consumo destacados, sin embargo las cajas automáticas con convertidor de par no superan la velocidad del pasaje de cambios de una caja mecánica manual.

A lo largo de la década de los 1980, los modelos de automóviles pasaron a incorporar cajas manuales de cinco cambios - en la década de los 1990, sólo los automóviles de bajo costo o del segmento A tenían cajas de cuatro marchas. En la última década, los modelos de alta gama, en particular aquellos con motor diesel, pasaron a incorporar una sexta marcha, para poder circular en autopista con el motor a bajo régimen, y por lo tanto con consumos menores.



Los camiones pesados y Tractocamiones son los mayores usuarios de este tipo de transmisión debido a su eficiencia de arranque para cargar o arrastrar un peso a determinada velocidad, acompañado de apoyos como lo son un motor eléctrico junto a un convertidor de par denominado Dual, así como un freno motor que puede evitar un daño a la transmisión a la hora de una parada brusca.

En autobuses Interurbanos esta transmisión es usada en relación igualitaria a los camiones, aunque en algunos autobuses urbanos todavía se pueden ver transmisiones manuales de tipo Sincronizado las cuales no requieren de un dispositivo de dual, conservando la misma manera de engranar las relaciones de velocidad similares a las de un Auto común, algunos modelos de autobuses deben usar el dispositivo dual debido a la cobertura de rutas con topografía difícil, así mismo otros debido al diseño del motor y transmisión pueden prescindir de usar el dispositivo de Dual

#### **1.5.1. Principios de la caja de velocidades**

Según Font y Dols (2001) la misión de la caja de cambios es convertir el par motor, es un convertidor o transformador de par. Un vehículo avanza cuando vence una serie de fuerzas que se oponen a su movimiento y que constituyen el par resistente. El par motor y el resistente son opuestos.

La función de la caja de cambios consiste en variar el par motor entre el motor y las ruedas, según la importancia del par resistente, con la particularidad de poder intervenir en todo momento y conseguir el desplazamiento del vehículo en las mejores condiciones.

#### **1.5.2. Tipos de caja de cambio de velocidades**

Los autores Padrón y Ávila (2010) hacen una clasificación de las cajas de velocidades, donde se destacan las cajas de cambios manuales, que son las utilizadas en la mayoría de los automóviles de serie, por su sencillez y economía. Es accionado manualmente mediante una palanca de cambio, de la cuales se pueden considerar tres partes fundamentales en su constitución:



**Caja o cárter:** donde van montadas las combinaciones de ejes y engranajes, este tipo de caja para su adecuado funcionamiento requiere de aceite altamente viscoso (SAE 80: valvulinas).

**Tren de engranajes:** conjunto de ejes y piñones para la transmisión del movimiento. Mando del cambio: mecanismo que sirve para seleccionar la marcha adecuada. Estudiamos tres tipos de cajas de cambio manuales:

Otro tipo de clasificación está relacionado con la caja manual de toma variable desplazable, que son actualmente las cajas de velocidades de toma variable apenas se usan, pues han sido desplazadas por las de toma constante, que presentan los engranajes tallados con dientes helicoidales, permitiendo que los piñones del eje primario o intermediario y secundario estén siempre en contacto.

Las de toma variable, al ser los dientes rectos, tienen más desgaste y producen más ruido. La palanca tiene tantas posiciones como velocidades, más la denominada de punto muerto.

Este tipo de caja está formada por una carcasa, dentro de la cual hay tres ejes principales; el primario, es el que recibe el movimiento del motor a través del embrague mediante un estriado que lleva en su extremo; el intermediario, es el que está formado por una serie de piñones, de diámetro cada vez más pequeños, que están fijos a dicho eje; el secundario, se monta a continuación del primario y se apoya en éste.

Sobre el secundario van montados otra serie de piñones que se pueden desplazar a lo largo de unas estrías, pero que giran con él, su tamaño es de menor a mayor diámetro, además presenta un eje con su piñón acoplado al más pequeño del intermediario para la marcha atrás (inversor de marcha). En este mecanismo, los piñones del secundario se desplazan sobre las ranuras mediante unas horquillas que maneja el conductor con la palanca de cambio.

### **1.5.3. Caja de cambios manual de toma constante normal silenciosa**

Considera Gerschler (1965) que éste tipo de montaje es el que nos permite la utilización de piñones helicoidales.

Los piñones helicoidales se caracterizan por la imposibilidad de ser engranados estando en movimiento, es preciso, por lo tanto, que estén en toma constante.

Al existir distintas relaciones de engranajes es necesario que los piñones del árbol secundario giren libres sobre dicho árbol. Al ser una necesidad el girar libres los piñones en el árbol secundario, para realizar la transmisión es preciso fijar el piñón correspondiente con el árbol secundario.

La caja de cambios, como se muestra en la 1.4 y 1.5 es un conjunto de elementos, que trabajan de manera continua como uno solo, se encuentran dentro de una carcasa que contiene los engranajes, ejes, varillajes, sistemas de enclavamiento.



Figura 1.4. Caja de cambios.



Figura 1.5. Disposición de los ejes.

#### 1.5.4. Funcionamiento de la caja de velocidad

Cárdenas y Pérez (2005) consideran que el funcionamiento de la caja de velocidad está en dependencia de la cantidad de ejes y ruedas dentadas que la misma posea, de esta manera para las velocidades intermedias de 1ª, 2ª y 3ª, al dirigir los bujes desplazables hacia los piñones correspondientes a dichas velocidades del árbol secundario. Para la toma directa, al dirigir el buje hacia el piñón del árbol primario; para la marcha atrás se desplaza el piñón inversor de dientes rectos.

La caja de cambios manuales de toma constante simplificada sincronizada es muy empleada en la actualidad, ya que hay gran cantidad de vehículos de tracción delantera. Las tracciones delanteras se emplean por su sencillez mecánica y su economía de elementos (no tienen árbol de transmisión).

#### 1.6. Árbol de transmisión

La misión del árbol de transmisión figura 1.6, es la de transmitir el movimiento giratorio desde el secundario de la caja de velocidades al diferencial, situado en el puente motriz. Se utiliza, lógicamente, en el caso de motor delantero y propulsión.





Figura 1.6. Árbol de transmisión.

Plantea Betancourt (2004) que está constituido por una pieza alargada y cilíndrica, que va unida por uno de los extremos al secundario de la caja de cambios y por el otro al piñón del grupo cónico. Es un eje articulado ya que debe permitir el esfuerzo y el movimiento de torsión con las oscilaciones de la suspensión.

Se fabrica en acero con alto coeficiente de elasticidad para compensar los esfuerzos mencionados anteriormente y para las oscilaciones. En cada extremo del árbol de transmisión se colocan juntas universales.

Las juntas universales permiten la subida y bajada de la rueda por flexión de la ballesta. El puente trasero describe un arco determinado por la longitud de las ballestas desde su punto fijo. El árbol de transmisión se desplaza según un arco diferente. Esto se consigue con un acoplamiento deslizante que permitan variaciones en la longitud del árbol de transmisión y distintas posiciones angulares.

López (2006) considera que estos acoplamientos se pueden clasificar de diferentes formas, donde los más comunes son: árboles de transmisión con junta deslizante telescópica y con juntas universales que pueden ser: elásticas, de cardán, de homocinéticas y con árbol de transmisión con junta deslizante telescópica.

### 1.6.1. Elementos de la transmisión

Para lograr el sistema de transmisión y puesta en marcha del automóvil según criterios de Szczepaniak (1994), la transmisión del movimiento entre el cigüeñal y el árbol de levas puede realizarse de tres formas distintas;

- ✓ **Por rueda dentada:** Consiste en comunicar el movimiento a través de unos piñones o ruedas dentadas. En principio se acopla una rueda dentada al

cigüeñal y otra al árbol de levas las cuales engranan entre sí transmitiendo el movimiento. En caso de existir una distancia considerable entre ambas se intercala otra rueda dentada entre medias. Este sistema se encuentra en desuso debido al elevado ruido que produce y al gran peso de los piñones que disminuyen la eficacia del motor.

- ✓ **Por cadena:** Consiste en realizar la transmisión del movimiento a través de una cadena que engrana en dos piñones situados en el cigüeñal y en el árbol de levas. Este sistema, más empleado que el anterior, también ha quedado prácticamente en desuso, ya que es muy ruidoso. Aunque plantea la ventaja de no necesitar mantenimiento.
- ✓ **Por correa dentada:** Es el sistema más empleado en la actualidad ya que evita los inconvenientes de los otros sistemas, reduciendo considerablemente el ruido y el excesivo peso. Consta de una correa dentada la cual se encarga de transmitir el movimiento. Construida a base de caucho y poliamida con un entramado metálico en su interior. Plantea el inconveniente que hay que sustituirla a un determinado número de kilómetros. Por lo tanto el riesgo de rotura es mayor que en los dos casos anteriores.

### 1.7. Motor de combustión interna

El motor Diesel (figura 1.7) llamado así en honor del ingeniero alemán Rudolf Diesel, funciona con un principio diferente y suele consumir gasóleo. Se emplea en instalaciones generadoras de electricidad, en sistemas de propulsión naval, en camiones, autobuses y automóviles. Tanto los motores Otto como los diesel se fabrican en modelos de dos y cuatro tiempos.



Figura 1.7. Motor de combustión interna.



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, se lograron 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.

La constante investigación sobre el mejoramiento del rendimiento de estos dos motores (carburación y Diesel) fue llevándolos a aumentar la relación de compresión y a bajar el volumen y consumo. Todas estas características variaron en forma considerable, obteniendo mayor potencia por litro de combustible quemado (Pálmer, 2006).

#### **1.7.1. Partes de un 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, mas tarde se pierde potencia.
- ✓ **Volante:** Pesado volante fijado al cigüeñal para coordinar el movimiento de los cilindros individuales.

### **1.7.2. Partes móviles y partes fijas del motor**

Los autores Nichols (2002); Casado y García (2002) 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, aquí



también 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.

Según Alonso (2000), en 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 1/2 vuelta, válvula de admisión abierta, segunda ½ 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 1/2vuelta.

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 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 720° o sea 2 vueltas completas donde se cumplen los 4 tiempos del ciclo, los cuales se resumen en la admisión, la compresión, la fuerza y el escape (López y Sanfort, 2001).



### **1.8. Conclusiones del capítulo 1**

- ❖ Los automóviles Zil130 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.
- ❖ Se pudo determinar que la función de la caja de cambios es convertir el par motor, ya que el automóvil avanza cuando vence una serie de fuerzas que se oponen a su movimiento y que constituyen el par resistente.
- ❖ 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.

## Capítulo 2

### Materiales y métodos



## **CAPÍTULO 2. MATERIALES Y MÉTODOS**

### **2.1. Introducción**

El sistema de transmisión es el conjunto de elementos que tiene la misión de hacer llegar el giro del motor hasta las ruedas motrices. Con este sistema también se consigue variar la relación de transmisión entre el cigüeñal y las ruedas. Esta relación se varía en función de las circunstancias del momento (carga transportada y el trazado de la calzada). Según como intervenga la relación de transmisión, el eje de salida de la caja de velocidades (eje secundario), puede girar a las mismas revoluciones, a más o a menos que el cigüeñal.

#### **En este capítulo se plantea como objetivo:**

1. Fundamentar las propiedades a investigar y explicar los métodos, procedimientos y condiciones en la que se realizarán los experimentos.

### **2.2. Cálculo cinemático de la caja de velocidad**

El movimiento de las ruedas del automóvil por la superficie es provocado por la aplicación sobre ellas de un torque o por la aplicación de una fuerza en el eje, paralela a la superficie del camino.

En los automóviles es necesario disponer de un conjunto de mecanismos que transmitan el movimiento proporcionado por el motor hasta las partes móviles (ruedas, ejes). Los automóviles incorporan un sistema de embrague y una caja de cambios para transmitir el movimiento proporcionado por el motor.

#### **2.2.1. Velocidad del árbol del motor**

El cigüeñal es una de las partes básicas del motor de un coche. A través de él se puede convertir el movimiento lineal de los émbolos en uno rotativo, lo que supone algo muy importante para desarrollar la tracción final a base de ruedas, además de recibir todos los impulsos irregulares que proporcionan los pistones, para después convertirlos en un giro que ya es regular y equilibrado, unificando toda la energía mecánica que se acumulan en cada una de las combustiones, los cálculos realizados son para una velocidad promedio de 2 500 rev/min

Por lo que adoptamos la siguiente ecuación





$$W_m = \frac{2\pi \cdot n}{60} \quad (2.1)$$

**Donde:**

$W_m$  - Velocidad angular del árbol del cigüeñal del motor; rad/s

$n$  - revoluciones por minutos; rev/mi

60 - Factor de conversión a segundo; s

### 2.2.2. Velocidad angular del embrague

La función del embrague es acoplar y desacoplar, a voluntad del conductor, el giro del motor de la caja de cambios. Debe transmitir el movimiento de una forma suave y progresiva, sin que se produzcan tirones que puedan producir roturas en algunos elementos del sistema de transmisión.

$$W_{emb} = \frac{W_m}{i_{emb}} \quad (2.2)$$

**Donde:**

$W_{emb}$  - Velocidad angular del embrague; rad/s

$i_{emb}$  - Relación de transmisión entre el embrague y el motor a la salida.

### 2.2.3. Velocidad de salida de la caja de cambio para ambas velocidades

Es la encargada de aumentar, mantener o disminuir la relación de transmisión entre el cigüeñal y las ruedas, en función de las necesidades, con la finalidad de aprovechar al máximo la potencia del motor.

$$W_{cc1} = \frac{W_m}{i_{cc1}} \quad (2.3)$$

**Donde:**

$W_{CC1,2,3,4,5}$  - Velocidad angular de salida para cada cambio en la caja.

### 2.2.4. Velocidad angular de la barra en la entrada del diferencial

Transmite el movimiento de la caja de velocidades al conjunto par cónico-diferencial. Está constituido por una pieza alargada y cilíndrica, que va unida por uno de los extremos al secundario de la caja de cambios, y por el otro al piñón del grupo cónico. Es la misma velocidad que sale a través del sistema y que permite el movimiento hasta la entrada de la barra de transmisión.



$$W_{bt} = \frac{W_{cc}}{i_{cc-bt}} \quad (2.4)$$

**Donde:**

$W_{bt}$  = Velocidad angular de la barra de transmisión; rad/s

$i_{ccbt}$  = Relación de transmisión de la caja de cambios y la barra de transmisión.

### 2.2.5. Velocidad angular de salida del diferencial

Mantiene constante la suma de las velocidades que llevan las ruedas motrices antes de tomar la curva.

Desmultiplica constantemente las vueltas del árbol de transmisión en las ruedas motrices y convierte el giro longitudinal de éste, en giro transversal en las ruedas.

$$W_{dif} = \frac{W_{bt.1}}{i_{d.bt}} \quad (2.5)$$

**Donde:**

$W_{dif}$  = Velocidad angular del diferencial

$W_{bt.1}$  = Velocidad angular de la barra de transmisión.

$i_{d.bt}$  = Relación de transmisión del diferencial y la barra de transmisión.

### 2.2.6. Velocidad angular de la rueda motriz

Es la velocidad que permite el movimiento desde los muñones del diferencial al sistema de ruedas del automóvil, en otras palabras es la relación que permite el desplazamiento del carro sobre el terreno.

$$W_{r.m} = \frac{W_{dif}}{i_{d.rm}} \quad (2.6)$$

**Donde:**

$W_{rm}$  - Velocidad angular de la rueda motriz.

$W_{dif}$  - Velocidad angular del diferencial.

$i_{d.rm}$  - Relación de transmisión del diferencial y las rev del motor.



### 2.2.7. Velocidad tangencial

Es aproximadamente igual a la velocidad de traslación del automóvil cuando no hay patinaje.

$$V = W_{r.m} \cdot r_r \quad (2.7)$$

**Donde:**

V - Velocidad tangencial; m/s

$W_{r.m}$  - Velocidad angular de la rueda motriz

$r_r$  - Radio de la rueda; m

### 2.2.8. Relación de transmisión total

Es la relación total que incluye todas las relaciones de los elementos de transmisión como son: caja de velocidad, barra de transmisión y diferencial.

$$i_t = \frac{W_m}{W_{r.m}} \quad (2.8)$$

**Donde:**

$i_t$  = Relación de transmisión total

## 2.3. Determinación del efecto dinámico

Se tiene en cuenta para determinar la potencia y el momento torsor que surge desde el motor hasta la rueda motriz. Al analizar la dinámica de las ruedas del automóvil encontramos diferentes casos, atendiendo a las condiciones de rigidez de la rueda y el camino. Teniendo en cuenta que los automóviles, independientemente de su destino, se mueven por vía generalmente pavimentadas, es decir, por caminos relativamente rígidos en comparación con las ruedas de los mismos.

### 2.3.1. Momento del motor

Es el momento necesario que necesita el motor para su puesta en funcionamiento, el momento del motor va a estar dado en la capacidad del torque que entrega a la caja de transmisión a la salida del movimiento, así como a todos los demás elementos de la transmisión.



$$M_m = \frac{N_m}{W_m} \quad (2.9)$$

**Donde:**

$M_m$  - Momento del motor, N/m

$N_m$  - Potencia del motor; W

### 2.3.2. Potencia en el embrague

Se tiene en cuenta las pérdidas que existe en el embrague y determina su resistencia a los cambios de velocidades.

$$N_{emb} = N_m \cdot \eta_{emb} \quad (2.10)$$

**Donde:**

$N_{emb}$  - Potencia del embrague; kW

$\eta$  - Rendimiento.

### 2.3.3. Momento del embrague

Permite determinar el momento torsor que realiza el embrague, este aprovecha la potencia del motor, se debe tener en cuenta que en todos los sistemas de transmisión siempre existen pérdidas.

$$M_{emb} = \frac{N_{emb}}{W_{emb}} \quad (2.11)$$

**Donde:**

$M_{emb}$  - Momento del embrague.

### 2.3.4. Potencia en la caja de transmisión

Es aquella potencia que va a ser generada desde el motor. La conexión cinemática entre el motor y la caja de cambios se realiza mediante el embrague, donde perderá al entregarle a la caja de transmisión.

$$N_{CC} = N_{EMB} \cdot \eta_{CC} \quad (2.12)$$

**Donde:**

$N_{CC}$  - Potencia en la caja de cambios.

$N_{EMB}$  - Potencia en el embrague.

$\eta_{CC}$  - Eficiencia en la caja de cambio.



### 2.3.5. Potencia en la barra de transmisión

Es aquella potencia que se genera desde el motor y que se distribuye a través de la caja de velocidad y de esta a su vez a la barra de transmisión, de donde se genera el momento motriz hacia las ruedas del automóvil.

$$N_{bt} = N_{cc} \cdot \eta_{bt} \quad (2.13)$$

**Donde:**

$N_{bt}$  - Potencia de la barra de transmisión.

$N_{cc}$  - Potencia de la caja de cambio

$\eta_{bt}$  - Rendimiento de la barra de transmisión.

### 2.3.6. Momento en la barra de transmisión

Relación de fuerza que presenta la barra en relación a la salida de movimiento a los otros órganos que generan el movimiento en la transmisión.

$$M_{bt} = \frac{N_{bt}}{W_{bt}} \quad (2.14)$$

**Donde:**

$M_{bt}$  - Momento en la barra de transmisión.

### 2.3.7. Potencia de salida del diferencial

Fuerza entregada por el diferencial a través de los ejes a la rueda motriz, la capacidad de tracción de los automóviles se mide por la cantidad de diferenciales que este tenga.

$$N_d = N_{bt} \cdot \eta_d \quad (2.15)$$

**Donde:**

$N_d$  - Potencia del diferencial.

$\eta_d$  - Rendimiento del diferencial.

### 2.3.8. Momento que desarrolla el diferencial

Potencia necesaria que debe desarrollar el diferencial para entregar movimiento de fuerza a los órganos motrices.

$$M_d = \frac{N_d}{W_d} \quad (2.16)$$



$M_d$  - Momento del diferencial.

### 2.3.9. Potencia desarrollada por la rueda motriz

El torque surgido en la rueda motriz hace surgir en su periferia una fuerza tangencial denominada fuerza tractiva. Actúa sobre el camino provocando en el una reacción dirigida de acuerdo a la dirección del movimiento de la rueda. Esta reacción es necesaria para provocar el movimiento de la rueda.

$$N_r = N_d \cdot \eta_r \quad (2.17)$$

$N_r$  = Potencia de la rueda.

$\eta_r$  = Rendimiento de la rueda.

#### - Momento que desarrolla la rueda motriz

Es el momento de la rueda según las condiciones del terreno por el que transitará.

$$M_r = \frac{N_r}{W_r} \quad (2.18)$$

$$W_r = \frac{W_m}{i_t} \quad (2.19)$$

### 2.4. Relación de áreas

Debido a que el acople del embrague tiene que ser el adecuado se toman en cuenta las siguientes relaciones de áreas, para su cálculo se usa la formula de área de una corona circular:

$$A = \pi(r_{exterior}^2 - r_{interior}^2) \quad (2.20)$$

**Donde:**

$A$  - Área, mm<sup>2</sup>

$r$  - Radio exterior e interior, mm

Luego de calcular las áreas se realiza la relación entre el disco de fricción y el volante motor.

$$R_A = \frac{A_{disco\ de\ fricción}}{A_{volante\ del\ motor}} \quad (2.21)$$

**Donde:**

$R_A$  – Relación de áreas entre el disco de fricción y el volante del motor.



$A_{\text{disco de fricción}}$  – Área de rozamiento del disco de fricción.

$A_{\text{volante del motor}}$  – Área de rozamiento del volante del motor.

Y finalmente la relación más importante que la del disco de fricción contra el plato de presión.

$$R_B = \frac{A_{\text{disco de fricción}}}{A_{\text{plato de presión}}} \quad (2.22)$$

**Donde:**

$R_B$  – Relación de áreas entre el disco de fricción y el plato de presión

$A_{\text{disco de fricción}}$  – Área de rozamiento del disco de fricción

$A_{\text{plato de presión}}$  - Área de rozamiento del plato de presión

## 2.5. Diagnóstico de la caja de velocidad

El motor de combustión interna alternativo, necesita un régimen de giro suficiente (entre un 30 % y un 40 % de las rev/min máximas) para proporcionar un par motor capaz de iniciar el movimiento del vehículo y mantenerlo luego. Aún así, hay que reducir las revoluciones del motor en una medida suficiente para tener el par suficiente; es decir si el par requerido en las ruedas es 10 veces el que proporciona el motor, hay que reducir 10 veces el régimen.

Esto se logra mediante las diferentes relaciones de desmultiplicación obtenidas en el cambio, más la del grupo de salida en el diferencial. El sistema de transmisión proporciona las diferentes relaciones de engranajes, de tal forma que la misma velocidad de giro del cigüeñal puede convertirse en distintas velocidades de giro en las ruedas. El resultado en la ruedas de tracción es la disminución de velocidad de giro con respecto al motor, y el aumento en la misma medida del par motor.

El diagnóstico se realiza para detectar cual de las dos cajas de cambios que se propone es mas factible en las condiciones para un cambio de motor, de gasolina a diesel para evitar posibles fallas antes que se desarrolle y conviertan en averías. Este tiene como objetivo:



1. Mediante la metodología de cálculo propuesta se determinará cual de las dos cajas es la indicada para soportar las propiedades mecánicas que ofrece el motor yuchai.
2. Se revisará y reemplazar los elementos deteriorados de la caja que se proponga y a la vez sustituirlos por piezas que estén en buen estado o nuevas.

Para asegurarnos del buen funcionamiento de la caja de cambios se realizó su mantenimiento, desarmándola y procediendo con el reemplazo de algunos rodamientos, retenes y sincronizadores, los cuales son partes fundamentales para que la caja de cambios tenga un buen desempeño, los elementos reemplazados en la caja aparecen relacionados en la tabla 2.1

Tabla 2.1. Elementos reemplazados en la caja de velocidad.

Pieza	cantidad
Rodamiento de bolas, eje velocidad	1
Rodamiento, eje de mando	1
Aceite	6
Disco de embrague	1
Plato opresor	1
Rodamiento collarín	1





## **2.6. Conclusiones del capítulo 2**

- ❖ Al realizar el diagnóstico de la caja que se propone del Modelo MAZ-500 de la base de transporte de Moa, se pudo comprobar que las piezas que componen el mecanismo del mismo están desgastadas y que las causas detectadas invalidan el funcionamiento de la misma.
- ❖ Mediante la metodología de cálculo cinemática y dinámico de la transmisión en la caja de velocidad, se compara la relación que existe entre las dos cajas, la que presentaba al ocurrir el fallo en el automóvil y la que se propone. Con lo cual nos permitirá determinar las condiciones normales de tracción del V 8 Modelo ZIL 130.
- ❖ Para que el acople del embrague sea el adecuado se tomaron en cuenta las diferentes relaciones de áreas, para su cálculo se usó la fórmula de área de una corona circular.

## Capítulo 3

### Análisis de los resultados



## **CAPÍTULO 3. ANÁLISIS DE LOS RESULTADOS**

### **3.1. Introducción**

La transmisión o caja de velocidades es un elemento del mecanismo de los automóviles que funciona como conector entre la fuerza del motor y las ruedas. En estas cajas existen por lo menos tres velocidades y una reversa, aunque esto depende de la marca, el tipo, y el modelo del automóvil. La función que una caja desempeña dentro de un automóvil es la de aligerar el esfuerzo del motor una vez que ya está en movimiento. Esta aprovecha la inercia y la velocidad que el auto ya lleva y simplifica el avance haciéndolo más veloz pero con menor esfuerzo para el motor.

El objetivo del capítulo es realizar el análisis de la transmisión de la caja de velocidad del V8 Modelo ZIL-130 y de la caja del MAZ-500.

### **3.2. Análisis del proceso de ensamblaje de la caja de velocidad**

El estado técnico del sistema de transmisión de potencia, se le realizaron algunos cambios, ya que eran desfavorables algunas piezas que presentaba. Para la recuperación del sistema de transmisión de potencia 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:

- Ruido excesivo y desarreglos en la caja de velocidades y diferencial trasero.

Para evitar los defectos mencionados anteriormente y preparar técnicamente al personal que debe realizar las operaciones de mantenimiento en el sistema de transmisión del V 8 Modelo ZIL-130.

La disposición de los elementos del sistema de transmisión dependerá de la situación relativa que exista entre el motor y las ruedas motrices todos estos elementos con misiones específicas, dentro del sistema de transmisión o cadena cinemática. En la figura 3.1 se establece el sistema de arme de la caja de velocidad a través del despiece de la misma.

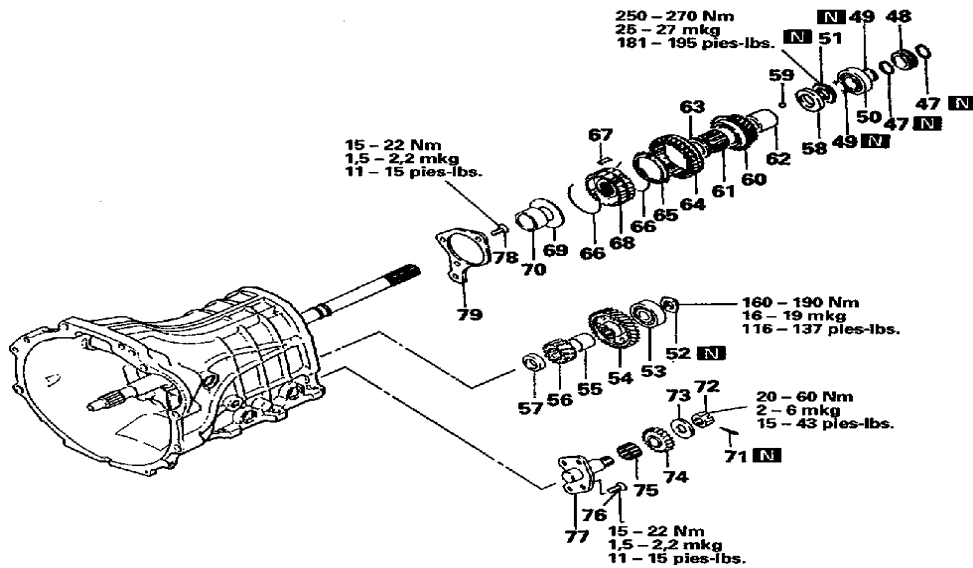


Figura 3.1. Despiece para el arme del conjunto de la caja de velocidad.

### 3.2.1. Pasos del armado de la caja de velocidad

El conjunto que aparece a continuación permite el fácil arme de la caja de velocidad.

47. Aro de resorte
48. Engranaje impulsor del velocímetro
49. Aro de resorte
50. Cojinete trasero del eje principal. Tuerca de seguridad del eje principal
52. Tuerca de seguridad del eje de contra marcha
53. Cojinete trasero del eje de contramarcha
54. Engranaje de sobre marcha del eje de contramarcha
55. Espaciador
56. Engranaje de marcha atrás del eje de contramarcha
57. Espaciador
58. Espaciador
59. Bola de acero
60. Engranaje de sobre marcha
61. Cojinete de agujas OO
62. Camisa del cojinete
63. Espaciador del cojinete
64. Camisa del sincronizador de sobre marcha marcha atrás



65. Aro sincronizador de sobre marcha
66. Resorte de sincronizador de sobre marcha - marcha atrás
67. Curia de sincronizador de sobre marcha -marcha atrás
68. Cubo sincronizador de sobre marcha -marcha atrás
69. Placa de retención
70. Espaciador
71. Chaveta
72. Tuerca ranurada
73. Arandela de empuje
74. Engranaje loco de marcha atrás
75. Cojinete de agujas
76. Perno
77. Eje del engranaje loco de marcha atrás
78. Perno
79. Reten del cojinete trasero.

### **3.2.2. Parámetros establecidos para el ensamble de la caja**

Para realizar el ensamble de la caja se tendrán en cuenta las especificaciones técnicas del fabricante, las diferentes medidas entre elementos, es de vital importancia mantener las especificaciones de tolerancia dada por el fabricante. El cumplimiento de estas normas por parte del personal técnico garantizará en gran medida que las piezas cambiadas trabajen adecuadamente y no exista desgaste o juego axial entre las holguras estandarizadas.

### **3.2.3. Fregado de todas las piezas que conforman la caja de transmisión**

Se hace con el objetivo de eliminar toda grasa y suciedades que puedan quedar impregnadas en las piezas del automóvil, estas constituyen elementos abrasivos que atentan con el funcionamiento del motor

- ✓ Usar diesel y flotar con un trapo libre de partículas.
- ✓ Fregar con detergente líquido.
- ✓ Desaguar con agua a presión.
- ✓ Secado con un trapo limpio.
- ✓ Dejar expuesto al sol hasta el secado total.



- ✓ Cubrir toda la superficie con grasa sólida para prevenir la corrosión.

### 3.3. Análisis de la metodología de cálculo

En los cálculos que se realizaron se tuvieron en cuenta solamente los parámetros del automóvil sin estar sometido a ningún tipo de carga ni apoyo.

#### 3.3.1 Análisis de velocidad del árbol del motor

Para determinar la velocidad del motor, como se expresó en el capítulo anterior, la velocidad máxima que admite el motor es de 2800 rev/min, admitimos una velocidad media de 2 500 rev/min. Sustituyendo en la ecuación 2.1

$$W_m = \frac{2\pi \cdot 2500}{60}$$

$$W_m = 261,66 \text{ rad/s}$$

Como rapidez del motor se entiende el valor de velocidad angular del árbol del cigüeñal motor para la cual se obtiene la potencia máxima. Mientras mayor sea la velocidad angular el motor tendrá menores dimensiones y al mismo tiempo será más ligero. Para el ZIL-130, con esta velocidad hubiese tenido un desgaste acelerado de las piezas del mismo. Por lo que esta velocidad es admisible en las condiciones de adaptación según el motor seleccionado.

#### 3.3.2. Análisis de la velocidad angular del embrague

- El movimiento de giro necesario para poner en movimiento el vehículo es transmitido a las ruedas por medio de un conjunto de mecanismos desde el motor. Es imprescindible acoplar un mecanismo capaz de interrumpir o conectar suavemente la transmisión de movimiento entre el motor y las ruedas. Cambiar de marcha o velocidad implica desconectar el motor del propio cambio durante un mínimo instante. El mecanismo que permite esto en las cajas mecánicas es el embrague. Para el caso que se analiza tendremos estas mismas características. Por la ecuación 2.2

$$W_{emb} = \frac{261,66}{1}$$

$$W_{emb} = 261,66 \text{ rad/s}$$

La velocidad angular del embrague es igual a la velocidad angular del motor, ya que la relación de transmisión existente es 1.

### 3.3.3. Análisis de la velocidad de salida de la caja de cambio para todas las velocidades

Se realiza el cálculo para las diferentes salidas de la caja de velocidad, como existe 5 velocidades marcha adelante y una marcha atrás se establecerán los cálculos según la ecuación 2.3, esto se realizó para ambas cajas.

Las relaciones de transmisión se calculan mediante el número de dientes de los engranes en contacto (figuras 3.1).

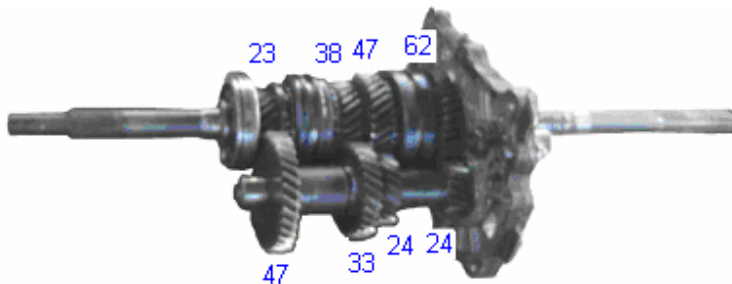


Figura 3.1. Números de dientes de la caja de velocidad.

#### Primera velocidad para ambas cajas.

En la figura 3.2 aparece la disposición de las ruedas dentadas para la primera velocidad.

$$W_{cc_{1-R}} = \frac{261,66}{3,75} = 69,776 \text{ rad / s ; para la primera velocidad del V-8}$$

$$W_{cc_{1-R}} = \frac{261,66}{2,58} = 101,4 \text{ rad / s ; para la primera velocidad del MAZ-500}$$



Figura 3.2. Disposición de la primera marcha en la caja de velocidad.

#### Para la segunda velocidad

La figura 3.3 muestra la disposición de las ruedas para la segunda velocidad.

$$W_{cc_2} = \frac{261,66}{2,1} = 124,6 \text{ rad / s ; para la segunda velocidad del V-8}$$

$$W_{cc_2} = \frac{261,66}{2,13} = 122,8 \text{ rad / s ; para la segunda velocidad del MAZ-500}$$

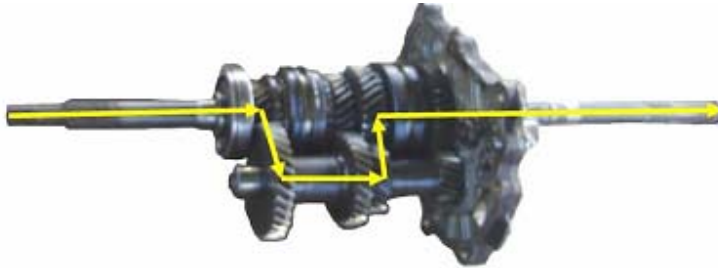


Figura 3.3. Disposición de la segunda marcha en la caja de velocidad.

La disposición de las ruedas para la tercera velocidad se recoge en la figura 3.4

$$W_{cc_3} = \frac{261,66}{1,06} = 246,8 \text{ rad / s ; Para la tercera velocidad del V-8.}$$

$$W_{cc_3} = \frac{261,66}{1,15} = 227,5 \text{ rad / s ; Para la tercera velocidad del MAZ-500.}$$

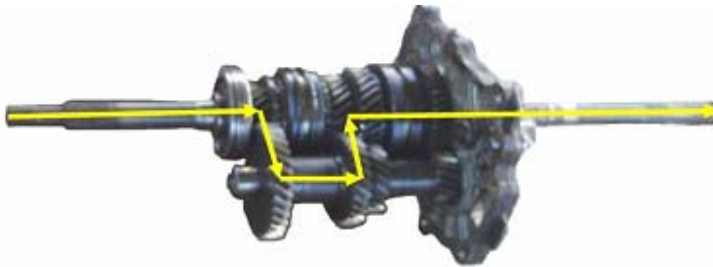


Figura 3.4. Disposición de la tercera marcha en la caja de velocidad.

La cuarta marcha se ilustra en la figura 3.5.

$$W_{cc_4} = \frac{261,66}{0,70} = 373,8 \text{ rad / s ; Para la cuarta velocidad del V-8.}$$

$$W_{cc_4} = \frac{261,66}{0,73} = 358,4 \text{ rad / s ; Para la cuarta velocidad del MAZ-500.}$$



Figura 3.5. Disposición de la cuarta marcha en la caja de velocidad.



La relación de transmisión de cuarta es directa, es decir por cada vuelta que da el eje de entrada el eje de salida da 1 vuelta, eso es debido a que el engrane de cuarta se da cuando el selector externo de tercera y cuarta hace que el eje de entrada (primario) y de salida (secundario) sean solidarios.

#### - Quinta velocidad

$$W_{cc\ 5} = \frac{261,66}{0,58} = 451,13 \text{ rad / s ; Para la quinta velocidad del V-8.}$$

$$W_{cc\ 5} = \frac{261,66}{0,48} = 545,12 \text{ rad / s ; Para la quinta velocidad del MAZ-500.}$$

Al analizar las seis salidas de las velocidades de la caja de cambios, se puede apreciar que en la medida que disminuye el número de dientes se incrementan las velocidades, la primera y el retroceso se encuentran en el piñón que se interpone entre los árboles intermediario y secundario (longitudinal) o primario y secundario (transversal) para invertir el sentido de giro habitual del árbol secundario.

En el engranaje de marcha atrás (figuras 3.6 y 3.6a), normalmente se utiliza un dentado recto, en lugar de un dentado helicoidal, más sencillo de fabricar, esto demuestra además que esta adaptación le permitirá al ZIL-130 ganar en velocidad a la hora de sincronizar la quinta velocidad, lo que cuidara más el motor ya que no necesitará tanta revoluciones para alcanzar la velocidad necesaria de traslación, todo lo contrario a la caja anterior, que necesitaba más aceleración para llegar aproximadamente a la velocidad tope.



Figura 3.6. Disposición de marcha atrás.

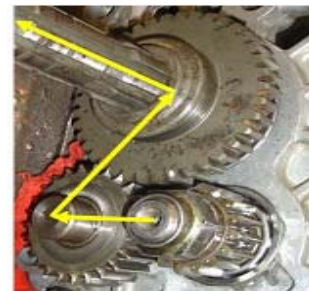


Figura 3.6. Engranajes de marcha atrás.

#### 3.3.4. Análisis de la velocidad angular de la barra en la entrada del diferencial

Para el análisis de la velocidad angular se tendrá en cuenta que no existe pérdida entre la salida de la caja y a la entrada del diferencial ya que se tiene en cuenta



que los cardanes de la barra se encuentran en buen estado, por lo que los resultados a obtener serán iguales que los obtenidos en la caja de cambios ya que la relación de transmisión entre esta y la barra de transmisión es 1.

Sustituyendo en la ecuación 2.4

$W_{bt1-R} = \frac{69,776}{1} = 69,776 \text{ rad / s}$ ; Para la barra cuando se conmuta la primera velocidad y el retroceso (V-8).

$W_{bt1-R} = \frac{101,4}{1} = 101,4 \text{ rad / s}$ ; Para la barra cuando se conmuta la primera velocidad y el retroceso (MAZ-500).

$W_{bt2} = \frac{124,6}{1} = 124,6 \text{ rad / s}$ ; Para la barra cuando se conmuta la segunda velocidad (V-8).

$W_{bt2} = \frac{122,8}{1} = 122,8 \text{ rad / s}$ ; Para la barra cuando se conmuta la segunda velocidad (MAZ-500).

$W_{bt3} = \frac{246,8}{1} = 246,8 \text{ rad / s}$ ; Para la barra cuando se conmuta la tercera velocidad (V-8).

$W_{bt3} = \frac{227,5}{1} = 227,5 \text{ rad / s}$ ; Para la barra cuando se conmuta la tercera velocidad (MAZ-500).

$W_{bt4} = \frac{373,8}{1} = 373,8 \text{ rad / s}$ ; Para la barra cuando se conmuta la cuarta velocidad (V-8).

$W_{bt4} = \frac{358,4}{1} = 358,4 \text{ rad / s}$ ; Para la barra cuando se conmuta la cuarta velocidad (MAZ-500).

$W_{bt5} = \frac{451,13}{1} = 451,13 \text{ rad / s}$ ; Para la barra cuando se conmuta la quinta velocidad (V-8).

$W_{bt5} = \frac{545,12}{1} = 545,12 \text{ rad / s}$ ; Para la barra cuando se conmuta la quinta velocidad (MAZ-500).



Se aprecia que los valores obtenidos son iguales para la velocidad de la caja, ya que estos valores de transmisión son directamente proporcionales en la entrega del movimiento.

### 3.3.5. Análisis de la velocidad angular de salida del diferencial

A través de la fórmula 2.5 determinaremos la velocidad angular teniendo en cuenta que la relación que obtuvimos entre el diferencial y la barra de transmisión fue de 3 - 1.

$$W_{dif} = \frac{69,776}{3} = 23,3 \text{ rad / s ; para el retroceso y la primera velocidad (V-8).}$$

$$W_{dif} = \frac{101,4}{3} = 33,8 \text{ rad / s ; para el retroceso y la primera velocidad (MAZ-500).}$$

$$W_{dif} = \frac{124,6}{3} = 41,5 \text{ rad / s ; para la segunda velocidad (V-8).}$$

$$W_{dif} = \frac{122,8}{3} = 40,9 \text{ rad / s ; para la segunda velocidad (MAZ-500).}$$

$$W_{dif} = \frac{246,8}{3} = 82,3 \text{ rad / s ; para la tercera velocidad (V-8).}$$

$$W_{dif} = \frac{227,5}{3} = 75,8 \text{ rad / s ; para la tercera velocidad (MAZ-500)}$$

$$W_{dif} = \frac{373,8}{3} = 124,6 \text{ rad / s ; para la cuarta velocidad (V-8).}$$

$$W_{dif} = \frac{358,4}{3} = 119,5 \text{ rad / s ; para la cuarta velocidad (MAZ-500).}$$

$$W_{dif} = \frac{451,13}{3} = 150,4 \text{ rad / s ; para la quinta velocidad (V-8).}$$

$$W_{dif} = \frac{545,12}{3} = 181,7 \text{ rad / s ; para la quinta velocidad (MAZ-500).}$$

Si los ejes de las ruedas traseras (propulsión trasera), estuvieran unidos directamente a la corona (del grupo piñón-corona) como se muestra en la figura 3.7, necesariamente tendrían que dar ambas el mismo número de vueltas. Al tomar una curva la rueda exterior describe un arco mayor que la interior; es decir, han de recorrer distancias diferentes pero, como las vueltas que dan son las

mismas y en el mismo tiempo, forzosamente una de ellas arrastrará a la otra, que patinará sobre el pavimento.



Figura 3.7. Par cónico piñón-corona, diferencial.

Para evitar lo anteriormente planteado, se recurre al diferencial, mecanismo que hace dar mayor número de vueltas a la rueda que va por la parte exterior de la curva, que las del interior, ajustándolas automáticamente y manteniendo constante la suma de las vueltas que dan ambas ruedas con relación a las vueltas que llevaban antes de entrar en la curva. Al desplazarse el vehículo en línea recta, ambas ruedas motrices recorren la misma distancia a la misma velocidad y en el mismo tiempo. La relación de transmisión entre el grupo piñón-corona es de 3, esto nos dice que en lo que la barra de transmisión le transmite tres vueltas al diferencial, solamente realiza una sola vuelta el neumático.

### 3.3.6. Análisis de la velocidad angular de la rueda motriz

Esta es la relación de la fuerza tractiva que es la componente de la reacción del camino, paralela al mismo y que actúa en la rueda motriz, la relación de transmisión entre el diferencial y la rueda motriz es de uno, ya que asumimos que no exista patinaje y que se encuentre en perfectas condiciones el eje de transmisión del diferencial.

$$W_{r.m} = \frac{23,3}{1} = 23,3 \text{ rad / s ; Para la primera y el retroceso (V-8).}$$

$$W_{r.m} = \frac{33,8}{1} = 33,8 \text{ rad / s ; Para la primera y el retroceso (MAZ-500).}$$

$$W_{r.m} = \frac{41,5}{1} = 41,5 \text{ rad / s ; Para la segunda velocidad (V-8).}$$



$$W_{r.m} = \frac{40,9}{1} = 40,9 \text{ rad / s ; Para la segunda velocidad (MAZ-500).}$$

$$W_{r.m} = \frac{82,3}{1} = 82,3 \text{ rad / s ; Para la tercera velocidad (V-8).}$$

$$W_{r.m} = \frac{75,8}{1} = 75,8 \text{ rad / s ; Para la tercera velocidad (MAZ-500).}$$

$$W_{r.m} = \frac{124,6}{1} = 124,6 \text{ rad / s ; Para la cuarta velocidad (V-8).}$$

$$W_{r.m} = \frac{119,5}{1} = 119,5 \text{ rad / s ; Para la cuarta velocidad (MAZ-500).}$$

$$W_{r.m} = \frac{150,4}{1} = 150,4 \text{ rad / s ; Para la quinta velocidad (V-8).}$$

$$W_{r.m} = \frac{181,7}{1} = 181,7 \text{ rad / s ; Para la quinta velocidad (MAZ-500).}$$

Las ruedas son las únicas partes del automóvil que interactúan con el pavimento, que utilizan la fuerza que el motor generó y la convierten en movimiento debido a su forma. Las ruedas de los primeros automóviles eran similares a las de las carretas pero estas eran duras y brindaban incomodidad a los pasajeros, ya que los automóviles se desplazaban con dificultad y brincaban mucho. Para mejorar esa situación se cubrió la rueda con caucho, pero no fue suficiente ya que la estructura principal de la rueda aún era muy rígida. En la actualidad las ruedas constan de un ring recubierto de una llanta de hule con aire en su interior llamada neumático, que brinda un desplazamiento más suave, silencioso y uniforme.

### **3.3.7. Análisis de la velocidad tangencial**

La velocidad tangencial de traslación cuando no hay patinaje y según la ecuación 2.7 tenemos que tener en cuenta el radio del neumático. Para un neumático 10.00 la mitad es de 50 cm para un radio de 0,25 m. La neumática es la tecnología que emplea el aire comprimido como modo de transmisión de la energía necesaria para mover y hacer funcionar mecanismos. El aire es un material elástico y por tanto, al aplicarle una fuerza, se comprime, mantiene esta compresión y devolverá la energía acumulada cuando se le permita expandirse, según la ley de los gases ideales.



$$V_{1-R} = 23,3 \cdot 0,25 = 5,8 m / s , (V-8)$$

$$V_{1-R} = 33,8 \cdot 0,25 = 8,45 m / s (MAZ-500).$$

$$V_2 = 41,5 \cdot 0,25 = 10,4 m / s (V-8).$$

$$V_2 = 40,9 \cdot 0,25 = 10,2 m / s (MAZ-500).$$

$$V_3 = 82,3 \cdot 0,25 = 20,6 m / s (V-8).$$

$$V_3 = 75,8 \cdot 0,25 = 18,95 m / s (MAZ-500).$$

$$V_4 = 124,6 \cdot 0,25 = 31,2 m / s (V-8).$$

$$V_4 = 119,5 \cdot 0,25 = 29,9 m / s (MAZ-500).$$

$$V_5 = 150,4 \cdot 0,25 = 37,6 m / s (V-8).$$

$$V_5 = 181,5 \cdot 0,25 = 45,4 m / s (MAZ-500).$$

El comportamiento de los efectos de la pendiente del camino y la fuerza de inercia se presenta en escalas independientes, por lo tanto en la característica tractiva solo se reflejará los efectos de la resistencia a la rodadura y los aerodinámicos, ya que los efectos del implemento se pueden no incorporar.

### 3.4. Análisis dinámico

En el análisis dinámico se determinarán todos los momentos y potencia que ofrece el sistema de transmisión desde el motor hasta los neumáticos.

#### 3.4.1. Momento del motor

Sustituyendo en la ecuación 2.9 tenemos la fuerza que entrega el motor a la entrada del embrague entre la velocidad del árbol de motor.

$$Mm = \frac{112000 W}{261,66} = 428 N / m$$

La característica exterior de velocidad es un indicador que brinda la posibilidad de conocer las cualidades de las fuentes energéticas de los automóviles y además se considera el punto de partida para la determinación de la característica tractiva del vehículo. La característica exterior de velocidad es el comportamiento del torque del motor (Mm) y la potencia (Nm) en función de la frecuencia de rotación del mismo (nm).

### 3.4.2. Potencia en el embrague

La potencia calculada en el embrague, no es más que la transmitida por el motor y afectada por el coeficiente de rendimiento del disco de cloche, sustituyendo en la ecuación 2.10 se obtiene el valor siguiente:

$$N_{emb} = 112 \cdot 0,99 = 110,88 \text{ kW}$$

Esta disminución significa que el motor pierde al entregar al embrague 1,12 kW de potencia. El cojinete de desembrague apoya siempre en la parte posterior de las lengüetas del resorte de membrana y gira constantemente con ellas.

### 3.4.3. Análisis del momento del embrague

Aprovechando la potencia del embrague tendremos que el momento en el mismo va a ser la sustitución de la ecuación 2.11

$$M_{emb} = \frac{110880}{261,66} = 423,75 \text{ N.m}$$

La principal carga de cálculo del embrague es a través del torque máximo admisible que acepta la caja de velocidades y puede comprobarse por medio del momento de cálculo que puede transmitir el motor hacia la caja.

### 3.4.4. Potencia en la caja de transmisión

No es más que la potencia entregada a la caja a través de la conexión cinemática entre el motor y la caja de cambios, sustituyendo en la ecuación 2.12

$$N_{cc} = 110,88 \cdot 0,97$$

$$N_{cc} = 107,55 \text{ kW}$$

Conocer el torque máximo del motor, lo cual daría posibilidades de incremento en la fuerza tractiva máxima.

### 3.4.5 Potencia en la barra de transmisión

Sustituyendo en la ecuación 2.13 tenemos que.

$$N_{bt} = 107,55 \cdot 0,97 = 104,32 \text{ kW}$$

El sistema de transmisión proporciona las diferentes relaciones de engranajes, de tal forma que la misma velocidad de giro del cigüeñal puede convertirse en distintas velocidades de giro en las ruedas.



### 3.4.6. Momento en la barra de transmisión

Para los valores calculados según la ecuación 2.14

$$M_{bt1} = 156,49 \text{ N.m (V-8)}$$

$$M_{bt1} = 107,66 \text{ N.m (MAZ-500)}$$

$$M_{bt2} = 87,6 \text{ N.m (V-8)}$$

$$M_{bt2} = 88,8 \text{ N.m (MAZ-500)}$$

$$M_{bt3} = 44,23 \text{ N.m (V-8)}$$

$$M_{bt3} = 47,98 \text{ N.m (MAZ-500)}$$

$$M_{bt4} = 29,2 \text{ N.m (V-8)}$$

$$M_{bt4} = 30,46 \text{ N.m (MAZ-500)}$$

$$M_{bt5} = 24,2 \text{ N.m (V-8)}$$

$$M_{bt5} = 20,03 \text{ N.m (MAZ-500)}$$

Cuando se usa la palanca de marchas de la caja de cambios, se mueve el resorte del cubo a través de la horquilla interior de cambios de la transmisión y cambia la combinación de engranajes que son conectados entre sí.

### 3.4.7. Potencia de salida del diferencial

Ya que la velocidad máxima del automóvil y su habilidad de aceleración depende de la potencia máxima del motor y también del peso del vehículo, se puede comparar y analizar entre diferentes automóviles estas dos magnitudes.

Sustituyendo en la ecuación 2.15

$$N_d = 104,32 \cdot 0,96 = 100,14 \text{ kW}$$

La relación entre las magnitudes mencionadas es un parámetro muy importante del automóvil y en base a su valor se puede evaluar las distintas aptitudes del automóvil. Esta relación se denomina potencia específica.

### 3.4.8. Momento que desarrolla el diferencial

Según ecuación 2.16

$$M_1 = \frac{100140}{23,3} = 4297,85 \text{ N} \cdot \text{m (V-8)}$$

$$M_1 = \frac{100140}{33,8} = 2962,72 \text{ N} \cdot \text{m (MAZ-500)}$$





$$M_2 = \frac{100140}{41,5} = 2413,01 N \cdot m \text{ (V-8)}$$

$$M_2 = \frac{100140}{40,9} = 2448,41 N \cdot m \text{ (MAZ-500)}$$

$$M_3 = \frac{100140}{82,3} = 1216,76 N \cdot m \text{ (V-8)}$$

$$M_3 = \frac{100140}{75,8} = 1321,1 N \cdot m \text{ (MAZ-500)}$$

$$M_4 = \frac{100140}{124,6} = 803,69 N \cdot m \text{ (V-8)}$$

$$M_4 = \frac{100140}{119,5} = 837,99 N \cdot m \text{ (MAZ-500)}$$

$$M_5 = \frac{100140}{150,4} = 665,82 N \cdot m \text{ (V-8)}$$

$$M_5 = \frac{100140}{181,7} = 551,12 N \cdot m \text{ (MAZ-500)}$$

Sustituyendo en la ecuación (2,17), (2,18) y 2,19, podemos obtener la ecuación 2.8 que no es más que la relación total de transmisión del automóvil para la quinta marcha, es decir cuando su transmisión alcanza la última velocidad, por lo que obtenemos que:

$$I_T = \frac{W_M}{W_{R \cdot M}}$$

$$I_T = \frac{261,66}{181,7} = 1,4$$

Esto nos demuestra la relación total existente desde el motor hasta las ruedas motrices con la caja de cambio MAZ-500.

### 3.4.9 Análisis del rendimiento de la transmisión

El rendimiento total de la transmisión no es más que la multiplicación de todos los rendimientos desde que sale del motor hasta que entrega potencia a las ruedas motrices.

$$\eta_{tt} = \eta_{emb} \cdot \eta_{cc} \cdot \eta_{ct} \cdot \eta_{dif} \cdot \eta_r = 0,86$$



Para calcular la fuerza tractiva sobre las ruedas motrices, es necesario, entre otras cosas, el conocimiento de la eficiencia de movimiento desde el cigüeñal hasta la ruedas. Todas las piezas y conjuntos que intervienen se le pueden denominar sistema de transmisión.

### 3.5. Determinación de las áreas

Las características que vamos a utilizar del volante del motor son las medidas del diámetro interior y exterior: el diámetro exterior es de 207 mm y el interior es de 127 mm.

En consideración con la ecuación 2.20 se determinó el área del volante del motor:

$$A = \pi(103,5 \text{ mm})^2 - (63,5 \text{ mm})^2$$

$$A = 20\,985,83 \text{ mm}^2$$

Las dimensiones del disco de fricción para su cálculo son las siguientes:

Ø exterior 200 mm y Ø interior 130 mm.

Sustituyendo en la ecuación 2.20a tenemos:

$$A = \pi(100 \text{ mm})^2 - (65 \text{ mm})^2$$

$$A = 18\,142,70 \text{ mm}^2$$

El área del plato de presión se determinó por la ecuación 2.20b, se consideró las dimensiones: Ø exterior 202 mm y Ø interior 129 mm.

$$A = \pi(101 \text{ mm})^2 - (64 \text{ mm})^2$$

$$A = 18\,977,58 \text{ mm}^2$$

Se determinó por la ecuación 2.21 la relación entre el disco de fricción y el volante motor.

$$R_A = \frac{18\,142,7 \text{ mm}^2}{20\,985 \text{ mm}^2}$$

$$R_A = 0,86$$

Para  $R_B$ , entonces tenemos que:

$$R_B = \frac{18\,142 \text{ mm}^2}{18\,977 \text{ mm}^2}$$

$$R_B = 0,95$$



Como podemos apreciar las dos relaciones son superiores a 0,8 lo que nos da una seguridad que el acoplamiento entre las mencionadas superficies va a ser el adecuado.

### 3.6. Valoración económica

El parque automotor de la entidad de transporte Moa presenta un nivel de envejecimiento pronunciado, lo cual no puede contar con un buen sistema de mantenimiento y reparación ya que no tiene el equipo requerido para ofrecer con exactitud un buen sistema de mantenimiento. Por lo que la situación económica y financiera del centro no permite tener un aseguramiento de piezas de repuesto que permita la planificación del desarrollo de reparaciones del transporte.

Tabla 3.1. Costo de una caja de velocidad nueva

Pieza	Cantidad	Precio	Costo
Caja de velocidad	1	3675,99	3675,99

En la tabla 3.2 se relacionan los renglones y el costo de cada uno según empleados en la sustitución de elementos.

Tabla 3.2. Costos de los materiales.

Piezas	cantidad	precio	costo
rodamiento del contraeje de la caja de velocidad	1	5,22	5,22
rodamiento de la caja del extensión contraeje de la	1	20,63	20,63
rodamiento del eje principal de la caja de velocidad	1	34,14	34,14
rodamiento de bolas, eje velocidad	1	18,95	18,95
rodamiento, eje de mando	1	27,1	27,1
aro del sincrónico, 1ra & 2da velocidad	1	30,34	30,34
rodamiento, corona dentada motriz	1	24,75	24,75
aceite	6	2,25	13,5
disco de embrague	1	96,5	96,5
plato opresor	1	179,35	179,35
rodamiento collarín	1	62,5	62,5
Costo total			

Los rublos cuantificados son valorados en CUC 501,73 CUC

Los operarios que intervienen en el proceso son:

Mecánico Automotriz "A" costo por hora 2,68

Tiempo estimado 16 h con un costo total de 42,88 CUP

Ayudante con un costo total por horas de 2,33 CUP



Tiempo estimado 16 horas con 37,28 CUP

Costo total por mano de obra con 80,16 CUP

### **3.7. Valoración del impacto medio ambiental**

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

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.

Otras de las condiciones desfavorables en el sistema de transmisión de un automóvil es cuando se vierte grasa o aceite en el suelo lo cual al contactar con el medio ambiente se convierten en gases nocivos y a la vez daña las plantas y las aguas ya que se contaminan al entrar en contacto con la misma por lo que se prohíbe lavar autos en ríos potables.

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 crecimiento demográfico en los centros urbanos en los últimos cincuenta años ha incrementado la demanda del transporte masivo, aunque la oferta no ha crecido en la misma proporción. A partir del 2005 se aprecia un crecimiento en el transporte interprovincial en Cuba y más recientemente se trabaja por revertir la situación en el transporte urbano colectivo.

El derecho a la movilidad es inherente al modo de vida de la sociedad moderna, pero al mismo tiempo la infraestructura del transporte y el propio movimiento de vehículos provocan impactos negativos en el medio ambiente, en particular la contaminación del aire, agua y suelos; el efecto invernadero y afectaciones a la biota y a la calidad de vida por los entornos ruidosos, accidentes, y la presencia de elementos ajenos al paisaje.

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.



### **3.8. Conclusiones del capítulo 3**

- ❖ Se propuso la metodología para el desarme de la caja de velocidad propuesta para el V-8 Modelo ZIL-130, así como los pasos a seguir para el posterior arme del mismo.
- ❖ Se realizó el análisis tanto cinemática, como dinámico de las cajas de velocidades del modelo V 8 y del MAZ 500, determinándose que esta última es más factible para ser empleada en el motor YUCHAY.
- ❖ Al analizar las variantes económicas, se pudo determinar que el proceso de recuperación de la caja del MAZ-500, la compra de la misma asciende a 3675,99 CUC y la recuperación 581,89 CUC para un ahorro de 3094,1 CUC
- ❖ A pesar de las ventajas que representa el transporte en nuestro país una de sus mayores limitantes es la emisión de gases contaminantes de la atmósfera.



### **Conclusiones generales**

- ❖ El camión ZIL-130 tiene un tiempo de permanencia en nuestro país de más de treinta años, los agregados de la caja de velocidad se encuentran en estado de deterioro (desgastados) y necesitan ser sustituido o reemplazado por otros elementos de transmisión de mejores condiciones técnicas.
- ❖ Se comprobó a través de la metodología de calculo realizada, que la caja que se propone mejora la disponibilidad técnica del equipo, ya que se puede observar que para la última velocidad de traslación el motor actual YUCHAY no desarrollará tanto las revoluciones como sucedía con la otra caja de transmisión, con la misma se cuidará más la transmisión del automóvil y a la vez el motor.
- ❖ Al efectuar la recuperación de la caja de velocidad se estableció que la compra de una caja nueva equivale a 2850,99 CUC y la reparación 508,48 CUC, por lo que con el empleo de la segunda variante se ahorra un total de 2342,51 CUC.

### **Recomendaciones**

- ✓ Realizar el mantenimiento Preventivo Planificado al equipo ZIL-130 al haber recorrido los 3 000 Km con la nueva adaptación de caja de cambios, para revisar si el sistema de transmisión tiene el apriete necesario en sus tornillos.
- ✓ Revisar si no existe salideros de aceite al realizar el montaje de la caja de transmisión.
- ✓ Realizar un cambio de aceite en el sistema de transmisión al haber recorrido el automóvil los 10 000km

## Referencias bibliográficas





## BIBLIOGRAFÍA

1. Alonso, J., *Técnicas del Automóvil: Motores*. 10ª Edición, Madrid, España, Paraninfo / Thomson Learning, 2000.
2. Ariaspaz, M. Manual de automóviles, 34 ed. Madrid 1999.
3. Betancourt, M., La Remotorización diesel en la Organización Básica Eléctrica. Holguín; Universidad "Oscar Lucero Moya", 2004. 210 h. (Tesis de Maestría).
4. Cárdenas, M. y Pérez, O.: Criterios y metodología para la determinación de los parámetros dinámicos y cinemáticos para la remotorización, Tesis de Diploma, La Habana, 2005.
5. Casado, E y García J., *Fundamentos Tecnológicos del Automóvil*. Madrid, España, Thomson/Paraninfo, 2002.
6. Font, J.; Dols, J., *Tratado sobre automóviles*, Alfaomega Grupo Editor, México, 2001, T. I, p. 6.47.
7. Gerschler, H., *Tecnología del automóvil*, vers. de 20a. ed. alem, GTZ, Edit. Reverté, Barcelona, 1985, T. II.
8. López, E., *Contribuciones al perfeccionamiento del sistema integral de transporte cañero*. Holguín; Universidad "Oscar Lucero Moya", 2006. 240 h. (Tesis doctoral).
9. López, E.; Sanfort, J., *Tractiva Vers. 2.1: Registro de obras protegida: 07678-7678*. La Habana, 2001.
10. Nichols W. G. Inc., *Auto Service Manual 2003, Automotive Service 1999-2003, Chilton's 9356*. USA, 2002.
11. 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.
12. Pálmer, M. D, *Tesis en opción al título de Máster en Mecanización de la Producción Agropecuaria*. Camaguey, 2006.
13. Reshetov. *Elementos de Máquinas*. Pueblo y Educación, 1983.



14. Shigle. Diseño de elementos de máquinas. Pueblo y Educación, 1983.
15. Szczepaniak, César. Teoría del Automóvil / César Szczepaniak, Rigoberto Aragón. La Habana: Editorial Pueblo y Educación, 1994. 289 p.
16. Widman R. La Rectificación de Motores de Combustión Interna, 2008.
17. Yuchai Motor, S.A, Manual de Manejo y Mantenimiento del motor Diesel, Yulin, China, Enero 2005.