



*Universidad Central "Marta Abreu" de las Villas*

*Facultad de Ingeniería Mecánica*

*Departamento de Ingeniería Mecánica*

## *TRABAJO DE DIPLOMA*

***Título:*** *Recálculo de la cadena cinemática del GAZ-53 a partir de la remotorización con motor YUCHAI de 4 cilindros.*

***Autor:*** *Robin Díaz Aguilar.*

***Tutor:*** *Dr. Jorge L. Moya Rodríguez.  
Ing. Roberto Pérez Gómez.*



*Curso Escolar: 2008-2009.*

*"Año del 50 Aniversario del Triunfo de la Revolución"*

## **Resumen.**

En el trabajo se abordan las experiencias en la remotorización de automóviles, en el cual se llevará a cabo el recálculo de la cadena cinemática del GAZ – 53 a partir de la remotorización con motor YUCHAI de 4 cilindros. Dicho automóvil presenta un motor de carburación (gasolina) el cual será sustituido por un motor Diesel. En el mismo se le dará seguimiento a una metodología donde se evaluará la sustitución del motor desde el punto de vista de las cualidades dinámicas del vehículo y desde el punto de vista del consumo, donde se obtendrán conclusiones que permitan ejecutar las sustituciones más adecuadas con las mejores cualidades dinámicas posibles y obteniéndose un ahorro considerable de combustible, dado que la disponibilidad del Diesel es superior a la de la gasolina, las afectaciones en los servicios que prestan estos vehículos se han reducido notablemente. Este trabajo se está aplicando en la Empresa Militar Industrial (EMI) “Coronel Francisco Aguiar Rodríguez” de Sancti Spíritus. La metodología descrita y aplicada en el trabajo puede ser combinada con la Metodología de Gestión de Vida para analizar las causas de averías de algún elemento de la transmisión o para pronosticar posibles averías y puede ser generalizada a sustituciones similares en otros vehículos. Trabajos como estos se ejecutan con frecuencia hoy en día en nuestros talleres, pero en la inmensa mayoría de los casos sin un análisis adecuado y sin un criterio acerca de qué cambios sería necesario realizar en la transmisión para lograr mejores cualidades dinámicas en el mismo.

## **Abstract.**

This work refers the experiences in the re-engines of cars, which carried out the recalculation of the kinematic chain of GAZ - 53 from YUCHAI engines with 4-cylinder engine. This car has a engine carburation (petrol) which will be replaced by a diesel engine. At work you will follow a methodology which assessed the replacement of the engine from the viewpoint of the dynamic qualities of the vehicle and from the perspective of consumption, where conclusions will be obtained to implement the most appropriate substitutions with best possible dynamic qualities and produces a considerable saving of fuel, since the availability of diesel is higher than that of gasoline, the impact on the services provided by these vehicles have been reduced significantly. This work has been launched in the Military Industrial Company (EMI) "Coronel Francisco Aguiar Rodríguez" of Sancti Spíritus. The methodology described and applied in the work can be combined with life management methodology to analyze the causes of malfunction of some element of the transfer or to predict possible failures and replacements can be generalized to other similar vehicles. Works such as these often run today in our workshops, but in most cases without a proper analysis and a criterion about what changes would be required in the transmission for better dynamic qualities in it.

**Índice.**

	<b>Pag.</b>
Introducción. ....	1
Capítulo 1: Parámetros generales de las máquinas automotrices. ....	6
1.1 - Cualidades de explotación de las Máquinas Automotrices. ....	6
1.2 - Motor de Combustión Interna (MCI). Algunas de sus partes y sistemas. ....	7
1.2.1 - Características exteriores de los Motores de Combustión Interna (MCI). Característica ideal. ....	11
1.3 - Comparación entre las características de un motor real e ideal. ....	12
1.4 - Generalidades sobre los motores de carburación (Gasolina). ....	13
1.5 - Generalidades sobre los motores Diesel. ....	13
1.6 - Principales Ventajas y Desventajas del motor Diesel sobre el motor de Carburación. ....	14
1.7 - Sistema de transmisión. ....	17
1.8 - Característica exterior de velocidad. ....	21
1.9 - Fuerza de resistencia al aire (Pa). ....	21
1.10 - Conclusiones parciales. ....	22
Capítulo 2: Análisis funcional y recálculo de los parámetros principales de salida del GAZ – 53 y el YUCHAI de 4 cilindros. ....	23
2.1 - Análisis de los principales parámetros del motor GAZ-53 de 8 cilindros y el YUCHAI de 4 cilindros. ....	23
2.2 - Recálculo de la Velocidad, Momento Torsor y Potencia de salida para el motor GAZ – 53 (carburación) de 8 cilindros. ....	24
2.2.1 - Recálculo de los parámetros de salida para el motor GAZ – 53 (carburación) de 8 cilindros. ....	26
2.2.2 - Recálculo de los parámetros de salida para el motor YUCHAI (Diesel) de 4 cilindros. ....	28
2.3 - Comparación entre los parámetros recalculados para ambos motores. ....	30
2.4 - Conclusiones parciales. ....	32

---

Capítulo 3: Cálculo de la cadena cinemática del GAZ – 53 a partir de la remotorización con motor YUCHAI de 4 cilindros. ....	33
3.1 - Cálculo de la característica exterior de velocidad.....	33
3.1.1 - Cálculo del torque en cada punto de rpm para cada motor.....	37
3.2 - Cálculo de la velocidad lineal del vehículo. ....	39
3.3 - Cálculo de la eficiencia del sistema de transmisión.....	42
3.3.1 - Cálculo de la eficiencia de la caja de velocidades.....	42
3.3.2 - Cálculo de la eficiencia del puente motriz. ....	43
3.3.3 - Eficiencia del embrague. ....	45
3.3.4 - Eficiencia de las uniones cardánicas.....	45
3.3.5 - Eficiencia del sistema de transmisión.....	45
3.4 - Cálculo de la fuerza tractiva. ....	46
3.5 - Cálculo de la resistencia del aire. ....	47
3.6 - Cálculo de la resistencia al camino.....	49
3.7 - Cálculo de la Característica Tractiva Ideal. ....	51
3.8 - Análisis del consumo de combustible. ....	53
3.9 - Conclusiones parciales.....	59
Conclusiones generales.....	60
Recomendaciones. ....	61
Bibliografía.....	62
Anexos.....	63

## **Introducción.**

La palabra *automóvil* significa que se mueve por sí mismo, y se aplica, concretamente, para designar los vehículos que se desplazan sobre terreno mediante la fuerza suministrada por un motor de combustión interna o de explosión, llamado así porque, en su interior, se quema o hace explotar el combustible. La energía química almacenada en el petróleo o gasolina, se aprovecha de esta forma directamente; convirtiéndose en energía mecánica, sin transformaciones intermedias. [1]

El automóvil constituye el tipo más versátil de transporte que existe y trabaja en las más disímiles condiciones viales, climatológicas, de carga etc. Precisamente esta variedad de condiciones de explotación del automóvil moderno predetermina la necesidad de emplear un conjunto de cualidades de explotación que permitan valorar las posibilidades del vehículo para realizar las labores de transportación en condiciones concretas y con determinada productividad y rentabilidad.

El transporte, es un elemento indispensable para el movimiento de bienes y personas, en específico, el transporte automotor; en este aspecto se han introducido nuevas tecnologías, que han contribuido al aumento de la eficiencia y eficacia de los procesos de transportación, se han producido incrementos importantes en la cantidad de vehículos, en su diversidad, en su capacidad de carga y velocidad de movimiento y en los niveles de transportación de pasajeros. Como consecuencia, también han evolucionado la infraestructura y los métodos científicos que emplea la explotación técnica, para reducir al máximo los recursos destinados al desarrollo de los procesos de transportación, junto a sus correctos aprovechamientos de la capacidad de trabajo.

La introducción de los logros de la ciencia y la técnica en los vehículos de transporte ha venido acompañada de un aumento de su complejidad constructiva, y por tanto, de sus costos. De ahí la importancia de contar con criterios técnicamente fundamentados para la selección de un parque vehicular, para buscar una adecuada correspondencia entre las características constructivas del vehículo y los requerimientos que imponen las condiciones de explotación a que serán sometidos, y delimitar, en medio de la avalancha de introducción de modificaciones constructivas, cuales reportan mejoramientos sensibles y necesarios de sus cualidades explotativas, y cuales constituyen elementos superfluos, que solo encarecen su costo de inversión y de explotación. [2]

Seleccionar adecuadamente el vehículo de forma que se establezca una adecuada correlación entre sus cualidades de explotación y las condiciones de explotación a las que será sometido, de forma que puedan alcanzarse indicadores técnico-económicos adecuados, es una tarea difícil, debido a que la propia complejidad de los vehículos no permite su evaluación a partir de un indicador o de un grupo reducido de indicadores, o criterios sino a partir de un complejo sistema de indicadores que posibilite su evaluación de forma multicriterial.

Por otro lado, y no solo en nuestro país, se ha hecho una práctica para reducir los costos de inversión, acometer la remotorización o el cambio de parte o de los elementos fundamentales del sistema de transmisión de los vehículos en explotación, para devolverles características que garanticen costos de explotación adecuados y un alargamiento en el período de servicio de los mismos.

Para ambas tareas, es decir, para la selección del vehículo y para la valoración de posibles fuentes energéticas en las remotorizaciones o elementos del sistema de transmisión a utilizar en las modificaciones constructivas, se hace imprescindible la existencia de un grupo de indicadores que posibiliten la evaluación profunda y multilateral para garantizar la eficiencia energética del proceso de transportación.

En esta compleja tarea, juega un papel fundamental, la adecuada evaluación de los indicadores dinámicos y de consumo del vehículo.

En el consumo de combustible y la dinámica del vehículo inciden numerosos factores: las características constructivas del vehículo, el régimen de carga y velocidad, el tipo de vía, su estado, la pendiente, las intersecciones e interferencias al movimiento, las curvas, los parámetros medioambientales, la velocidad del viento y el propio conductor y su experiencia y pericia, entre otros.

Puesto que los vehículos son importantes consumidores de derivados del petróleo, sus gastos en combustible, constituyen uno de los principales componentes de sus costos de operación, por lo que la reducción del mismo es frecuentemente el objetivo fundamental que se persigue en diferentes empresas.

Para el caso de la remotorización de motores diesel que emplean petróleo como combustible por los que funcionan con gasolina, 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 recálculos de la cadena cinemática del vehículo se adopta la decisión adecuada para realizar el cambio.

La principal ventaja de los motores diesel comparados con los motores de gasolina estriba en su menor consumo de combustible. Debido a la constante ganancia de mercado de los motores diesel en turismos desde los años 1990 (en muchos países europeos ya supera la mitad), el precio del combustible tiende a acercarse a la gasolina debido al aumento de la demanda. 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.

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 diesel) y una menor emisión de gases contaminantes.

#### Idea inicial del Trabajo:

Empleo de una metodología para la remotorización del vehículo GAZ – 53 a partir de un motor YUCHAI de 4 cilindros.

#### Planteamiento del Problema:

Recálculo de la cadena cinemática del GAZ-53 a partir del motor YUCHAI de 4 cilindros en los talleres de la Empresa Militar Industrial (EMI) “Coronel Francisco Aguiar Rodríguez” de Sancti Spíritus según los datos técnicos y mediciones tecnológicas realizadas a los diferentes elementos de dicha cadena.

Como Objetivo General de este trabajo se propone:

Desarrollar el recálculo de la cadena cinemática del GAZ – 53 a partir de la remotorización con motor YUCHAI de 4 cilindros.

Objetivos Específicos:

- Realizar un estudio bibliográfico sobre las características de un motor de Carburación y uno Diesel, así como en los parámetros que influyen en su remotorización.
- Recalcular la cadena cinemática del Vehículo GAZ - 53
- Analizar las características del vehículo al ser remotorizado con el motor YUCHAI – YC-4108- ZQ.

Hipótesis:

Si se realiza un preciso y detallado recálculo de los principales parámetros que inciden en la cadena cinemática de los vehículos GAZ-53 es posible determinar si el motor YUCHAI es el más factible a emplear.

Justificación de la Investigación:

La realización de este proyecto es de interés de la Empresa Militar Industrial (EMI) “Coronel Francisco Aguiar Rodríguez” ya que se está trabajando con el objetivo de modernizar y economizar para poder adentrarse en el mundo moderno de la eficiencia y calidad de la industria automotriz debido a que el país esta viviendo una época difícil y se requiere de cambios e innovaciones en esta esfera con el fin de lograr mejores servicios a un menor precio, y por ello este trabajo permite una gran precisión en los parámetros calculados y una gran importancia desde el punto de vista económico en cuanto a la demostración del ahorro energético.

Viabilidad:

Se considera viable la solución del problema planteado, una vez que exista la disponibilidad de la información y conocimientos necesarios para resolver el mismo, si estos se gestionan y aplican de manera correcta y adecuada.

Se desarrolla en un taller de máquinas de herramientas real y con los equipos e instrumentación adecuados para realizar el trabajo.

Se cuenta con la orientación de profesores y especialistas de la Facultad de Ingeniería Mecánica de la UCLV, así como mecánicos con experiencia en esta labor en la EMI.

Se dispone de la documentación tecnológica y bibliografía necesaria.

Consecuencias y repercusiones:

El desarrollo de un adecuado recálculo de la cadena cinemática de cualquier vehículo con el fin de adecuar y reemplazar un motor por otro, todo esto estructurado de manera ordenada y lógica, desde el punto de vista técnico y económico, lógicamente repercutirá positivamente en la organización y los resultados tanto económicos como productivos en la remotorización de estos vehículos que se desarrolla en la Empresa, permitiendo lograr un mayor grado de eficiencia y economía en la futura explotación de estos vehículos y un uso más racional de los recursos a utilizar.

## Capítulo 1: Parámetros generales de las máquinas automotrices.

En este capítulo se abordará, a grandes rasgos, las cualidades de explotación de las máquinas automotrices; así como el tema de los Motores de Combustión Interna (M.C.I.) con algunos de sus sistemas. Se tendrán en cuenta algunas generalidades de los motores de carburación (gasolina) y diesel, y además algunas partes del sistema de transmisión de un automóvil.

### 1.1 Cualidades de explotación de las Máquinas Automotrices.

Se define una máquina automotriz como aquella máquina autopropulsada, que consta al menos, de una fuente energética, un sistema de transmisión y un tren de rodaje; y que está destinada a cumplir diferentes funciones según su tipo y destino.

Las cualidades de explotación caracterizan las posibilidades de utilización efectiva del vehículo en determinadas condiciones y permiten valorar en que medida sus características constructivas responden a sus condiciones de explotación. Conocerlas es necesario para la proyección de nuevos modelos y para la elección, evaluación y comparación de los diferentes tipos de vehículos en las condiciones de explotación a que serán destinados. De este modo podemos lograr aumentos de la productividad del vehículo y disminuir los costos de las transportaciones, aumentando la velocidad media de movimiento y disminuyendo el consumo de combustible [2]. Entre las cualidades de explotación se relacionan:

- Dinámica: Cualidad de la máquina automotriz de transportar cargas y pasajeros con las velocidades máximas posibles. Mientras mayor es la dinámica del vehículo, mayor será su productividad. Depende antes que todo de las cualidades tractivas y de frenaje de la máquina automotriz.
- Economía de consumo: Es la utilización racional de la energía del combustible durante el movimiento del vehículo. Los gastos por concepto de consumo de combustible constituyen una parte significativa del costo de transportación, por ello mientras menor sea el consumo, menores serán los gastos de explotación.
- Maniobrabilidad: Conjunto de cualidades que caracterizan la posibilidad del vehículo de variar su posición en áreas limitadas, en movimientos por trayectorias de pequeña curvatura con brusca variación de la dirección, incluyendo la marcha atrás.

- **Estabilidad**: Cualidad que garantiza la conservación de la dirección del movimiento bajo la acción de fuerzas de resistencia, que pueden en determinadas circunstancias provocar el vuelco, el patinaje o el derrapaje del vehículo.
- **Capacidad de paso**: Cualidad de moverse con seguridad por vías en malas condiciones y terrenos accidentados, y vencer los obstáculos naturales y artificiales.
- **Suavidad de marcha**: Cualidad del vehículo de moverse en vías no niveladas, sin grandes sacudidas de la carrocería. De ella depende la velocidad de movimiento, el consumo de combustible, la conservación de la carga y el confort de la máquina automotriz.
- **Fiabilidad**: Está vinculada a la probabilidad del trabajo sin fallos en el transcurso de un determinado período y sin empeoramiento de los principales indicadores de explotación.
- **Durabilidad**: Cualidad del vehículo de mantener la capacidad de trabajo hasta el arribo al estado límite.
- **Mantenibilidad**: Muestra la facilidad que el vehículo brinda para prevenir y descubrir las causas que originan sus fallos y deterioros, así como la eliminación de sus consecuencias, mediante la realización de mantenimientos y reparaciones.

## 1.2 Motor de Combustión Interna (MCI). Algunas de sus partes y sistemas.

### Motor de Combustión Interna. Definición:

Un 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, la parte principal de un motor [3]. Se utilizan motores de combustión interna de cuatro tipos:

1. El motor cíclico Otto, cuyo nombre proviene del técnico alemán que lo inventó, Nikolaus August Otto, es el motor convencional de gasolina que se emplea en automoción y aeronáutica.
2. El motor diesel, llamado así en honor del ingeniero alemán nacido en Francia Rudolf Diesel, funciona con un principio diferente y suele consumir gasóleo. Se emplea en instalaciones generadoras de energía eléctrica, 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.
3. El motor rotatorio.
4. La turbina de combustión.

### Historia:

Los primeros motores de combustión interna no tenían compresión, sino funcionaron en la mezcla de aire y combustible aspirada o soplada adentro durante la primera parte del movimiento del producto. La distinción más significativa entre los motores de combustión interna modernos y los diseños antiguos es el uso de la compresión.

### Cámara de combustión:

La cámara de combustión es un cilindro, por lo general fijo, cerrado en un extremo y dentro del cual se desliza un pistón muy ajustado al interior. La posición hacia dentro y hacia fuera del pistón modifica el volumen que existe entre la cara interior del pistón y las paredes de la cámara. La cara exterior del pistón está unida por un eje al cigüeñal, que convierte en movimiento rotatorio el movimiento lineal del pistón.

En los motores de varios cilindros el cigüeñal tiene una posición de partida, llamada espiga de cigüeñal y conectada a cada eje, con lo que la energía producida por cada cilindro se aplica al cigüeñal en un punto determinado de la rotación. Los cigüeñales cuentan con pesados volantes y contrapesos cuya inercia reduce la irregularidad del movimiento del eje. Un motor puede tener de 1 a 28 cilindros.

### Sistema de bombeo:

El sistema de bombeo de combustible de un motor de combustión interna consta de un depósito, una bomba de combustible y un dispositivo que vaporiza o atomiza el combustible líquido. Se llama carburador al dispositivo utilizado con este fin en los motores Otto. En los motores de varios cilindros el combustible vaporizado se conduce a los cilindros a través de un tubo ramificado llamado colector de admisión. Muchos motores cuentan con un colector de escape o de expulsión, que transporta los gases producidos en la combustión.

### Sistema de Alimentación:

Cada cilindro toma el combustible y expulsa los gases a través de válvulas de cabezal o válvulas deslizantes. Un muelle mantiene cerradas las válvulas hasta que se abren en el momento adecuado, al actuar las levas de un árbol de levas rotatorio movido por el cigüeñal, estando el conjunto coordinado mediante la correa de distribución. En la década de 1980,

este sistema de alimentación de una mezcla de aire y combustible se ha visto desplazado por otros sistemas más elaborados ya utilizados en los motores diesel. Estos sistemas, controlados por computadora, aumentan el ahorro de combustible y reducen la emisión de gases tóxicos.

### Encendido:

Todos los motores tienen que disponer de una forma de iniciar la ignición del combustible dentro del cilindro. Por ejemplo, en el sistema de ignición de los motores Otto, existe un componente llamado bobina de encendido, el cual es un auto-transformador de alto voltaje al cual se le conecta un conmutador que interrumpe la corriente del primario para que se induzca la chispa de alto voltaje en el secundario. Dichas chispas están sincronizadas con la etapa de compresión de cada uno de los cilindros; la chispa es dirigida al cilindro específico de la secuencia utilizando un distribuidor rotativo y unos cables de grafito que dirigen la descarga de alto voltaje a la bujía. El dispositivo que produce la ignición es la bujía, un conductor fijado a la pared superior de cada cilindro.

Si la bobina está en mal estado se sobrecalienta; esto produce pérdida de energía, aminora la chispa de las bujías y causa fallos en el sistema de encendido del automóvil.

La bujía contiene en uno de sus extremos dos electrodos separados entre los que la corriente de alto voltaje produce un arco eléctrico que enciende el combustible dentro del cilindro.

### Refrigeración:

Dado que la combustión produce calor, todos los motores deben disponer de algún tipo de sistema de refrigeración. Algunos motores estacionarios de automóviles y de aviones y los motores fueraborda se refrigeran con aire. Los cilindros de los motores que utilizan este sistema cuentan en el exterior con un conjunto de láminas de metal que emiten el calor producido dentro del cilindro. En otros motores se utiliza refrigeración por agua, lo que implica que los cilindros se encuentran dentro de una carcasa llena de agua que en los automóviles se hace circular mediante una bomba. El agua se refrigera al pasar por las láminas de un radiador. Es importante que el líquido que se usa para enfriar el motor no sea agua común y corriente porque los motores de combustión trabajan regularmente a temperaturas más altas que la temperatura de ebullición del agua, esto provoca una alta

presión en el sistema de enfriamiento dando lugar a fallas en los empaques y sellos de agua así como en el radiador; se usa un anticongelante pues no hierve a la misma temperatura que el agua, si no a mucho más alta temperatura, tampoco se congelará a temperaturas muy bajas.

Otra razón por la cual se debe de usar un anticongelante es que este no produce sarro ni sedimentos que se adhieren en las paredes del motor y del radiador formando una capa aislante que disminuirá la capacidad de enfriamiento del sistema. En los motores navales se utiliza agua del mar para la refrigeración.

### Sistema de Arranque:

Al contrario que los motores y las turbinas de vapor, los motores de combustión interna no producen un par de fuerzas cuando arrancan, lo que implica que debe provocarse el movimiento del cigüeñal para que se pueda iniciar el ciclo. Los motores de automoción utilizan un motor eléctrico (el motor de arranque) conectado al cigüeñal por un embrague automático que se desacopla en cuanto arranca el motor. Por otro lado, algunos motores pequeños se arrancan a mano girando el cigüeñal con una cadena o tirando de una cuerda que se enrolla alrededor del volante del cigüeñal. Otros sistemas de encendido de motores son los iniciadores de inercia, que aceleran el volante manualmente o con un motor eléctrico hasta que tiene la velocidad suficiente como para mover el cigüeñal; los iniciadores explosivos, que utilizan la explosión de un cartucho para mover una turbina acoplada al motor; oxígeno para alimentar las cámaras de combustión en los primeros movimientos. Los iniciadores de inercia y los explosivos se utilizan sobre todo para arrancar motores de aviones.

### 1.2.1 Características exteriores de los Motores de Combustión Interna (MCI). Característica ideal.

Las máquinas automotrices se mueven como resultado de la acción sobre ellas de diferentes fuerzas. Estas fuerzas se dividen en fuerzas que mueven la máquina automotriz (motrices) y fuerzas que se oponen al movimiento (resistencias). La principal fuerza motriz es la fuerza tractiva ( $P_t$ ), la cual se aplica a las ruedas motrices. Surge como resultado del trabajo de la fuente motriz, del sistema de transmisión y de la interacción de las ruedas motrices con la vía. Para la determinación de la fuerza tractiva se utiliza la característica exterior de velocidad del motor, la cual considera la dependencia de la potencia efectiva ( $N_e$ ), del momento efectivo ( $M_e$ ) y del consumo específico de combustible ( $g_e$ ) en función de la frecuencia de rotación del cigüeñal del motor ( $W$ ).

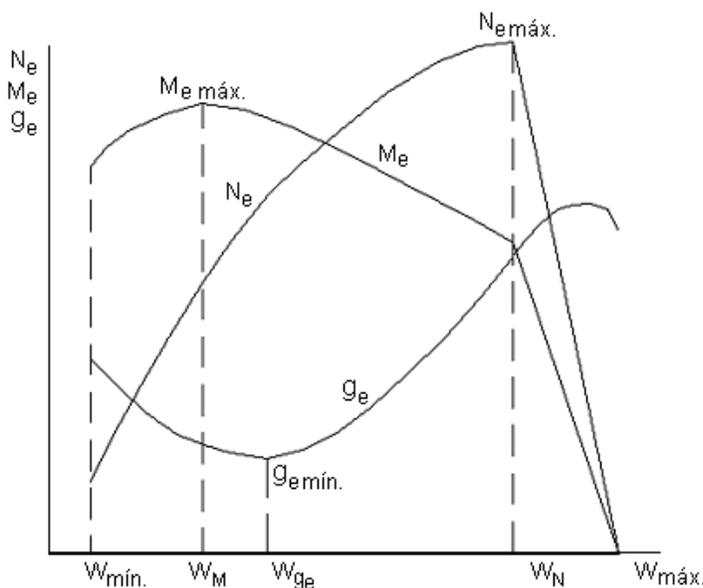


Figura 1.1: Característica exterior de velocidad de un M.C.I.

La característica exterior de velocidad del motor se obtiene para carga total, es decir, para máximo suministro de combustible. En la (figura 1.1) está representada la característica exterior de velocidad de un MCI, y se señalan los siguientes puntos característicos: frecuencia de rotación mínima y máxima ( $W_{\min.}$ ,  $W_{\max.}$ ), momento tursor máximo ( $M_e \text{ máx.}$ ), potencia máxima ( $N_e \text{ máx.}$ ) y consumo específico mínimo ( $g_e \text{ mín.}$ ). Las frecuencias de rotación que se corresponden con los parámetros  $N_e \text{ máx.}$ ,  $M_e \text{ máx.}$  y  $g_e \text{ mín.}$ , se han señalado por  $W_N$ ,  $W_M$  y  $W_{ge}$  respectivamente. [2]

### 1.3 Comparación entre las características de un motor real e ideal.

De la comparación se desprende lo inadecuadas que resultan para las máquinas automotrices, desde el punto de vista de las exigencias de tracción, las características de los actuales M.C.I. Pudiéramos preguntarnos: ¿por qué a pesar de esta dificultad se utilizan tan ampliamente los M.C.I. como fuente motriz de vehículos de todo tipo? La respuesta es necesario abordarla desde dos puntos de vista: en primer lugar las fuentes que garantizan una característica más aproximada a la ideal (las turbinas de gas y los motores eléctricos) confrontan dificultades de diferente género para sustituir los actuales M.C.I.; y en segundo lugar, los actuales sistemas de transmisión, se encargan de lograr una adecuación de la característica real a la ideal, a nivel de la rueda. Esta es una de las fundamentales funciones de la caja de velocidad y la reducción del puente motriz, dentro del sistema de transmisión (Figura 1.2.b), logrando una transición suave entre una marcha y la otra.

En la (Figura 1.2.a) podemos observar las características aproximadas de algunos tipos de motores, utilizados como fuente motriz de las máquinas automotrices. De ella podemos concluir, al compararlas con una característica ideal, que en el caso de un motor eléctrico o de una turbina de gas, no habría necesidad de utilizar un sistema de transmisión convencional, del tipo utilizado en los vehículos con M.C.I.

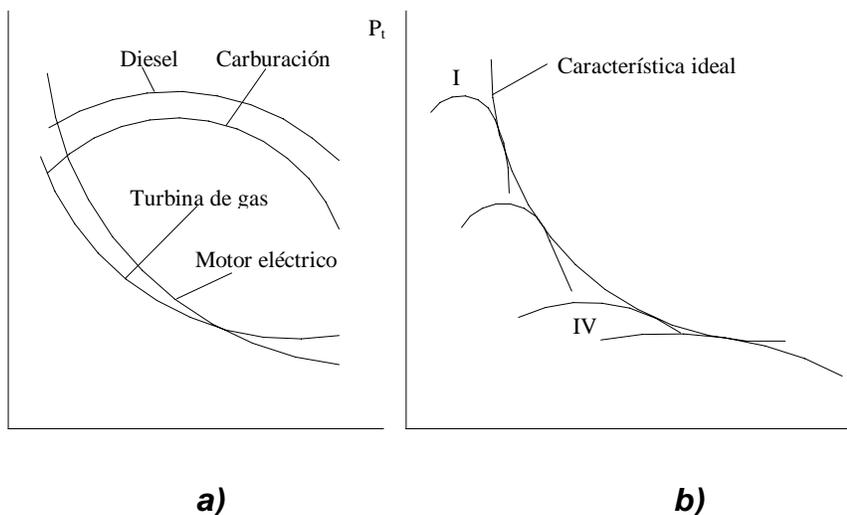


Figura 1.2: a)-Curvas de torque de diferentes tipos de fuentes energéticas; b)-Característica tractiva de un vehículo con M.C.I y sistema de transmisión con 4 marchas.

#### 1.4 Generalidades sobre los motores de carburación (Gasolina).

Se denomina carburación al proceso de preparación de la mezcla combustible. Este proceso incluye el movimiento del aire a través del carburador y por el colector de admisión del motor, el paso del combustible por los canales del cuerpo del carburador a través de orificios calibrados que dosifican el consumo de combustible (surtidores de combustible) y a través de válvulas de los dispositivos adicionales del carburador; la salida del combustible o de la emulsión aire – gasolina desde las toberas pulverizadoras, la pulverización del combustible en el flujo de aire, la volatilización y mezcla con el aire.

La dosificación del combustible y del aire realizada por el carburador hasta el instante en que la mezcla ingresa al cilindro representa la fase inicial de la formación de la mezcla. El proceso culmina en el cilindro durante la admisión y compresión, preparándose la mezcla combustible a un encendido forzado por la chispa eléctrica. [4]

En la carburación influyen los siguientes factores:

1. El tiempo.
2. La temperatura de la mezcla.
3. Los esquemas estructurales y la calidad del acabado de los elementos del sistema de admisión y de la cámara de combustión.
4. La calidad del combustible.
5. Los regímenes de funcionamiento del motor.

#### 1.5 Generalidades sobre los motores Diesel.

##### Sobre los motores Diesel:

El motor diesel es un motor térmico de combustión interna en el cual el encendido se logra por la temperatura elevada que produce la compresión del aire en el interior del cilindro. Fue inventado y patentado por Rudolf Diesel en 1892, del cual deriva su nombre. Fue diseñado inicialmente y presentado en la feria internacional de 1900 en París como el primer motor para "biocombustible" como aceite puro de palma o de coco. Diesel también reivindicó en su patente el uso de polvo de carbón como combustible, aunque no se utiliza por lo abrasivo que es. [5]

Principio de Funcionamiento:

Un motor diesel funciona mediante la ignición del combustible al ser inyectado en una cámara (o precámara, en el caso de inyección indirecta) de combustión que contiene aire a una temperatura superior a la temperatura de autocombustión, sin necesidad de chispa. La temperatura que inicia la combustión procede de la elevación de la presión que se produce en el segundo tiempo motor, la compresión. El combustible se inyecta en la parte superior de la cámara de compresión a gran presión, de forma que se atomiza y se mezcla con el aire a alta temperatura y presión. Como resultado, la mezcla se quema muy rápidamente. Esta combustión ocasiona que el gas contenido en la cámara se expanda, impulsando el pistón hacia abajo. La biela transmite este movimiento al cigüeñal, al que hace girar, transformando el movimiento lineal del pistón en un movimiento de rotación.

Para que se produzca la autoinflamación es necesario pre-calentar el aceite-combustible o emplear combustibles más pesados que los empleados en el motor de gasolina, empleándose la fracción de destilación del petróleo comprendida entre los 220 y 350°C, que recibe la denominación de gasóleo.

**1.6 Principales Ventajas y Desventajas del motor Diesel sobre el motor de Carburación. [6]**

Ya vistos algunas generalidades sobre los motores diesel y de carburación se exponen a continuación algunas de sus ventajas y desventajas entre los mismos.

Ventajas:

- a) *Economía de combustible:* El ahorro de combustible del motor Diesel es una ventaja notable sobre el motor del ciclo Otto o la turbina de gas. La diferencia casi siempre excede el 20%, contando el consumo en gramos por caballo – hora efectivo, y es con frecuencia, mucho mayor. A esto de añadirse que el combustible para motor Diesel es más barato que la gasolina. En consecuencia: por lo que se refiere al combustible, el motor Diesel produce un caballo de vapor a menos costo que el motor de gasolina de igual fuerza. Aunque el motor Diesel funciona mejor cuando los combustibles que se queman mantienen sus características dentro de los límites para los cuales se proyectó el motor, puede, sin embargo, consumir una variedad de combustibles mayor que el motor de gasolina.

- b) *Rendimiento*: El motor Diesel, entre los descubiertos hasta ahora, es el de más rendimiento de todos los de combustión interna, por el hecho de emplear el método más directo de transformar energía térmica de combustión en energía mecánica.
- c) *Riesgo de incendio*: El riesgo de incendio es mucho menor con el motor Diesel que con el de gasolina, porque el combustible de este no se inflama tan fácilmente. En muchas aplicaciones, como en la marina, (en motores fijos) y en la aviación, esta ventaja no sólo es conveniente sino esencial.
- d) *Fallos en el funcionamiento*: En el sistema de ignición o encendido y en el carburador se producen con frecuencia importantes causas de irregularidades en el mantenimiento del motor de gasolina, de las cuales está exento por completo el motor Diesel.
- e) *Distribución y consumo del combustible*: En el motor Diesel se distribuye el combustible más regularmente que en otros motores, y la mezcla se quema de un modo más uniforme, el sistema de inyección suministra el combustible en cantidades iguales para cada cilindro.
- f) *Potencia desarrollada*: Por quemarse más despacio el combustible en el motor Diesel, el período de expansión de los gases es mucho mayor que la del motor de gasolina, del mismo consumo.

Desventajas:

- a) *Mayor costo de instalación*: Naturalmente el motor Diesel cuesta más adquirirlo e instalarlo. Esto obedece a que necesita un sistema de inyección de construcción extraordinariamente preciso, y también a su mayor peso por caballo efectivo. Una de las razones principales de su mayor costo es de que se construye un número menor, porque la demanda de estos motores no justifica aún el montaje de máquinas para la producción en serie, como ocurre con los motores de gasolina.
- b) *Mayor peso*: El motor diesel suele ser más pesado que el de gasolina, principalmente porque necesita mayor robustez y consistencia para resistir los grandes esfuerzos que le imponen las altas presiones de la compresión y la explosión. Al proyectar tales motores, han de tenerse en cuenta factores de seguridad satisfactorios para afrontar los esfuerzos producidos al funcionar a pleno rendimiento. Las piezas pesadas como émbolos, bielas y ejes, fijan un límite al número de *rpm*, y por lo tanto, a la potencia.

- c) *Funcionamiento ruidoso:* La mayoría de los motores Diesel son ruidosos, y con frecuencia su funcionamiento da la sensación de brusquedad o golpeo. Esto se debe a las elevadas presiones máximas de la combustión en el cilindro.
- d) *Humos en el escape:* Una dificultad muy desagradable desde los primeros tiempos del motor Diesel ha sido el exceso de humo del escape. Aunque se ha reducido mucho, sigue siendo un inconveniente serio donde el humo pueda ser perjudicial. A medida que vaya mejorando la inyección del combustible y se queme éste mejor, irá disminuyendo en el escape. En cambio el escape está prácticamente libre de monóxido de carbono (CO).
- e) *Dificultades de arranque:* El motor Diesel se pone siempre en marcha con más dificultad que cualquier motor de gasolina. Esto obedece, ante todo, al mayor grado de compresión, que requieren acumuladores mayores si el arranque es eléctrico, así como motores de mayor par de arranque inicial. Las dificultades son mucho más grandes cuando el tiempo es muy frío.
- f) *Las piezas del movimiento alternativo son más pesadas:* El motor Diesel no es tan flexible como el de gasolina; como que sus piezas de movimiento alternativo son más pesadas, no obedece con tanta rapidez como este último cuando se le corta la alimentación de combustible. Además, la vibración en el motor Diesel es mayor que en el de gasolina, a causa del mayor peso de dichas piezas, y al propio tiempo, porque las presiones de combustión son más grandes.
- g) *Dificultades de engrase:* El motor Diesel presenta, en su funcionamiento, más dificultades de engrase que el de gasolina. Hay que limpiar los filtros con más frecuencia. El aceite combustible debe filtrarse muy bien, para eliminar todo el polvo y las sustancias extrañas antes de inyectarlo. Las bombas de inyección, así como las toberas y válvulas de combustible, han de protegerse del desgaste y de las rayaduras que origina el combustible sucio, que también puede agarrotar las piezas muy ajustadas que hay en el circuito de inyección.

### 1.7 Sistema de transmisión.

En la (Figura 1.3) se muestra un esquema de una máquina automotriz, con un sistema de transmisión en serie, con puente motriz trasero, donde:

1. Motor.
2. Embrague.
3. Caja de velocidades.
4. Barra de transmisión.
5. Uniones cardánicas.
6. Puente trasero.

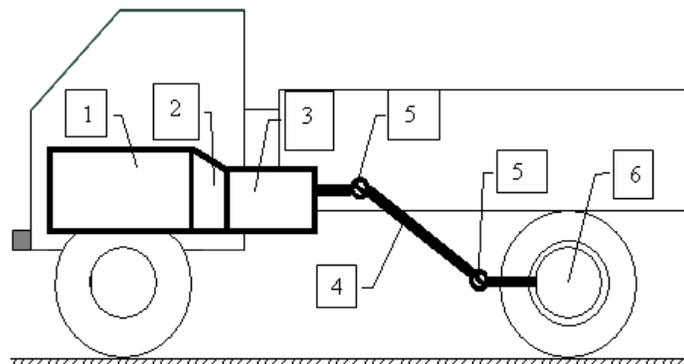


Figura 1.3: Sistema de transmisión con un puente motriz.

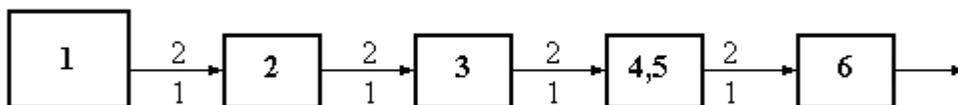


Figura 1.4: Diagrama de bloques del sistema de transmisión del vehículo que tiene sus ruedas motrices en un solo eje.

Los puntos 1 y 2 señalan la entrada y salida de potencia a los diferentes agregados (conjuntos) del sistema. Considerando esta notación, un punto cualquiera del sistema de transmisión se puede designar por dos cifras, la primera simboliza el conjunto y la segunda la entrada o salida. [7]

La eficiencia del sistema de transmisión se calcula para toda la cadena cinemática de un vehículo, dentro de esta se encuentran la eficiencia de la caja de velocidades, la del puente motriz, la del embrague y la de las uniones cardánicas. Esta se determina como:

$$\eta_O = \eta_C * \eta_P * \eta_{Emb} * \eta_{U.C}$$

Conjunto o elemento mecánico del sistema de transmisión		Eficiencia
Embrague de fricción		0.995
Pareja de ruedas dentadas:	Externas	0.980
	Internas	0.985
Cojinetes de rodamientos		0.995
Unión cardán		0.995
Par cónico	Normal	0.92-0.95
	Hipoidal	0.96-0.98

Tabla 1.1: Eficiencia de la transmisión para varios elementos del sistema de transmisión [8].

Caja de velocidades:

Las cajas de velocidades se clasifican atendiendo a la forma de su funcionamiento en dos grandes grupos: [9]

- *Cajas mecánicas:* Son aquellas en que la transmisión del flujo de potencia se realiza solo por elementos mecánicos. Los elementos usados en la actualidad en estas cajas son los engranajes. Las cajas mecánicas se dividen a su vez, en cajas que tienen los árboles fijos y en cajas que sus árboles rotan con respecto a un punto.
- *Cajas hidromecánicas:* Están compuestas de un elemento hidrocínético (embrague o convertidor) y una reducción mecánica.

La caja de cambio que presenta el GAZ- 53 es mecánica, de 3 pasos con cuatro velocidades para el movimiento hacia delante y una marcha atrás. Esta presenta sincronizadores para las velocidades primera, segunda y tercera.

### Embrague:

El embrague del automóvil es un acoplamiento de bloqueo, que sirve para separar durante intervalos cortos de tiempo al motor del sistema de transmisión y unirlos de nuevo de forma progresiva, así como evitar sobrecargas dinámicas que aparecen durante el movimiento no uniforme del vehículo sobre las irregularidades del camino. El embrague se coloca entre el motor y la caja de velocidades, o sea, antes de la transmisión de fuerzas.

La unión progresiva del motor y la transmisión es necesaria para que al cambiar las relaciones de transmisión el motor no se ahogue, y también para que el cambio de marchas se lleve a cabo sin sacudidas, sobre todo durante el arranque del vehículo. La progresividad de conexión del embrague se garantiza mediante la estructura del acoplamiento, por medio de la cual la unión entre las partes conductoras y conducidas se realiza por medio de las fuerzas de fricción, hidrocínicas o de los campos electromagnéticos. [9]

### Árbol de transmisión:

El árbol de transmisión es el encargado de transmitir el movimiento desde la caja de cambios al grupo cónico diferencial. Está construido en acero especial altamente resistente a la torsión, su constitución, macizo o hueco, y su sección viene determinados por su longitud, par a transmitir y velocidad de rotación.

Como el puente trasero va enlazado al bastidor o carrocería por medio del sistema de suspensión, sus oscilaciones (Figura 1.5) hacen que el árbol de transmisión no esté siempre en exacta prolongación con el secundario de la caja de cambios sino que formará ángulos variables por lo que necesitará juntas universales que le permitan transmitir el giro sin dificultad, y además precisará compensar las diferencias de distancia o longitud que tales oscilaciones producen entre el engranaje trasero y la caja de velocidades. Por ello se colocan juntas universales, que son de dos tipos: flexibles o cardán.

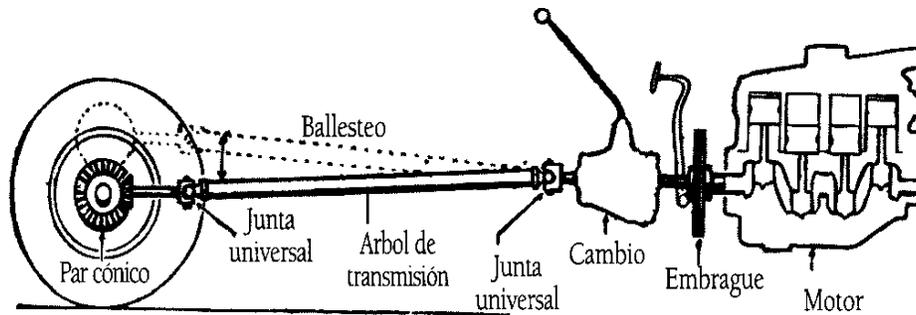


Figura 1.5: Árbol de la transmisión.

Transmisión a las ruedas:

El giro del motor, que puede interrumpirse a voluntad en el embrague, pasa por la caja de cambios y llega al puente trasero (Figura 1.6), en el que tiene que comunicarse a las ruedas colocadas en un eje transversal. Este cambio en ángulo recto se consigue por el engranaje del piñón de ataque P (en el extremo del árbol de transmisión) y de la corona R montada sobre el eje de las ruedas y que comunica a éstas el movimiento del motor.

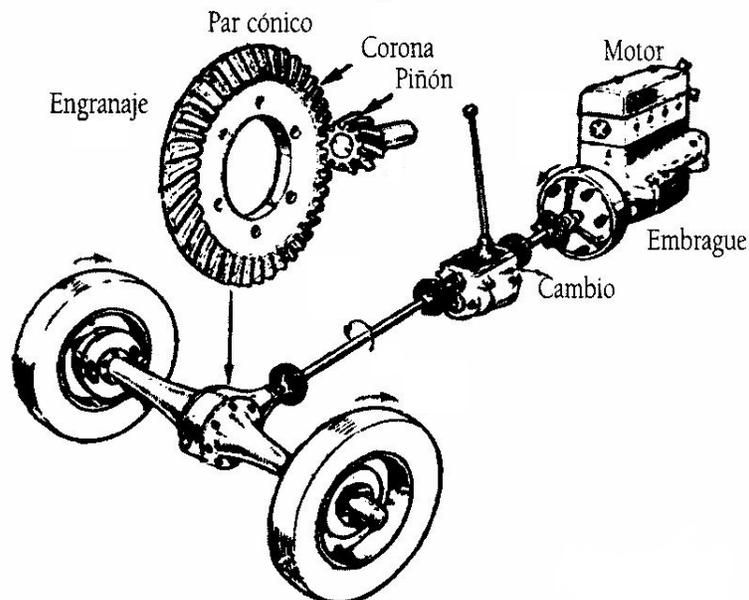


Figura 1.6: Transmisión del giro del motor a las ruedas traseras.

### 1.8 Característica exterior de velocidad.

La construcción de la característica exterior de velocidad consiste en graficar la potencia ( $N_{ex}$ ) y el torque ( $M_{ex}$ ) del motor para máxima abertura de la mariposa para motores de carburación y para máxima inyección de combustible para motores Diesel en función de la velocidad de giro del motor. Para llevar a cabo el cálculo de la característica exterior de los motores, es necesario establecer un rango de velocidades de giro del motor en revoluciones por minuto (rpm) en función de las rpm: máximas, mínimas, a torque máximo y a potencia máxima, estableciendo intervalos de acuerdo a la precisión que se quiera obtener en los cálculos. De esta forma se obtendrían los valores  $n_1, n_2, n_3, n_4, n_5, \dots, n_n$ : [10]

$$N_{ex} = N_{e_{max}} \left[ a \left( \frac{n_x}{n_N} \right) + b \left( \frac{n_x}{n_N} \right)^2 - c \left( \frac{n_x}{n_N} \right)^3 \right] \quad M_{ex} = \frac{N_{ex} * 10^3 * 30}{n_x * \pi}$$

### 1.9 Fuerza de resistencia al aire (Pa).

Sobre la superficie exterior del automóvil, el cual se mueve en la atmósfera terrestre, actúa una fuerza llamada resistencia al aire. Esta fuerza es la resultante de las fuerzas normales unitarias y de las fuerzas tangenciales unitarias que actúan sobre la superficie total del automóvil. La fuerza de resistencia al aire (Pa) se calcula en la dirección del movimiento del automóvil y su sentido es contrario al de la velocidad del mismo, mientras más aerodinámico es un automóvil menor será la resistencia al aire (Figura 1.7). [7]

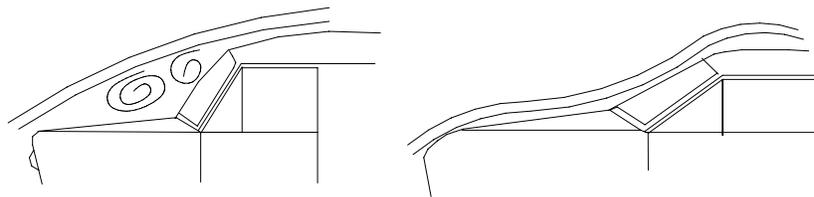


Figura 1.7: Resistencia al aire según forma aerodinámica.

Para determinar esta fuerza se utiliza la siguiente fórmula.

$$P_a = K * F * V^2$$

Donde:

K: Coeficiente aerodinámico.

F: Área frontal del vehículo, en m<sup>2</sup>.

V: Velocidad del vehículo, en km/h.

### 1.10 Conclusiones parciales.

1. Es necesario conocer las cualidades de explotación de los diferentes tipos de vehículos logrando de esta manera aumentos en su productividad y disminución de los costos de las transportaciones, aumentando la velocidad media de movimiento y disminuyendo el consumo de combustible.
2. Hoy en día no se ha encontrado sustitución para los M.C.I. ya que las fuentes que garantizan una característica más aproximada a la ideal confrontan dificultades de diferentes géneros.
3. Entre los M.C.I., el motor Diesel, es el más eficiente de todos, por el hecho de emplear el método más directo de transformar energía térmica de combustión en energía mecánica.

## **Capítulo 2: Análisis funcional y recálculo de los parámetros principales de salida del GAZ – 53 y el YUCHAI de 4 cilindros.**

En este capítulo se brinda la información necesaria para el análisis y el estudio detallado de los motores GAZ-53 y YUCHAI, en el cual se recopilan sus características técnicas y datos de interés que brinda el fabricante, además de los diferentes parámetros que se deben de tener en cuenta en los cálculos posteriores.

### **2.1 Análisis de los principales parámetros del motor GAZ-53 de 8 cilindros y el YUCHAI de 4 cilindros.**

El motor del GAZ-53 es de procedencia soviética, el cual está diseñado para los camiones del propio nombre, empleados fundamentalmente en el transporte de carga. Este presenta un sistema de lubricación combinado, el modo de refrigeración es por agua, forzada, por bomba centrífuga. [11]

El motor diesel (*Anexo 1*) de serie YC4108ZQ es una nueva producción proyectada por la sociedad anónima de motor YUCHAI para el mercado de furgoneta y autobús ligero. Aprovecha la turbina de extractor turbo-cargada, por el cual el motor aumenta su fuerza. Esta serie es de buena energía, más económica y estable, con un uso amplio, por eso está muy adecuada para su uso en furgonetas y autobús ligero. También con unas modificaciones puede servir a las mecánicas del transporte en la agricultura y cosecha perfectamente. El modo de lubricación que presenta es con presión y en salpicadura mientras que el modo de refrigeración es compulsiva con circulación cerrada de agua. [12]

A continuación se presentan los principales parámetros de ambos motores y una comparación entre ellos.

Parámetros	GAZ-53	YUCHAI
Número de cilindros	8 en V	4 en línea
Diámetro de los cilindros	92 mm	108 mm.
Recorrido del pistón	80 mm	115 mm.
Potencia máxima	85 kW	90 kW.
Torque máximo que brinda el motor	290 N·m	350 N·m
Velocidad máx. de esfuerzo de torsión	2500 rpm	1800 rpm
rpm demarcada	3200 rpm	2800 rpm
Modo de arranque	12 Volt	24 Volt
Combustible	Gasolina	Diesel

Tabla 2.1: Comparación entre los datos técnicos de los dos motores:

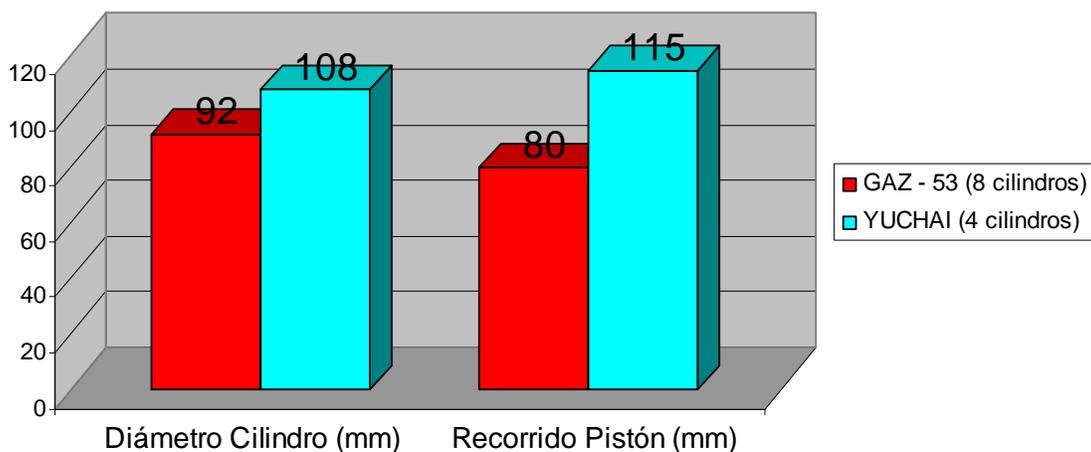


Figura 2.1: Comparación entre los dos motores en cuanto a Diámetro y Dimensiones del Cilindro.

## 2.2 Recálculo de la Velocidad, Momento Torsor y Potencia de salida para el motor GAZ – 53 (carburación) de 8 cilindros.

En toda remotorización de vehículos es conveniente tener en cuenta diferentes aspectos esenciales en cuanto al diseño y acoplamiento de sus partes, pero principalmente se debe hacer énfasis en las características técnicas del motor, dentro de las cuales se resaltan: la Potencia, Momento Torsor y Velocidad de salida.

- Relaciones de transmisión del vehículo GAZ-53.[111]

<u>Relación de transmisión de la caja de velocidad:</u> 1ra velocidad	⇒ 6.55
2da velocidad	⇒ 3.09
3ra velocidad	⇒ 1.71
4ta velocidad	⇒ 1.0
Marcha atrás	⇒ 7.77

Transmisión Cardán: De tipo abierto. Tiene dos árboles y tres juntas cardánicas con cojinetes de agujas.

Transmisión principal: Cónica, de tipo hipoide con relación de transmisión 6.83.

Diferencial: Cónico, de engranajes.

- Esquema cinemático del mecanismo para el motor YUCHAI.

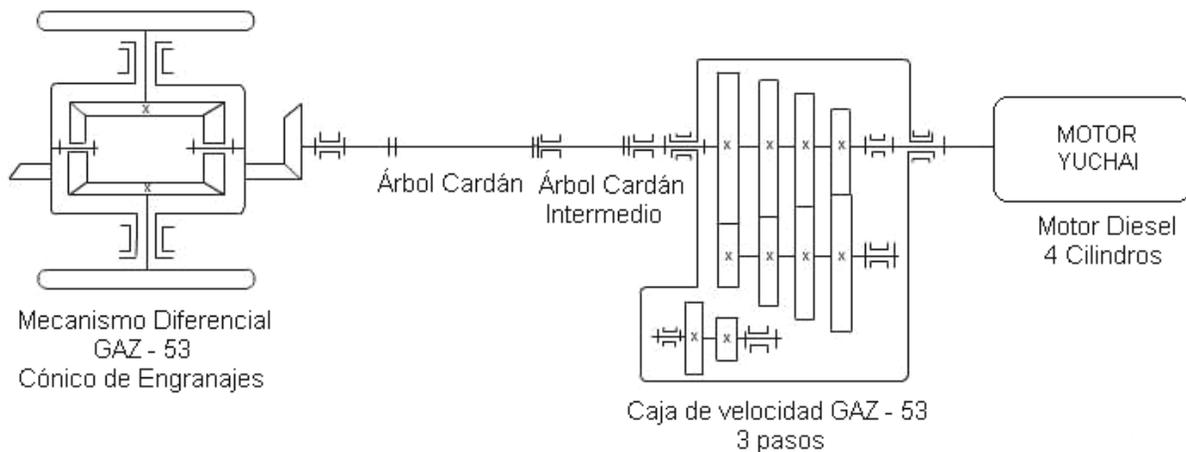


Figura 2.2: Esquema cinemático del mecanismo.

**2.2.1 Recálculo de los parámetros de salida para el motor GAZ – 53 (carburación) de 8 cilindros.**

Para la 1ra velocidad:

$$Mt_{salida} = Mt_{motor} * i_{caja} * i_{ejetrasero}$$

$$Mt_{salida} = 290N \cdot m * 6.55 * 6.83$$

$$Mt_{salida} = 12973.5N \cdot m$$

$$V_{salida} = \frac{n_{motor}}{i_{caja} * i_{ejetrasero}}$$

$$V_{salida} = \frac{2500 \text{ r / min}}{6.55 * 6.83}$$

$$V_{salida} = 55.88 \text{ r / min}$$

$$N_{salida} = \frac{Mt * n}{9550}$$

$$N_{salida} = \frac{12973.5N \cdot m * 55.88r / \text{min}}{9550}$$

$$N_{salida} \approx 76kW$$

Para la 2da velocidad:

$$Mt_{salida} = Mt_{motor} * i_{caja} * i_{ejetrasero}$$

$$Mt_{salida} = 290N \cdot m * 3.09 * 6.83$$

$$Mt_{salida} = 6120.3N \cdot m$$

$$V_{salida} = \frac{n_{motor}}{i_{caja} * i_{ejetrasero}}$$

$$V_{salida} = \frac{2500 \text{ r / min}}{3.09 * 6.83}$$

$$V_{salida} = 118.45 \text{ r / min}$$

$$N_{salida} = \frac{Mt * n}{9550}$$

$$N_{salida} = \frac{6120.3N \cdot m * 118.45r / \text{min}}{9550}$$

$$N_{salida} \approx 76kW$$

Para la 3ra velocidad:

$$Mt_{salida} = Mt_{motor} * i_{caja} * i_{ejetrasero}$$

$$Mt_{salida} = 290N \cdot m * 1.71 * 6.83$$

$$Mt_{salida} = 3386.9N \cdot m$$

$$V_{salida} = \frac{n_{motor}}{i_{caja} * i_{ejetrasero}}$$

$$V_{salida} = \frac{2500 \text{ r / min}}{1.71 * 6.83}$$

$$V_{salida} = 214.05 \text{ r / min}$$

$$N_{salida} = \frac{Mt * n}{9550}$$

$$N_{salida} = \frac{3386.9N \cdot m * 214.05r / \text{min}}{9550}$$

$$N_{salida} \approx 76kW$$

Para la 4ta velocidad:

$$Mt_{salida} = Mt_{motor} * i_{caja} * i_{ejetrasero}$$

$$Mt_{salida} = 290N \cdot m * 1.71 * 6.83$$

$$Mt_{salida} = 1980.7N \cdot m$$

$$V_{salida} = \frac{n_{motor}}{i_{caja} * i_{ejetrasero}}$$

$$V_{salida} = \frac{2500 r / \text{min}}{1.0 * 6.83}$$

$$V_{salida} = 366.03 r / \text{min}$$

$$N_{salida} = \frac{Mt * n}{9550}$$

$$N_{salida} = \frac{1980.7N \cdot m * 366.03r / \text{min}}{9550}$$

$$N_{salida} \approx 76kW$$

Para la Marcha Atrás

$$Mt_{salida} = Mt_{motor} * i_{caja} * i_{ejetrasero}$$

$$Mt_{salida} = 290N \cdot m * 7.77 * 6.83$$

$$Mt_{salida} = 15390N \cdot m$$

$$V_{salida} = \frac{n_{motor}}{i_{caja} * i_{ejetrasero}}$$

$$V_{salida} = \frac{2500 r / \text{min}}{7.77 * 6.83}$$

$$V_{salida} = 47.10 r / \text{min}$$

$$N_{salida} = \frac{Mt * n}{9550}$$

$$N_{salida} = \frac{15390N \cdot m * 47.10r / \text{min}}{9550}$$

$$N_{salida} \approx 76kW$$

## 2.2.2 Recálculo de los parámetros de salida para el motor YUCHAI (Diesel) de 4 cilindros.

Para la 1ra velocidad:

$$Mt_{salida} = Mt_{motor} * i_{caja} * i_{ejetrasero}$$

$$Mt_{salida} = 350N \cdot m * 6.55 * 6.83$$

$$Mt_{salida} = 15657.8N \cdot m$$

$$V_{salida} = \frac{n_{motor}}{i_{caja} * i_{ejetrasero}}$$

$$V_{salida} = \frac{1800 r / min}{6.55 * 6.83}$$

$$V_{salida} = 40.24 r / min$$

$$N_{salida} = \frac{Mt * n}{9550}$$

$$N_{salida} = \frac{15657.8N \cdot m * 40.24r / min}{9550}$$

$$N_{salida} \approx 66kW$$

Para la 2da velocidad:

$$Mt_{salida} = Mt_{motor} * i_{caja} * i_{ejetrasero}$$

$$Mt_{salida} = 350N \cdot m * 3.09 * 6.83$$

$$Mt_{salida} = 7386.6N \cdot m$$

$$V_{salida} = \frac{n_{motor}}{i_{caja} * i_{ejetrasero}}$$

$$V_{salida} = \frac{1800 r / min}{3.09 * 6.83}$$

$$V_{salida} = 85.3r / min$$

$$N_{salida} = \frac{Mt * n}{9550}$$

$$N_{salida} = \frac{7386.6N \cdot m * 85.3r / min}{9550}$$

$$N_{salida} \approx 66kW$$

Para la 3ra velocidad:

$$Mt_{salida} = Mt_{motor} * i_{caja} * i_{ejetrasero}$$

$$Mt_{salida} = 350N \cdot m * 1.71 * 6.83$$

$$Mt_{salida} = 4087.8N \cdot m$$

$$V_{salida} = \frac{n_{motor}}{i_{caja} * i_{ejetrasero}}$$

$$V_{salida} = \frac{1800 r / min}{1.71 * 6.83}$$

$$V_{salida} = 154.1r / min$$

$$N_{salida} = \frac{Mt * n}{9550}$$

$$N_{salida} = \frac{4087.8N \cdot m * 154.1r / \text{min}}{9550}$$

$$N_{salida} \approx 66kW$$

Para la 4ta velocidad:

$$Mt_{salida} = Mt_{motor} * i_{caja} * i_{ejetrasero}$$

$$Mt_{salida} = 350N \cdot m * 1.0 * 6.83$$

$$Mt_{salida} = 2390.5N \cdot m$$

$$V_{salida} = \frac{n_{motor}}{i_{caja} * i_{ejetrasero}}$$

$$V_{salida} = \frac{1800 r / \text{min}}{1.0 * 6.83}$$

$$V_{salida} = 263.5 r / \text{min}$$

$$N_{salida} = \frac{Mt * n}{9550}$$

$$N_{salida} = \frac{2390.5N \cdot m * 263.5r / \text{min}}{9550}$$

$$N_{salida} \approx 66kW$$

Para la Marcha Atrás:

$$Mt_{salida} = Mt_{motor} * i_{caja} * i_{ejetrasero}$$

$$Mt_{salida} = 350N \cdot m * 7.77 * 6.83$$

$$Mt_{salida} = 18574.2N \cdot m$$

$$V_{salida} = \frac{n_{motor}}{i_{caja} * i_{ejetrasero}}$$

$$V_{salida} = \frac{1800 r / \text{min}}{7.77 * 6.83}$$

$$V_{salida} = 33.9 r / \text{min}$$

$$N_{salida} = \frac{Mt * n}{9550}$$

$$N_{salida} = \frac{18574.2N \cdot m * 33.9r / \text{min}}{9550}$$

$$N_{salida} \approx 66kW$$

### 2.3 Comparación entre los parámetros recalculados para ambos motores.

Ya recalculados los parámetros principales para ambos motores a continuación se muestra una comparación mediante algunas tablas y gráficas.

Marchas	GAZ - 53	YUCHAI
1 <sup>ra</sup>	12 973.5 N·m	15 657.8 N·m
2 <sup>da</sup>	6 120.3 N·m	7 386.6 N·m
3 <sup>ra</sup>	3 386.9 N·m	4 087.8 N·m
4 <sup>ta</sup>	1 980.7 N·m	2 390.5 N·m
M. Atrás	15 390 N·m	18 574.2 N·m

Tabla 2.2: Resumen de los resultados para el recálculo del Momento Torsor de salida.

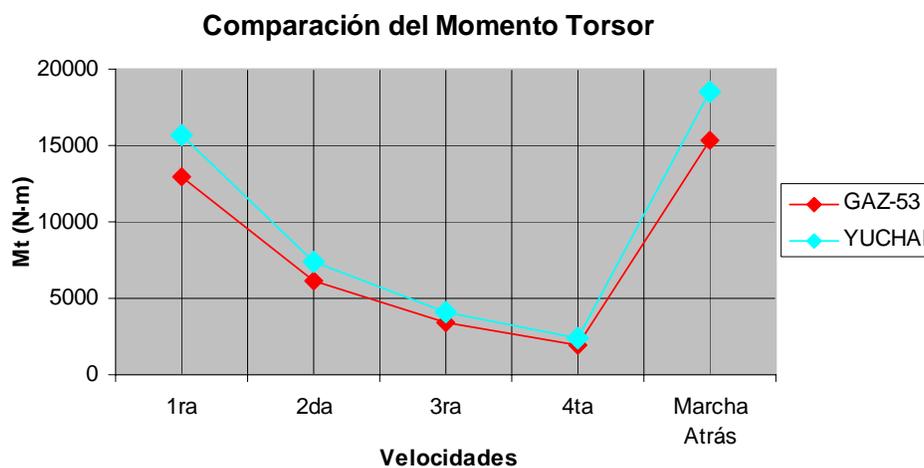


Figura 2.3: Comparación entre los resultados del recálculo para el Momento Torsor.

Marchas	GAZ - 53	YUCHAI
1 <sup>ra</sup>	55.88 rpm	40.24 rpm
2 <sup>da</sup>	118.45 rpm	85.3 rpm
3 <sup>ra</sup>	214.05 rpm	154.1 rpm
4 <sup>ta</sup>	366.03 rpm	263.5 rpm
M. Atrás	47.10 rpm	33.9 rpm

Tabla 2.3: Resumen de los resultados para el recálculo de la Velocidad de salida.

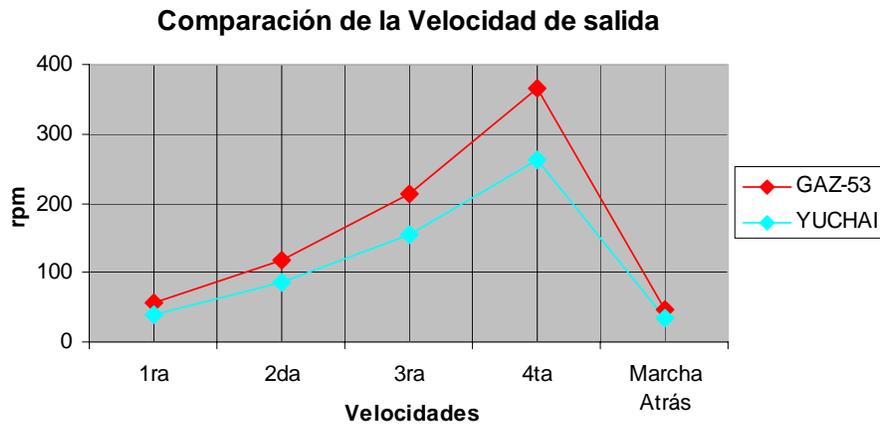


Figura 2.4: Comparación entre los resultados del recálculo para la Velocidad de Salida.

Marchas	GAZ - 53	YUCHAI
1 <sup>ra</sup>	76kW	66kW
2 <sup>da</sup>	76kW	66kW
3 <sup>ra</sup>	76kW	66kW
4 <sup>ta</sup>	76kW	66kW
M. Atrás	76kW	66kW

Tabla 2.4: Resumen de los resultados para el recálculo de Potencia de salida.

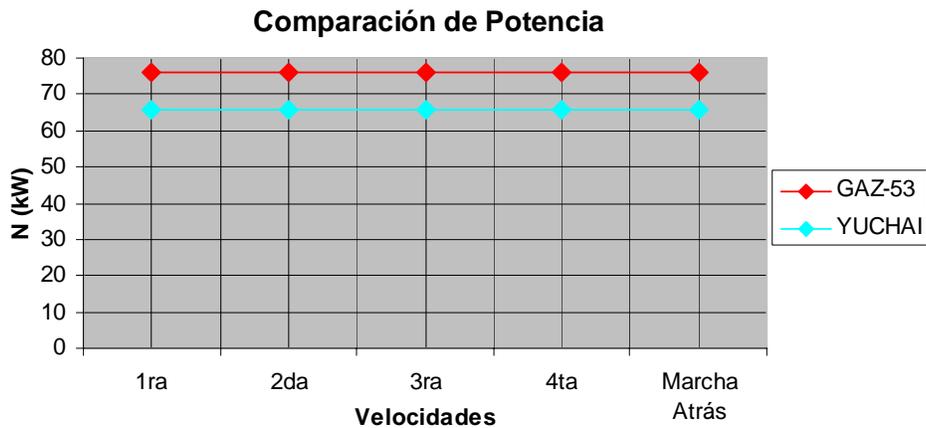


Figura 2.5: Comparación entre los resultados del recálculo para la Potencia.

## **2.4 Conclusiones parciales.**

1. Para todas las velocidades en ambos motores la potencia de salida se mantiene constante, ya que en cualquier velocidad se puede llevar el motor a potencia máxima.
2. Los valores obtenidos en el recálculo de los parámetros de salida del vehículo GAZ-53 a partir de la utilización del motor diesel de 4 cilindros se corresponden aceptablemente dentro de los del antiguo motor de gasolina, por lo cual la caja de velocidad no recibe mayores sobrecargas y puede funcionar sin dificultad.

## Capítulo 3: Cálculo de la cadena cinemática del GAZ – 53 a partir de la remotorización con motor YUCHAI de 4 cilindros.

En este capítulo serán calculados, con los dos motores, los parámetros de la cadena cinemática del vehículo GAZ – 53, tales como: la característica exterior de velocidad, la eficiencia del sistema de transmisión, la fuerza tractiva, la resistencia al aire, la resistencia al camino, la característica tractiva ideal y el consumo de combustible. La metodología utilizada para el cálculo de la cadena cinemática de ambos motores se corresponde para cualquier motor diesel o de carburación. [10]

### 3.1 Cálculo de la característica exterior de velocidad.

La construcción de la característica exterior de velocidad consiste en graficar la potencia y el torque del motor (*Anexo 3 y 4*) para máxima abertura de la mariposa para motores de carburación y para máxima inyección de combustible para motores Diesel en función de la velocidad de giro del motor. Para llevar a cabo el cálculo de la característica exterior de los motores original y modificado, es necesario establecer un rango de velocidades de giro del motor en revoluciones por minuto (rpm) en función de las rpm: máximas, mínimas, a torque máximo y a potencia máxima, estableciendo intervalos de acuerdo a la precisión que se quiera obtener en los cálculos. De esta forma se obtendrían los valores  $n_1, n_2, n_3, n_4, n_5, \dots, n_n$ . Estos valores pueden ser diferentes para ambos motores.

Para ambos motores la potencia para cada uno de los puntos de rpm prefijados se determina mediante la ecuación:

$$N_{ex} = N_{e_{max}} \left[ a \left( \frac{n_x}{n_N} \right) + b \left( \frac{n_x}{n_N} \right)^2 - c \left( \frac{n_x}{n_N} \right)^3 \right] \quad (\text{kW})$$

Donde:

$N_{e_{max}}$  : Potencia máxima del motor.

$n_x$  : Velocidad de giro en rpm.

$n_N$  : rpm del motor a potencia máxima.

$a, b, c$  : Coeficientes.

➤ **Para motor de carburación:**

En los motores de carburación (gasolina) los coeficientes (a, b, c) tomarán un valor de 1 según recomendaciones existentes en las conferencias de la asignatura Máquinas Automotrices. [8]

Datos:

$$N_{e_{\max}} = 85 \text{ kW}$$

$$n_x = 2500 \text{ rpm}, 2675 \text{ rpm}, 2850 \text{ rpm}, 3025 \text{ rpm}, 3200 \text{ rpm}.$$

$$n_N = 3200 \text{ rpm}$$

$$a, b, c = 1$$

Para  $n_x = 2500 \text{ rpm}$

$$N_{ex} = N_{e_{\max}} \left[ a \left( \frac{n_x}{n_N} \right) + b \left( \frac{n_x}{n_N} \right)^2 - c \left( \frac{n_x}{n_N} \right)^3 \right]$$

$$N_e = 85 \text{ kW} \left[ 1 \left( \frac{2500 \text{ rpm}}{3200 \text{ rpm}} \right) + 1 \left( \frac{2500 \text{ rpm}}{3200 \text{ rpm}} \right)^2 - 1 \left( \frac{2500 \text{ rpm}}{3200 \text{ rpm}} \right)^3 \right]$$

$$N_e = 77.75 \text{ kW}$$

Para  $n_x = 2675 \text{ rpm}$

$$N_e = 85 \text{ kW} \left[ 1 \left( \frac{2675 \text{ rpm}}{3200 \text{ rpm}} \right) + 1 \left( \frac{2675 \text{ rpm}}{3200 \text{ rpm}} \right)^2 - 1 \left( \frac{2675 \text{ rpm}}{3200 \text{ rpm}} \right)^3 \right]$$

$$N_e = 80.80 \text{ kW}$$

Para  $n_x = 2850 \text{ rpm}$

$$N_e = 85 \text{ kW} \left[ 1 \left( \frac{2850 \text{ rpm}}{3200 \text{ rpm}} \right) + 1 \left( \frac{2850 \text{ rpm}}{3200 \text{ rpm}} \right)^2 - 1 \left( \frac{2850 \text{ rpm}}{3200 \text{ rpm}} \right)^3 \right]$$

$$N_e = 83.08 \text{ kW}$$

Para  $n_x = 3025 \text{ rpm}$

$$N_e = 85kW \left[ 1 \left( \frac{3025rpm}{3200rpm} \right) + 1 \left( \frac{3025rpm}{3200rpm} \right)^2 - 1 \left( \frac{3025rpm}{3200rpm} \right)^3 \right]$$

$$N_e = 84.51kW$$

Para  $n_x = 3200 \text{ rpm}$

$$N_e = 85kW \left[ 1 \left( \frac{3200rpm}{3200rpm} \right) + 1 \left( \frac{3200rpm}{3200rpm} \right)^2 - 1 \left( \frac{3200rpm}{3200rpm} \right)^3 \right]$$

$$N_e = 85kW$$

➤ **Para motor Diesel:**

En los motores Diesel los coeficientes a, b, c se determinan como: [10]

$$a = \frac{(E \cdot e_n - 2 \cdot E) + 1}{(e_n - 1)^2} \quad b = \frac{2 \cdot E - 2 \cdot e_n}{(e_n - 1)^2} \quad c = \frac{E \cdot e_n - e_n^2}{(e_n - 1)^2}$$

Donde:

$e_N$ : Coeficiente de elasticidad de las revoluciones.

$e_M$ : Coeficiente de elasticidad del torque.

$E$ : Coeficiente de elasticidad total.

Que se pueden obtener por las expresiones:

$$e_N = \frac{n_N}{n_M} \quad e_M = \frac{M_{\text{máx}}}{M_N} \quad E = e_n * e_M$$

Donde:

$M_{\text{máx}}$ : Torque máximo que brinda el motor.

$n_M$ : rpm del motor a torque máximo.

$M_N$ : Torque que brinda el motor a potencia máxima.

Datos:

$$n_N = 2800 \text{ rpm}$$

$$n_M = 1800 \text{ rpm}$$

$$M_{\max} = 350 \text{ N}\cdot\text{m}$$

$$M_N = 310 \text{ N}\cdot\text{m}$$

$$N_{e_{\max}} = 90 \text{ kW}$$

$$n_x = 1800 \text{ rpm}, 2050 \text{ rpm}, 2300 \text{ rpm}, 2550 \text{ rpm}, 2800 \text{ rpm}.$$

$$e_n = \frac{n_N}{n_M} = \frac{2800 \text{ rpm}}{1800 \text{ rpm}} = 1.56$$

$$e_M = \frac{M_{\max}}{M_N} = \frac{350 \text{ N}\cdot\text{m}}{310 \text{ N}\cdot\text{m}} = 1.13$$

$$E = e_n * e_M = 1.56 * 1.13 = 1.76$$

$$a = \frac{(E \cdot e_n - 2 \cdot E) + 1}{(e_n - 1)^2} = \frac{[(1.76 * 1.56) - (2 * 1.76)] + 1}{(1.56 - 1)^2} = 0.72$$

$$b = \frac{2 \cdot E - 2 \cdot e_n}{(e_n - 1)^2} = \frac{(2 * 1.76) - (2 * 1.56)}{(1.56 - 1)^2} = 1.27$$

$$c = \frac{E \cdot e_n - e_n^2}{(e_n - 1)^2} = \frac{(1.56 - 1.76) - (1.56)^2}{(1.56 - 1)^2} = 0.99$$

Para  $n_x = 1800 \text{ rpm}$

$$N_e = 90 \text{ kW} \left[ 0.72 \left( \frac{1800 \text{ rpm}}{2800 \text{ rpm}} \right) + 1.27 \left( \frac{1800 \text{ rpm}}{2800 \text{ rpm}} \right)^2 - 0.99 \left( \frac{1800 \text{ rpm}}{2800 \text{ rpm}} \right)^3 \right]$$

$$N_e = 64.944 \text{ kW}$$

Para  $n_x = 2050 \text{ rpm}$

$$N_e = 90 \text{ kW} \left[ 0.72 \left( \frac{2050 \text{ rpm}}{2800 \text{ rpm}} \right) + 1.27 \left( \frac{2050 \text{ rpm}}{2800 \text{ rpm}} \right)^2 - 0.99 \left( \frac{2050 \text{ rpm}}{2800 \text{ rpm}} \right)^3 \right]$$

$$N_e = 73.107 \text{ kW}$$

Para  $n_x = 2300 \text{ rpm}$

$$N_e = 90kW \left[ 0.72 \left( \frac{2300rpm}{2800rpm} \right) + 1.27 \left( \frac{2300rpm}{2800rpm} \right)^2 - 0.99 \left( \frac{2300rpm}{2800rpm} \right)^3 \right]$$

$$N_e = 80.892kW$$

Para  $n_x = 2550 \text{ rpm}$

$$N_e = 90kW \left[ 0.72 \left( \frac{2550rpm}{2800rpm} \right) + 1.27 \left( \frac{2550rpm}{2800rpm} \right)^2 - 0.99 \left( \frac{2550rpm}{2800rpm} \right)^3 \right]$$

$$N_e = 86.472kW$$

Para  $n_x = 2800 \text{ rpm}$

$$N_e = 90kW \left[ 0.72 \left( \frac{2800rpm}{2800rpm} \right) + 1.27 \left( \frac{2800rpm}{2800rpm} \right)^2 - 0.99 \left( \frac{2800rpm}{2800rpm} \right)^3 \right]$$

$$N_e = 90kW$$

### 3.1.1 Cálculo del torque en cada punto de rpm para cada motor.

$$M_{ex} = \frac{N_{ex} \cdot 10^3}{\omega_x} = \frac{N_{ex} \cdot 10^3}{\frac{n_x \cdot \pi}{30}} = \frac{N_{ex} \cdot 10^3 \cdot 30}{n_x \cdot \pi} \quad (\text{N}\cdot\text{m})$$

#### ➤ Para motor de carburación.

Para  $N_e = 77.75 \text{ kW}$

$$M_e = \frac{77.75kW * 10^3 * 30}{2500rpm * \pi}$$

$$M_e = 297N \cdot m$$

Para  $N_e = 80.80 \text{ kW}$

$$M_e = \frac{80.80kW * 10^3 * 30}{2675rpm * \pi}$$

$$M_e = 288.44N \cdot m$$

Para  $N_e = 83.08 \text{ kW}$

$$M_e = \frac{83.08kW * 10^3 * 30}{2850rpm * \pi}$$

$$M_e = 278.36N \cdot m$$

Para  $N_e = 84.51 \text{ kW}$

$$M_e = \frac{84.51kW * 10^3 * 30}{3025rpm * \pi}$$

$$M_e = 266.77N \cdot m$$

Para  $N_e = 85 \text{ kW}$

$$M_e = \frac{85 \text{ kW} * 10^3 * 30}{3200 \text{ rpm} * \pi}$$

$$M_e = 253.65 \text{ N} \cdot \text{m}$$

Ne (kW)	n (rpm)	Me (N·m)
77.75	2500	297.00
80.80	2675	288.44
83.08	2850	278.36
84.51	3025	266.77
85.00	3200	253.65

Tabla 3.1: Resumen de los resultados obtenidos por el motor de carbuaación.

➤ **Para motor Diesel.**

Para  $N_e = 65.22 \text{ kW}$

$$M_e = \frac{65.22 \text{ kW} * 10^3 * 30}{1800 \text{ rpm} * \pi}$$

$$M_e = 346.01 \text{ N} \cdot \text{m}$$

Para  $N_e = 73.74 \text{ kW}$

$$M_e = \frac{73.74 \text{ kW} * 10^3 * 30}{2050 \text{ rpm} * \pi}$$

$$M_e = 343.51 \text{ N} \cdot \text{m}$$

Para  $N_e = 80.97 \text{ kW}$

$$M_e = \frac{80.97 \text{ W} * 10^3 * 30}{2300 \text{ rpm} * \pi}$$

$$M_e = 336.17 \text{ N} \cdot \text{m}$$

Para  $N_e = 86.51 \text{ kW}$

$$M_e = \frac{86.51 \text{ kW} * 10^3 * 30}{2550 \text{ rpm} * \pi}$$

$$M_e = 323.98 \text{ N} \cdot \text{m}$$

Para  $N_e = 90 \text{ kW}$

$$M_e = \frac{90 \text{ kW} * 10^3 * 30}{2800 \text{ rpm} * \pi}$$

$$M_e = 306.94 \text{ N} \cdot \text{m}$$

Ne (kW)	rpm	Me (N·m)
65,22	1800	346,01
73,74	2050	343,51
80,97	2300	336,17
86,51	2550	323,98
90,00	2800	306,94

Tabla 3.2: Resumen de los resultados obtenidos por el motor de diesel.

### 3.2 Cálculo de la velocidad lineal del vehículo.

Si se supone que no se manifiesta resbalamiento entre las ruedas motrices y el pavimento el rango de velocidades de avance del vehículo para cada marcha se determina como:

$$V_x = \frac{n_N * 2\pi * r_d}{i_{si} * i_m * 60} \quad (\text{m/s})$$

Donde:

$n_N$ : rpm del motor a potencia máxima.

$i_{si}$ : Relación de transmisión de la caja de velocidades para la marcha  $i$ .

$i_m$ : Relación de transmisión del puente motriz.

$r_d$ : Radio dinámico de la rueda (m).

El radio dinámico no es igual al radio geométrico de la rueda, pues debido a la velocidad y al peso del vehículo, esta sufre deformaciones, por eso al calcularlo se utiliza la siguiente ecuación:

$$r_d = \left[ \frac{D_o}{2} + b * (1 - \lambda) \right] * 0.0254 \quad (\text{m})$$

Donde:

$D_o$ : Diámetro de la llanta (plg).

$b$ : Altura del perfil del neumático (plg).

$\lambda$ : Coeficiente de deformación radial del neumático.

Los valores de  $b$  y  $D_o$  pueden encontrarse en las especificaciones técnicas de los vehículos. El coeficiente  $\lambda$  según recomendaciones dadas para camiones y ómnibus se encuentra en el rango de  $0.09 \div 0.11$ .

Datos:

$$D_o = 20 \text{ plg} \qquad b = 8.25 \text{ plg} \qquad \lambda = 0.10$$

$$r_d = \left[ \frac{20 \text{ plg}}{2} + 8.25 \text{ plg} * (1 - 0.10) \right] * 0.0254$$

$$r_d = 0.44 \text{ m}$$

Datos:

$$n_N = 3200 \text{ rpm (gasolina) y } 2800 \text{ rpm (Diesel)}$$

$$i_m = 6.83$$

$$r_d = 0.44 \text{ m}$$

Relación de transmisión de la caja de velocidades para la marcha  $i$  ( $i_{si}$ ).

$$1\text{ra velocidad} \Rightarrow 6.55$$

$$2\text{da velocidad} \Rightarrow 3.09$$

$$3\text{ra velocidad} \Rightarrow 1.71$$

$$4\text{ta velocidad} \Rightarrow 1.0$$

$$\text{Marcha atrás} \Rightarrow 7.77$$

➤ **Para motor de carburación.**

Para la primera velocidad.

$$V = \frac{3200 \text{ rpm} * 2\pi * 0.44 \text{ m}}{6.55 * 6.83 * 60}$$

$$V = 3.30 \text{ m / s}$$

Para la segunda velocidad.

$$V = \frac{3200 \text{ rpm} * 2\pi * 0.44 \text{ m}}{3.09 * 6.83 * 60}$$

$$V = 6.99 \text{ m / s}$$

Para la tercera velocidad.

$$V = \frac{3200 \text{ rpm} * 2\pi * 0.44 \text{ m}}{1.71 * 6.83 * 60}$$

$$V = 12.62 \text{ m / s}$$

Para la cuarta velocidad.

$$V = \frac{3200 \text{ rpm} * 2\pi * 0.44 \text{ m}}{1 * 6.83 * 60}$$

$$V = 21.59 \text{ m / s}$$

Para la marcha atrás.

$$V = \frac{3200rpm * 2\pi * 0.44m}{7.77 * 6.83 * 60}$$

$$V = 2.78m / s$$

➤ **Para motor Diesel.**

Para la primera velocidad.

$$V = \frac{2800rpm * 2\pi * 0.44m}{6.55 * 6.83 * 60}$$

$$V = 2.88m / s$$

Para la segunda velocidad.

$$V = \frac{2800rpm * 2\pi * 0.44m}{3.09 * 6.83 * 60}$$

$$V = 6.11m / s$$

Para la tercera velocidad.

$$V = \frac{2800rpm * 2\pi * 0.44m}{1.71 * 6.83 * 60}$$

$$V = 11.05m / s$$

Para la cuarta velocidad.

$$V = \frac{2800rpm * 2\pi * 0.44m}{1 * 6.83 * 60}$$

$$V = 18.89m / s$$

Para la marcha atrás.

$$V = \frac{2800rpm * 2\pi * 0.44m}{7.77 * 6.83 * 60}$$

$$V = 2.43m / s$$

Velocidad lineal del vehículo para los dos motores.				
Marchas	Gasolina		Diesel	
	V (m/s)	V (km/h)	V (m/s)	V (km/h)
1 <sup>ra</sup>	3.30	11.87	2.88	10.38
2 <sup>da</sup>	6.99	25.15	6.11	22.01
3 <sup>ra</sup>	12.62	45.45	11.05	39.77
4 <sup>ta</sup>	21.59	77.72	18.89	68.00
M. Atrás	2.78	10.00	2.43	8.75

Tabla 3.3: Resumen de los resultados obtenidos en el cálculo de la velocidad lineal del vehículo para los dos motores.

### 3.3 Cálculo de la eficiencia del sistema de transmisión.

#### 3.3.1 Cálculo de la eficiencia de la caja de velocidades.

$$\eta_i = \eta_{\text{coj}}^m * \eta_{\text{pe}}^n$$

Donde:

$\eta_{\text{ci}}$  : Eficiencia de la caja para la marcha conectada.

$\eta_{\text{coj}} = 0.995$  Eficiencia de un cojinete.

$\eta_{\text{pe}} = 0.98$  Eficiencia de un par engranado.

$m$  : Cantidad de cojinetes que trabajan en la caja para la marcha conectada.

$n$  : Cantidad de pares engranados transmitiendo potencia en la marcha conectada.

Para cálculos prácticos la diferencia entre la eficiencia de cojinetes de diferentes tipos es muy pequeña, por lo que se toma la misma eficiencia para todos por igual, en caso de que exista más de un tipo de cojinete en la caja.

Marchas	Cojinetes	Pares engranados
1 <sup>ra</sup>	7	2
2 <sup>da</sup>	7	2
3 <sup>ra</sup>	7	2
4 <sup>ta</sup>	3	1
M. Atrás	7	2

Tabla 3.4: Cantidad de cojinetes que trabajan en la caja de velocidad para la marcha conectada y de pares engranados transmitiendo potencia en la marcha conectada:

Para la primera velocidad.

$$\eta_{\text{ci}} = \eta_{\text{coj}}^m * \eta_{\text{pe}}^n$$

$$\eta_{\text{ci}} = (0.995)^7 * (0.98)^2$$

$$\eta_{\text{ci}} = 0.927$$

Para la segunda velocidad.

$$\eta_{\text{ci}} = \eta_{\text{coj}}^m * \eta_{\text{pe}}^n$$

$$\eta_{\text{ci}} = (0.995)^7 * (0.98)^2$$

$$\eta_{\text{ci}} = 0.927$$

Para la tercera velocidad.

$$\eta_{ci} = \eta_{coj}^m * \eta_{pe}^n$$

$$\eta_{ci} = (0.995)^7 * (0.98)^2$$

$$\eta_{ci} = 0.927$$

Para la cuarta velocidad.

$$\eta_{ci} = \eta_{coj}^m * \eta_{pe}^n$$

$$\eta_{ci} = (0.995)^3 * (0.98)^1$$

$$\eta_{ci} = 0.965$$

Para la marcha atrás.

$$\eta_{ci} = \eta_{coj}^m * \eta_{pe}^n$$

$$\eta_{ci} = (0.995)^7 * (0.98)^2$$

$$\eta_{ci} = 0.927$$

Eficiencia de la Caja de Velocidad para cada Marcha	
Marcha	Camión GAZ - 53
1 <sup>ra</sup>	0.927
2 <sup>da</sup>	0.927
3 <sup>ra</sup>	0.927
4 <sup>ta</sup>	0.965
M. Atrás	0.927

Tabla 3.5: Eficiencia de la caja de velocidades para cada marcha.

### 3.3.2 Cálculo de la eficiencia del puente motriz.

La eficiencia del puente motriz se determina como:

$$\eta_{pi} = \frac{\eta_{BA} * 2 * \eta_{AC} * \eta_{AD}}{\eta_{AC} + \eta_{AD}}$$

Donde:

$\eta_{pi}$ : Eficiencia del puente motriz.

$\eta_{BA}$ : Eficiencia hasta el punto de bifurcación de potencia del puente.

$\eta_{AC}$ : Eficiencia desde el punto de bifurcación de potencia hasta la rueda.

$\eta_{AD}$ : Eficiencia desde el punto de bifurcación de potencia hasta la otra rueda.

Cada una de estas eficiencias se calcula como sigue:

$$\eta_{(BA,AC,AD)} = \eta_{\text{coj}}^m * \eta_{\text{par.recto}}^n * \eta_{\text{par.cónico}}^p$$

Donde:

m: Cantidad de cojinetes.

n: Cantidad de pares rectos transmitiendo potencia.

p: Cantidad de pares cónicos transmitiendo potencia.

$\eta_{\text{par.cónico}} = 0.96-0.98$  para par cónico hipoidal.

$\eta_{\text{par.cónico}} = 0.92-0.95$  para par cónico normal.

$\eta_{\text{par.recto}} = 0.95 - 0.96$

	Hasta el punto de bifurcación	Desde el punto de bifurcación hasta una rueda	Desde el punto de bifurcación hasta la otra rueda
m	3	3	3
n	0	1	1
p	1	2	2

Tabla 3.6: Cantidad de cojinetes, pares rectos y pares cónicos transmitiendo potencia en el puente motriz.

Eficiencia hasta el punto de bifurcación de potencia del puente ( $\eta_{BA}$ ).

$$\eta_{BA} = \eta_{\text{coj}}^m * \eta_{\text{par.recto}}^n * \eta_{\text{par.cónico}}^p$$

$$\eta_{BA} = 0.995^3 * 0.96^0 * 0.98^1$$

$$\eta_{BA} = 0.965$$

Eficiencia desde el punto de bifurcación de potencia hasta una rueda y hasta la otra ( $\eta_{AC}$ ,  $\eta_{AD}$ ).

$$\eta_{AC,AD} = \eta_{\text{coj}}^m * \eta_{\text{par.recto}}^n * \eta_{\text{par.cónico}}^p$$

$$\eta_{AC,AD} = 0.995^3 * 0.96^1 * 0.98^2$$

$$\eta_{AC,AD} = 0.908$$

Eficiencia del puente motriz.

$$\eta_{P_i} = \frac{\eta_{BA} * 2 * \eta_{AC} * \eta_{AD}}{\eta_{AC} + \eta_{AD}}$$

$$\eta_{P_i} = \frac{0.965 * 2 * 0.908 * 0.908}{0.908 + 0.908}$$

$$\eta_{P_i} = 0.876$$

### 3.3.3 Eficiencia del embrague.

La eficiencia de los embragues se puede tomar para cálculos prácticos como: [8]

$$\eta_{emb.} = 0.995$$

### 3.3.4 Eficiencia de las uniones cardánicas.

La eficiencia de una unión cardánica se puede asumir de  $\eta_{u.c} = 0.995$  [8], como son dos uniones cardánicas entonces  $\eta_{u.c} = (0.995)^2 = 0.99$ .

### 3.3.5 Eficiencia del sistema de transmisión.

La eficiencia del sistema de transmisión se determina como:

$$\eta_{OI} = \eta_{CI} * \eta_{emb} * \eta_{U.C} * \eta_{PI}$$

Para la primera velocidad.

$$\eta_{OI} = 0.927 * 0.995 * 0.99 * 0.876$$

$$\eta_{OI} = 0.799$$

Para la segunda velocidad.

$$\eta_{OI} = 0.927 * 0.995 * 0.99 * 0.876$$

$$\eta_{OI} = 0.799$$

Para la tercera velocidad.

$$\eta_{OI} = 0.927 * 0.995 * 0.99 * 0.876$$

$$\eta_{OI} = 0.799$$

Para la cuarta velocidad.

$$\eta_{OI} = 0.965 * 0.995 * 0.99 * 0.876$$

$$\eta_{OI} = 0.832$$

Marcha Atrás

$$\eta_{OI} = 0.927 * 0.995 * 0.99 * 0.876$$

$$\eta_{OI} = 0.799$$

Marcha	Camión GAZ - 53
1 <sup>ra</sup>	0.799
2 <sup>da</sup>	0.799
3 <sup>ra</sup>	0.799
4 <sup>ta</sup>	0.832
M. Atrás	0.799

Tabla 3.7: Eficiencia de la Transmisión para Cada Marcha.

### 3.4 Cálculo de la fuerza tractiva.

La fuerza tractiva se calcula considerando el motor trabajando en su característica exterior de velocidad mediante la ecuación:

$$P_t = \frac{M_{ex} \cdot \eta_o}{r_d \cdot i_{ci}} = \frac{M_{ex} \cdot \eta_o}{r_d \cdot i_{si} \cdot i_m} \quad (N)$$

#### ➤ Para motor de carburación.

Para la primera velocidad.

$$P_t = \frac{297 N \cdot m \cdot 0.799}{0.44 m \cdot 6.55 \cdot 6.83}$$

$$P_t = 12 N$$

Para la segunda velocidad.

$$P_t = \frac{288.44 N \cdot m \cdot 0.799}{0.44 m \cdot 3.09 \cdot 6.83}$$

$$P_t = 25 N$$

Para la tercera velocidad.

$$P_t = \frac{278.36 N \cdot m \cdot 0.799}{0.44 m \cdot 1.71 \cdot 6.83}$$

$$P_t = 43 N$$

Para la cuarta velocidad.

$$P_t = \frac{266.77 N \cdot m \cdot 0.832}{0.44 m \cdot 1 \cdot 6.83}$$

$$P_t = 74 N$$

Marcha Atrás.

$$P_t = \frac{253.65 N \cdot m \cdot 0.799}{0.44 m \cdot 7.77 \cdot 6.83}$$

$$P_t = 9 N$$

➤ **Para motor Diesel.**

Para la primera velocidad.

$$P_t = \frac{346.01N \cdot m * 0.799}{0.44m * 6.55 * 6.83}$$

$$P_t = 14N$$

Para la segunda velocidad.

$$P_t = \frac{343.51N \cdot m * 0.799}{0.44m * 3.09 * 6.83}$$

$$P_t = 30N$$

Para la tercera velocidad.

$$P_t = \frac{336.17N \cdot m * 0.799}{0.44m * 1.71 * 6.83}$$

$$P_t = 52N$$

Para la cuarta velocidad.

$$P_t = \frac{323.98N \cdot m * 0.832}{0.44m * 1 * 6.83}$$

$$P_t = 90N$$

Marcha Atrás.

$$P_t = \frac{306.94N \cdot m * 0.799}{0.44m * 7.77 * 6.83}$$

$$P_t = 11N$$

Fuerza tractiva ( $P_t$ ) en (N)		
Marchas	Gasolina	Diesel
1 <sup>ra</sup>	12	14
2 <sup>da</sup>	25	30
3 <sup>ra</sup>	43	52
4 <sup>ta</sup>	74	90
M. Atrás	9	11

Tabla 3.8: Fuerza tractiva del vehículo para los dos motores en cada una de las marchas.

### 3.5 Cálculo de la resistencia del aire.

La resistencia del aire se determina por la ecuación:

$$Pa = k * F * V^2$$

Donde:

K: Coeficiente que toma en cuenta la forma aerodinámica del vehículo.

V: Velocidad lineal del vehículo (m/s).

F: Área frontal del vehículo proyectada (m<sup>2</sup>).

El cálculo de resistencia al aire se realizará para la tercera y cuarta marcha ya que en estas marchas es donde el aire realiza una mayor fuerza sobre el vehículo.

Para vehículos pesados el área frontal proyectada se determina como:

$$F = m * B * H$$

Donde:

m: Coeficiente de llenado del área, depende de la forma que tenga la parte frontal del vehículo, m casi siempre toma el valor de 0.95÷1.

B: Vía del vehículo (m).

H: Altura total del vehículo (m).

Datos:

$$m = 0.97$$

$$B = 1.63 \text{ m}$$

$$H = 2.22 \text{ m}$$

$$F = m * B * H$$

$$F = 0.97 * 1.63m * 2.22m$$

$$F = 3.51m^2$$

Existen recomendaciones para obtener el valor de k, las cuales se muestran en la tabla 3.9, el dato tomado es el que se encuentra señalado, ya que el GAZ – 53 es un camión del tipo cama abierta. (Anexo 2)

<b>Automóviles ligeros</b>	<b>k [Ns<sup>2</sup>/m]</b>
Normal	0.2-0.35
Vehículo convertible de carrera	0.4-0.5
Ómnibus	0.13-0.2
Ómnibus con capot	0.45-0.55
Ómnibus tipo vagón	0.35-0.45
<b>Camiones</b>	
<b>Camiones de cama abierta</b>	<b>0.5-0.7</b>
Camiones tipo furgón	0.5-0.6
Camiones tipo cisterna	0.55-0.65
Autotrenes	0.85-0.95

Tabla 3.9: Recomendaciones para obtener el valor de k.

➤ **Para motor de carburación.**

Para la tercera velocidad.

$$Pa = k * F * V^2$$

$$Pa = 0.6 \frac{Ns^2}{m} * 3.51m^2 * (12.62 \frac{m}{s})^2$$

$$Pa = 335N$$

Para la cuarta velocidad.

$$Pa = k * F * V^2$$

$$Pa = 0.6 \frac{Ns^2}{m} * 3.51m^2 * (21.59 \frac{m}{s})^2$$

$$Pa = 982N$$

➤ **Para motor Diesel.**

Para la tercera velocidad.

$$Pa = k * F * V^2$$

$$Pa = 0.6 \frac{Ns^2}{m} * 3.51m^2 * (11.05 \frac{m}{s})^2$$

$$Pa = 257N$$

Para la cuarta velocidad.

$$Pa = k * F * V^2$$

$$Pa = 0.6 \frac{Ns^2}{m} * 3.51m^2 * (18.89 \frac{m}{s})^2$$

$$Pa = 752N$$

Resistencia al aire ( $P_a$ ) en (N)		
Marchas	Gasolina	Diesel
3 <sup>ra</sup>	335	257
4 <sup>ta</sup>	982	752

Tabla 3.10: Resistencia al aire del vehículo para las marchas donde esta actúa con mayor intensidad.

**3.6 Cálculo de la resistencia al camino.**

La resistencia al camino se determina mediante la ecuación:

$$Pc = G * (f \cos \alpha + \text{sen} \alpha) \quad (N)$$

Donde:

- G: Peso del vehículo con carga.
- f: Coeficiente de resistencia al rodamiento.
- $\alpha$ : Ángulo de inclinación del camino ( $^\circ$ )

La resistencia al camino fue calculada y trazada para tres valores del coeficiente de resistencia al rodamiento [10], los cuales se muestran en la tabla siguiente:

Condiciones	Resistencia al rodamiento (f)
Carretera en buen estado	0.012÷0.022
Carretera en estado regular	0.016÷0.020
Terraplén en irregulares condiciones	0.03÷0.05

Tabla 3.11: Coeficiente de resistencia al camino

Los cálculos serán realizados con valores intermedios de (f) y con un ángulo de inclinación  $\alpha = 0^\circ$  para carreteras horizontales y  $\alpha = 38^\circ$  para pendientes [11], el cual es el mayor ángulo que el camión puede vencer cargado.

**Para una inclinación  $\alpha = 0^\circ$**

Carretera en buen estado.

$$P_c = G * (f \cos \alpha + \text{sen} \alpha)$$

$$P_c = 7400\text{kg} * ((0.017 * \cos 0^\circ) + \text{sen} 0^\circ)$$

$$P_c = 126\text{N}$$

Carretera en estado regular.

$$P_c = G * (f \cos \alpha + \text{sen} \alpha)$$

$$P_c = 7400\text{kg} * ((0.018 * \cos 0^\circ) + \text{sen} 0^\circ)$$

$$P_c = 133\text{N}$$

Terraplén en irregulares condiciones.

$$P_c = G * (f \cos \alpha + \text{sen} \alpha)$$

$$P_c = 7400\text{kg} * ((0.04 * \cos 0^\circ) + \text{sen} 0^\circ)$$

$$P_c = 296\text{N}$$

➤ **Para una inclinación  $\alpha = 38^\circ$ .**

Carretera en buen estado.

$$P_c = G * (f \cos \alpha + \text{sen} \alpha)$$

$$P_c = 7400\text{kg} * ((0.017 * \cos 38^\circ) + \text{sen} 38^\circ)$$

$$P_c = 4655\text{N}$$

Carretera en estado regular.

$$P_c = G * (f \cos \alpha + \text{sen} \alpha)$$

$$P_c = 7400\text{kg} * ((0.018 * \cos 38^\circ) + \text{sen} 38^\circ)$$

$$P_c = 4661\text{N}$$

Terraplén en irregulares condiciones.

$$P_c = G * (f \cos \alpha + \text{sen} \alpha)$$

$$P_c = 7400\text{kg} * ((0.04 * \cos 38^\circ) + \text{sen} 38^\circ)$$

$$P_c = 4789\text{N}$$

Resistencia al camino (Pc) (N)			
Ángulo Inclinación	Condiciones del camino		
	C.B.Estado	C.E.Regular	T.I.Condiciones
0°	126	133	296
38°	4655	4661	4789

Tabla 3.12: Resistencia al camino del vehículo para determinadas condiciones del camino.

### 3.7 Cálculo de la Característica Tractiva Ideal.

Si llamamos  $P_{\mu}$  a la fuerza tractiva ideal se debe cumplir que:

$$P_{\mu} = \frac{N_{\max} \cdot \eta_o \cdot 10^3}{V} \quad (\text{N})$$

Donde:

$N_{\max}$ : Potencia máxima que brinda el motor (kW).

$\eta_o$ : Eficiencia del sistema de transmisión.

V: Velocidad lineal del vehículo (m/s).

#### ➤ Para motor de carburación.

Para la primera velocidad.

$$P_{\mu} = \frac{85kW * 0.799 * 10^3}{3.30m/s}$$

$$P_{\mu} = 20580N$$

Para la segunda velocidad.

$$P_{\mu} = \frac{85kW * 0.799 * 10^3}{6.99m/s}$$

$$P_{\mu} = 9716N$$

Para la tercera velocidad.

$$P_{\mu} = \frac{85kW * 0.799 * 10^3}{12.62m/s}$$

$$P_{\mu} = 5382N$$

Para la cuarta velocidad.

$$P_{\mu} = \frac{85kW * 0.832 * 10^3}{21.59m/s}$$

$$P_{\mu} = 3275N$$

Para Marcha Atrás.

$$P_{\mu} = \frac{85kW * 0.799 * 10^3}{2.78m/s}$$

$$P_{\mu} = 24430N$$

➤ **Para motor Diesel.**

Para la primera velocidad.

$$P_{\mu} = \frac{90kW * 0.799 * 10^3}{2.88 m/s}$$

$$P_{\mu} = 24969N$$

Para la segunda velocidad.

$$P_{\mu} = \frac{90kW * 0.799 * 10^3}{6.11 m/s}$$

$$P_{\mu} = 11769N$$

Para la tercera velocidad.

$$P_{\mu} = \frac{90kW * 0.799 * 10^3}{11.05 m/s}$$

$$P_{\mu} = 6508N$$

Para la cuarta velocidad.

$$P_{\mu} = \frac{90kW * 0.832 * 10^3}{18.89 m/s}$$

$$P_{\mu} = 3964N$$

Para Marcha Atrás.

$$P_{\mu} = \frac{90kW * 0.799 * 10^3}{2.43 m/s}$$

$$P_{\mu} = 29593N$$

<b>Característica tractiva ideal (<math>P_{\mu}</math>) en (N)</b>		
<b>Marchas</b>	<b>Gasolina</b>	<b>Diesel</b>
1 <sup>ra</sup>	20580	24969
2 <sup>da</sup>	9716	11769
3 <sup>ra</sup>	5382	6508
4 <sup>ta</sup>	3275	3964
M. Atrás	24430	29593

Tabla 3.13: Característica tractiva ideal del vehículo para las diferentes marchas.

### 3.8 Análisis del consumo de combustible.

El consumo de combustible del motor del automóvil caracteriza a éste su estado técnico y económico en su explotación. Para determinar el consumo de combustible del motor del automóvil se utilizan varios índices, uno de ellos es el consumo recorrido, que no es más que la cantidad de combustible (Q) que consume un vehículo al recorrer 100 km con movimiento uniforme y con fuerzas de resistencia constantes. Este será calculado en la primera marcha con una inclinación del camino de  $\alpha = 38^\circ$  que es el mayor ángulo que puede vencer el vehículo cargado [11] y para la cuarta marcha con una inclinación del camino de  $\alpha = 0^\circ$ . Se puede determinar mediante la ecuación:

$$Q = \frac{g_e * N_{nec}}{36 * \rho * V}$$

Donde:

Q: Consumo recorrido del vehículo a una velocidad determinada. (l/100 km)

$g_e$ : Consumo específico de combustible (g/kW h)

$N_{nec}$ : Potencia necesaria del motor (kW)

$\rho$ : Densidad del combustible (kg/l)

V: Velocidad del vehículo (m/s).

$\rho = 0.75 \text{ g/cm}^3$  para gasolina regular y entre  $0.815 \text{ g/cm}^3$  y  $0.865 \text{ g/cm}^3$  para Diesel.

$g_e = 320 \text{ (g/kW h)}$  para gasolina y  $235. \text{ (g/kW h)}$  para Diesel.

La potencia necesaria puede determinarse como:

$$N_{nec} = \frac{P_{t.nec} * V}{10^3 * \eta_o} \quad \text{kW}$$

Donde:

$P_{t.nec}$ : Fuerza tractiva necesaria.

$$P_{t.nec} = P_c + P_a$$

$P_c$ : Resistencia al camino (N).

$P_a$ : Resistencia del aire (N).

➤ **Para motor de carburación.**

- Primera velocidad y con una inclinación de  $\alpha = 38^\circ$ .

Carretera en buen estado.

$$Pt.nec = Pc + Pa$$

$$Pt.nec = 4655N + 23N$$

$$Pt.nec = 4678N$$

Carretera en estado regular.

$$Pt.nec = Pc + Pa$$

$$Pt.nec = 4661N + 23N$$

$$Pt.nec = 4684N$$

Terraplén en irregulares condiciones.

$$Pt.nec = Pc + Pa$$

$$Pt.nec = 4789N + 23N$$

$$Pt.nec = 4812N$$

- Cuarta velocidad y con una inclinación de  $\alpha = 0^\circ$ .

Carretera en buen estado.

$$Pt.nec = Pc + Pa$$

$$Pt.nec = 126N + 982N$$

$$Pt.nec = 1108N$$

Carretera en estado regular.

$$Pt.nec = Pc + Pa$$

$$Pt.nec = 133N + 982N$$

$$Pt.nec = 1115N$$

Terraplén en irregulares condiciones.

$$Pt.nec = Pc + Pa$$

$$Pt.nec = 296N + 982N$$

$$Pt.nec = 1278N$$

➤ **Para motor Diesel.**

- Primera velocidad y con una inclinación de  $\alpha = 38^\circ$ .

Carretera en buen estado.

$$Pt.nec = Pc + Pa$$

$$Pt.nec = 4655N + 17N$$

$$Pt.nec = 4672N$$

Carretera en estado regular.

$$Pt.nec = Pc + Pa$$

$$Pt.nec = 4661N + 17N$$

$$Pt.nec = 4678N$$

Terraplén en irregulares condiciones.

$$Pt.nec = Pc + Pa$$

$$Pt.nec = 4789N + 17N$$

$$Pt.nec = 4806N$$

- Cuarta velocidad y con una inclinación de  $\alpha = 0^\circ$ .

Carretera en buen estado.

$$Pt.nec = Pc + Pa$$

$$Pt.nec = 126N + 752N$$

$$Pt.nec = 878N$$

Carretera en estado regular.

$$Pt.nec = Pc + Pa$$

$$Pt.nec = 133N + 752N$$

$$Pt.nec = 885N$$

Terraplén en irregulares condiciones.

$$Pt.nec = Pc + Pa$$

$$Pt.nec = 296N + 752N$$

$$Pt.nec = 1048N$$

$$N_{nec} = \frac{P_{t.nec} * V}{10^3 * \eta_o}$$

➤ **Para el motor de carburación.**

- Primera velocidad y con una inclinación de  $\alpha = 38^\circ$ .

Carretera en buen estado.

$$N_{nec} = \frac{4678N * 3.30m/s}{10^3 * 0.799}$$

$$N_{nec} = 19kW$$

Carretera en estado regular.

$$N_{nec} = \frac{4684N * 3.30m/s}{10^3 * 0.799}$$

$$N_{nec} = 19kW$$

Terraplén en irregulares condiciones.

$$N_{nec} = \frac{4812N * 3.30m/s}{10^3 * 0.799}$$

$$N_{nec} = 20kW$$

- Cuarta velocidad y con una inclinación de  $\alpha = 0^\circ$ .

Carretera en buen estado.

$$N_{nec} = \frac{1108N * 21.59m/s}{10^3 * 0.832}$$

$$N_{nec} = 29kW$$

Carretera en estado regular.  $\alpha = 0^\circ$

$$N_{nec} = \frac{1115N * 21.59m/s}{10^3 * 0.832}$$

$$N_{nec} = 29kW$$

Terraplén en irregulares condiciones.

$$N_{nec} = \frac{1278N * 21.59m/s}{10^3 * 0.832}$$

$$N_{nec} = 33kW$$

### ➤ Para motor Diesel.

- Primera velocidad y con una inclinación de  $\alpha = 38^\circ$ .

Carretera en buen estado.

$$N_{nec} = \frac{4672N * 2.88m/s}{10^3 * 0.799}$$

$$N_{nec} = 17kW$$

Carretera en estado regular.

$$N_{nec} = \frac{4678N * 2.88m/s}{10^3 * 0.799}$$

$$N_{nec} = 17kW$$

Terraplén en irregulares condiciones.

$$N_{nec} = \frac{4806N * 2.88m/s}{10^3 * 0.799}$$

$$N_{nec} = 17kW$$

- Cuarta velocidad y con una inclinación de  $\alpha = 0^\circ$ .

Carretera en buen estado.

$$N_{nec} = \frac{878N * 18.89m/s}{10^3 * 0.832}$$

$$N_{nec} = 20kW$$

Carretera en estado regular.

$$N_{nec} = \frac{885N * 18.89m/s}{10^3 * 0.832}$$

$$N_{nec} = 20kW$$

Terraplén en irregulares condiciones.

$$N_{nec} = \frac{1048N * 18.89m/s}{10^3 * 0.832}$$

$$N_{nec} = 24kW$$

Consumo de combustible

➤ **Para motor de Carburación.**

- Primera velocidad y con una inclinación de  $\alpha = 38^\circ$ .

Carretera en buen estado.

$$Q = \frac{320 \text{ g/kWh} * 19 \text{ kW}}{36 * 0.75 \text{ g/cm}^3 * 3.30 \text{ m/s}}$$

$$Q = 68.23 \text{ l/100km}$$

Carretera en estado regular.

$$Q = \frac{320 \text{ g/kWh} * 19 \text{ kW}}{36 * 0.75 \text{ g/cm}^3 * 3.30 \text{ m/s}}$$

$$Q = 68.23 \text{ l/100km}$$

Terraplén en irregulares condiciones.

$$Q = \frac{320 \text{ g/kWh} * 20 \text{ kW}}{36 * 0.75 \text{ g/cm}^3 * 3.30 \text{ m/s}}$$

$$Q = 71.82 \text{ l/100km}$$

- Cuarta velocidad y con una inclinación de  $\alpha = 0^\circ$ .

Carretera en buen estado.

$$Q = \frac{320 \text{ g/kWh} * 29 \text{ kW}}{36 * 0.75 \text{ g/cm}^3 * 21.59 \text{ m/s}}$$

$$Q = 15.92 \text{ l/100km}$$

Carretera en estado regular.

$$Q = \frac{320 \text{ g/kWh} * 29 \text{ kW}}{36 * 0.75 \text{ g/cm}^3 * 21.59 \text{ m/s}}$$

$$Q = 15.92 \text{ l/100km}$$

Terraplén en irregulares condiciones.

$$Q = \frac{320 \text{ g/kWh} * 33 \text{ kW}}{36 * 0.75 \text{ g/cm}^3 * 21.59 \text{ m/s}}$$

$$Q = 18.12 \text{ l/100km}$$

➤ **Para motor Diesel.**

- Primera velocidad y con una inclinación de  $\alpha = 38^\circ$ .

Carretera en buen estado.

$$Q = \frac{235 \text{ g/kWh} * 17 \text{ kW}}{36 * 0.815 \text{ g/cm}^3 * 2.88 \text{ m/s}}$$

$$Q = 47.27 \text{ l/100km}$$

Carretera en estado regular.

$$Q = \frac{235 \text{ g/kWh} * 17 \text{ kW}}{36 * 0.815 \text{ g/cm}^3 * 2.88 \text{ m/s}}$$

$$Q = 47.27 \text{ l/100km}$$

Terraplén en irregulares condiciones.

$$Q = \frac{235g/kWh * 17kW}{36 * 0.815g/cm^3 * 2.88m/s}$$

$$Q = 47.27l/100km$$

- Cuarta velocidad y con una inclinación de  $\alpha = 0^\circ$ .

Carretera en buen estado.

$$Q = \frac{235g/kWh * 20kW}{36 * 0.815g/cm^3 * 18.89m/s}$$

$$Q = 8.48l/100km$$

Carretera en estado regular.

$$Q = \frac{235g/kWh * 20kW}{36 * 0.815g/cm^3 * 18.89m/s}$$

$$Q = 8.48l/100km$$

Terraplén en irregulares condiciones.

$$Q = \frac{235g/kWh * 24kW}{36 * 0.815g/cm^3 * 18.89m/s}$$

$$Q = 10.18l/100km$$

Consumo de combustible (Q) (l/100km)							
Ángulo Inclinac.	Marcha	Motor de Carburación			Motor Diesel		
		Condiciones del camino			Condiciones del camino		
		C.B.Estado	C.E.Regular	T.I.Condiciones	C.B.Estado	C.E.Regular	T.I.Condiciones
38°	Primera	68.23	68.23	71.82	47.27	47.27	47.27
0°	Cuarta	15.92	15.92	18.12	8.48	8.48	10.18

Tabla 3.14: Consumo de combustible del vehículo para los dos motores.

### **3.9 Conclusiones parciales.**

1. La velocidad lineal del vehículo con el motor de carburación es mayor que la del motor diesel, debido a que el motor de carburación presenta más revoluciones.
2. A medida que aumenta la adversidad de las condiciones del camino aumenta la resistencia a este, y esta resistencia se hace mayor cuando el ángulo de inclinación aumenta ya que el vehículo ejerce una mayor fuerza.
3. El motor original del vehículo GAZ – 53 consume más combustible que el motor YUCHAI de 4 cilindros ya que presenta mayor consumo específico de combustible y mayor potencia.

## **Conclusiones generales.**

1. La metodología empleada puede ser utilizada para evaluar sustituciones similares en otros vehículos.
2. El motor de petróleo ofrece valores más elevados del Torque, no obstante es posible sin alteraciones apreciables en las características del vehículo cambiar el motor original de gasolina del GAZ - 53 por el motor YUCHAI de petróleo.
3. Se obtuvieron las curvas de característica exterior de velocidad para el motor original del GAZ- 53 y para el YUCHAI donde se puede apreciar en ambos motores que a medida que aumenta el número de revoluciones aumenta la potencia del motor con una disminución del torque del mismo.
4. En general el consumo de combustible en el caso del motor diesel es menor que en los motores de carburación, lográndose ventajas notables no sólo por el consumo sino también por la disponibilidad y el menor precio del diesel, lo que implica efectos económicos apreciables.

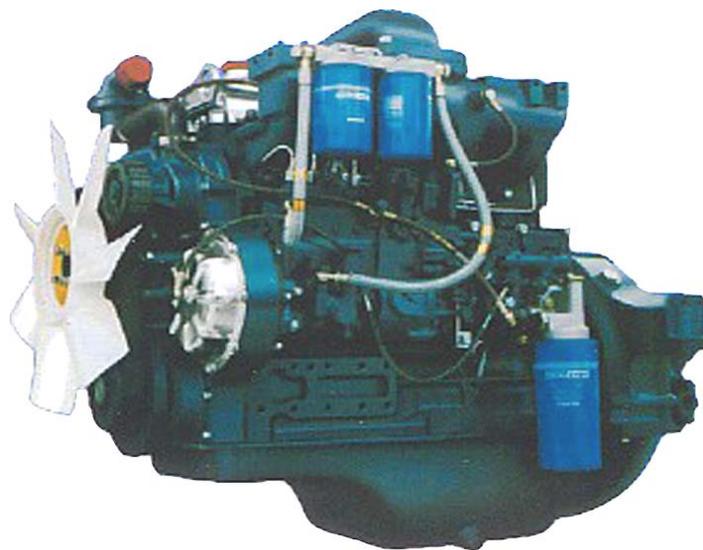
## **Recomendaciones.**

1. Realizar el cálculo a resistencia de los diferentes elementos del vehículo (árboles, engranajes, etc) para ver su resistencia con el nuevo motor de petróleo.
2. Llevar esta metodología de cálculo a una hoja Excel para facilitar el trabajo.

## Bibliografía.

1. Paz, A.-. *Manual de Automóviles*, ed. E. Dossat. Vol. Tomo I. 1981.
2. Dr. José R. Fuentes Vega, D.J.B.C.M., Ing. Ramón Pérez Gálvez (2004) *Eficiencia Energética en el Transporte Automotor*. Volume, 107
3. *Motor de Combustión Interna*. 2005 [cited; Available from: [http://es.wikipedia.org/wiki/Motor\\_de\\_combusti%C3%B3n\\_interna](http://es.wikipedia.org/wiki/Motor_de_combusti%C3%B3n_interna).
4. Jovaj, M.S., *Motores de automóvil*. Vol. Tomo I. 381.
5. *Motor Diesel*. 2002 [cited; Available from: [http://es.wikipedia.org/wiki/Motor\\_di%C3%A9sel](http://es.wikipedia.org/wiki/Motor_di%C3%A9sel).
6. López, I.J.I.C., *Nociones teoricas sobre motores Diesel*. 1970, La Habana.
7. Dr. Hab. Ing. Cezary Szczepzniak, I.R.A.M., *Teoría del automóvil*, ed. E.P.y. Educación. 1994. 276.
8. Guevara, I.V.S.O. *Conferencias de Máquinas Automotrices*.
9. Cárdenas, I.F.B., *Construcción y cálculo del automóvil*. Primera Edición ed. Vol. Primera Parte. 1994. 242.
10. Dr.Rafael Goytisoló Espinosa, D.J.R.F.V., M.Sc. Rogelio Hernández Peña, Aliesky Romero López (2009) *Gestión de Vida: Experiencias en su Aplicación en la Remotorización de Vehículos de Gasolina con Motores Diesel para su utilización en el Parque del MINFAR*. Volume, 11
11. *Catálogo de piezas de los camiones Gaz-53*, ed. M. Editorial MIR, Unión Soviética. 1980, Moscú.
12. *Manual del Manejo y Mantenimiento del Motor Diesel Yuchai*. 2005. p. 62.

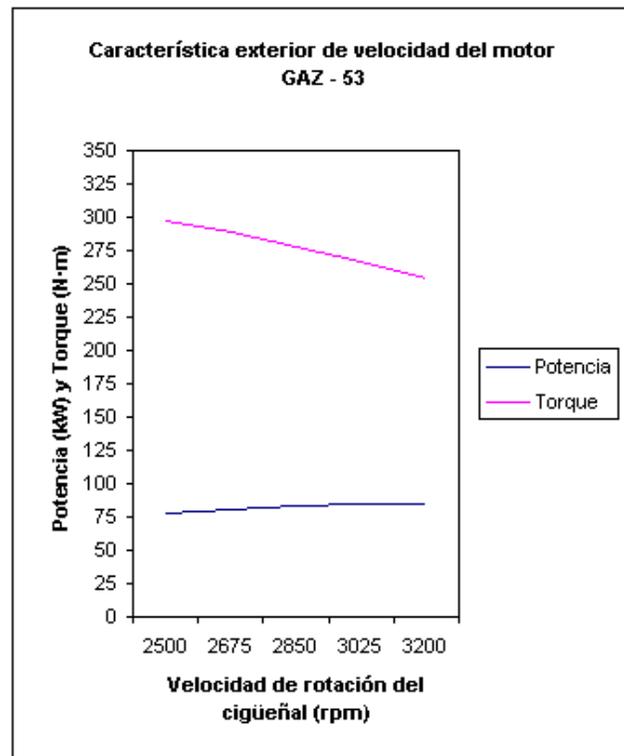
**Anexos.**



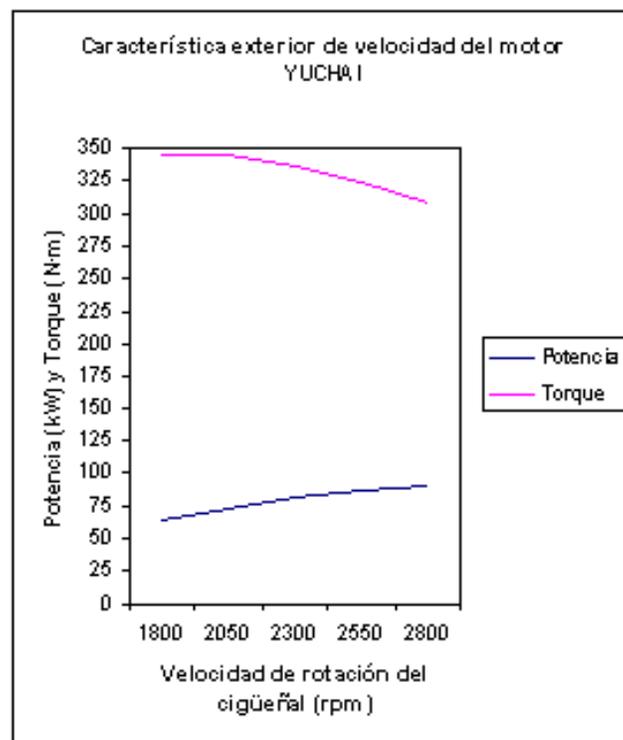
*Anexo 1: Motor YUCHAI YC -4108- ZQ de 4 cilindros.*



*Anexo 2: Camión GAZ – 53 modernizado del tipo cama abierta.*



Anexo 3: Característica exterior de velocidad del motor GAZ – 53.



Anexo 4: Característica exterior de velocidad del motor YUCHAI.