

MINISTERIO DE EDUCACIÓN SUPERIOR
INSTITUTO SUPERIOR MINERO METALÚRGICO DE MOA
“Dr. Antonio Núñez Jiménez”
FACULTAD DE METALURGIA ELECTROMECAÁNICA

Trabajo de Diploma

En opción al Título de
Ingeniero Mecánico

TÍTULO: Modificación de los camiones Dong Feng de transporte obrero de la mina Pinares De Mayarí.

Autor: Santiago Rojas Castillo

Tutores: Ing. Dannys Alfredo Berrío Landa
Ing. Aramis García Oliveros

Moa/2013

“Año 55 de la Revolución”



DECLARACIÓN DE AUTORÍA

Yo, Santiago Rojas Castillo, autor de este Trabajo de Diploma, y los tutores certificamos su propiedad intelectual a favor del Instituto Superior Minero Metalúrgico de Moa (ISMMM) “Dr. Antonio Núñez Jiménez”, el cual podrá hacer uso del mismo con la facultad que estime conveniente.

Santiago Rojas Castillo

Ing. Dannys Alfredo Berrío Landa

Ing. Aramis García Oliveros



PENSAMIENTO

En el mismo hombre suelen ir unidos un corazón y un talento grande, pero todo hombre tiene el deber de cultivar su inteligencia, por respeto a sí mismo y al mundo.

José Martí Pérez.



AGRADECIMIENTOS

La Ingeniería Mecánica es una profesión que exige un trabajo muy creativo y sus resultados se traducen en bienes y servicios que la sociedad desea o necesita.

Por tal motivo:

Agradezco a la Empresa del Níquel "Cmdte René Ramos Latour, de Nicaro y al Instituto Superior Minero Metalúrgico de Moa "Dr. Antonio Núñez Jiménez", la posibilidad de haber estudiado la carrera de Ingeniería Mecánica, que me ha formado como profesional, capaz de aplicar mis conocimientos científicos y tecnológicos en las áreas de sistemas energéticos y mecánicos, también realizar investigaciones y desarrollo de nuevas técnicas y su adaptación al medio, combinando eficientemente los recursos humanos, naturales, materiales y económicos, para desarrollar creativamente, productos, maquinarias y sistemas, con un alto sentido de responsabilidad profesional y social, con normas de conducta dentro de la justicia y la equidad, dirigidas hacia el respeto a la técnica, a las personas, a la sociedad y al medio ambiente.

Como hijo de familia humilde, me hubiera sido imposible hacerme ingeniero, sino fuera por nuestro Cmdte Fidel Castro y la Revolución.



DEDICATORIA

A mis Profesores, que me han acompañado durante el largo camino, brindándome siempre, el apoyo y la orientación, con profesionalismo ético en la adquisición de conocimientos y afianzando mi formación, amoldando mi mente y perfilando mi personalidad profesional, sobre la base de valores morales, éticos y de mucho humanismo, a ellos, quienes con mucha paciencia y bondadoso carácter, me han llevado hasta el día de hoy.

RESUMEN

Este trabajo expone, la modificación técnica que se le hizo a un camión Dong Feng de transporte obrero, en la Base de Transporte de la ESUNI - Nicaro, para incrementar disponibilidad, y que por las condiciones técnicas, se adaptaban más a transporte de carga, teniendo en cuenta la rigidez de su sistema de suspensión y el doble diferencial en su tracción.

Los métodos utilizados para solucionar la problemática fueron, eliminar uno de los dos puentes motrices, adaptar muelles más flexibles, teniendo en cuenta que originalmente poseían ejes de carga, elementos que le proporcionaban excesiva rigidez en función del servicio para el que estaba destinado, en ese sentido la adaptación mecánica fue centrada en garantizar la resistencia a la carga sometida con frecuencia diaria, movilidad, y mejorar la amortiguación general del vehículo en carretera y caminos rurales así como modificar el sistema de transmisión.

Los resultados, luego de la puesta en operación del vehículo, bajo régimen de explotación diaria, sometidos a condiciones anormales de caminos rurales, relieve abrupto, pendientes extremas y peligrosas, mantienen ya 3 años de operación y los trabajadores muestran conformidad en el trayecto desde la localidad Nicaro-Levisa hasta la Mina y viceversa, evidenciando elevada eficiencia y garantía de seguridad y confort.

ABSTRACT

This work exposes, the technical modification that was made to a truck Dong Feng of transport worker, in the Base of Transport of the ESUNI - Nicaro, to increase readiness, and that for the technical conditions, they adapted more to load transport, keeping in mind the rigidity of its suspension system and twice as much differential in its traction.

The utilized methods to solve the problem were, to eliminate one of the two motive bridges, to adapt more flexible jetties, keeping in mind that originally they possessed load axes, elements that provided him excessive rigidity in function of the service for which was dedicated, in that sense the mechanical adaptation was centered in frequently guaranteeing the resistance to the subjected load daily, mobility, and to improve the general subduing of the vehicle in highway and rural roads as well as to modify the transmission system.

The results, after the setting in operation of the vehicle, low régime of daily exploitation, subjected to abnormal conditions of rural roads, abrupt relief, extreme and dangerous slopes, already maintain 3 years of operation and the workers show conformity in the itinerary from the town Nicaro-Levisa to the Mine and vice versa, evidencing high efficiency and safe-deposit guarantee and confort.



INDICE

INTRODUCCIÓN	10
1.1 Introducción.....	12
1.2 Propuesta de análisis.....	13
1.3 Cardán.....	14
1.4 Árbol Motriz	14
1.5 Barra de transmisión.....	15
1.6 Métodos más utilizados en acoplamientos de trasmisiones en barras de equipos automotores.....	16
1.7 Preparación para la adaptación de la Barra de Trasmisión.....	17
1.8 Tren de rodaje.....	18
1.9 Conclusiones del capítulo	18
CAPITULO 2. MATERIALES Y MÉTODOS	19
2.1 Introducción	19
2.2 Acoplamiento árbol-cubo.....	19
2.3 Barra de transmisión, cálculo de las estrías.....	21
2.4 Causas fundamentales de rotura de los árboles y ejes.....	23
2.5 Cálculo de los parámetros de diseño de la adaptación.....	24
2.5.1 Ángulos de presión.....	24
2.5.2 Paso.....	24
2.5.3 Módulo.....	24
2.5.4 Diámetro exterior	24
2.5.5 Diámetro primitivo.....	24
2.5.6 Diámetro interior	25
2.5.7 Diámetro base	25
2.5.8 Espesor del diente.....	25
2.5.9 Distancia entre los dientes	25
2.5.10 Altura de la cabeza del diente	25
2.5.11 Altura del pie de diente	25
2.5.12 Radio del pie del diente	25
2.5.13 Número de dientes	26
2.6 Verificación de los parámetros de resistencia de la barra estriada.....	26
2.7 Sistema de amortiguación.....	27



2.8	Conclusiones capitulo	28
CAPITULO 3. ANÁLISIS ECONÓMICO.....		29
3.1	Introducción	29
3.2	Resultado de la comprobación de la barra estriada.....	29
3.3	Resultados de los parámetros de resistencia	31
3.4	Amortiguación adaptada.....	33
3.5	Mantenimiento.....	34
3.6	Valoración económica.....	35
3.7	Conclusiones del capítulo	37
CONCLUSIONES GENERALES		38
RECOMENDACIONES.....		39
ANEXOS.....		41

INTRODUCCIÓN

Desde hace varios años, la Empresa de Servicios de la Unión del Níquel “Cmdte Camilo Cienfuegos Gorriarán”, ESUNI-Nicaró¹, quien tiene como objeto social, el de garantizar la transportación de obreros de las empresas que conforman el grupo empresarial CUBANIQUEL², empezó a confrontar severas dificultades con la transportación de obreros de la empresa del níquel “Cmdte René Ramos Latour” a la Mina Pinares, por baja disponibilidad del equipamiento.

Situación Problemática

A causa de la mala selección de los camiones Dong Feng, en cuanto a los parámetros de diseño y explotación, existe baja disponibilidad en el equipamiento de transporte obrero de la Mina Pinares. Esta situación propicia en reiteradas ocasiones que la transportación de obreros sea nula.

Problema

Insuficiente disponibilidad de equipos de transporte obrero en la Mina Pinares.

Hipótesis

Modificando el sistema de amortiguación y transmisión de los camiones Dong Feng, de transporte obrero en la Mina Pinares; se puede aumentar la disponibilidad de equipos de transporte obrero en la mencionada mina.

Objetivo General

Modificar el sistema de amortiguación y transmisión del camión Dong Feng, para transporte obrero, de forma tal que se adapte a las condiciones reales de explotación y a las necesidades de la base de transporte.

¹ Empresa de Servicios a la Unión del Níquel “Cmdte. Camilo Cienfuegos Gorriarán”, División Nicaro

² Industria cubana del Níquel, adscrita al antiguo Ministerio de la Industria Básica (MINBAS), hoy Ministerio de Energía y Minas (MINEM)

Objetivos Específicos

1. Desarrollar el marco teórico necesario para la modificación de los camiones Dong Feng de transporte obrero de la Mina Pinares.
2. Calcular los parámetros que son necesarios para la modificación de los camiones Dong Feng de transporte obrero de la Mina Pinares.

Tareas

- ✓ Actualizar el estado del arte en relación con la temática de modificación de equipos automotores.
- ✓ Establecer las características del sistema de amortiguación y transmisión de los Camiones Dong Feng, que son necesarias para su modificación.
- ✓ Calcular resistencia a la fatiga y rigidez estructural.
- ✓ Valorar los beneficios económicos-sociales asociados a la modificación de los camiones Dong Feng destinados a transporte obrero de la Mina Pinares, Municipio Mayarí.

Campo de Acción

Diseño y modificación automotriz.

CAPITULO 1. MARCO TEÓRICO

1.1 Introducción

Los medios de transporte terrestre han tenido un criterio evolutivo, innovación, y han sufrido cambios muy significativos al transcurrir el tiempo. Muchos factores propiciaron este hecho; motivaciones históricas, necesidad, funcionalidad, la revolución industrial entre otros puntos importantes llevaron al hombre a desarrollar los diversos medios de transportes terrestres. El ser humano fue creando los medios de transporte que le permitieron por necesidad o curiosidad, para transportarse a los lugares requeridos por cada persona.

Desde la antigüedad, la necesidad de transportar objetos o personas ha sido indispensable para el ser humano. Los indios poseían un rudimentario pero eficiente sistema de caminos interconectados a lo largo y ancho de su Imperio, a pie o a lomo de llamas; muchas veces a través de puentes de cuerdas entre las montañas, transporte por carretera se caracteriza por ser el único medio capaz de realizar por si mismo el servicio puerta a puerta, también por su flexibilidad y versatilidad para poder transportar desde pequeños paquetes a volúmenes importantes y todo género de mercancías. La facilidad de cargar y descargar y la posibilidad de poder organizar libremente horarios y rutas hacen que sea un transporte rápido y adecuado para envíos urgentes.

Este trabajo expone, la modificación y adaptación técnica que se le hizo a un camión Dong Feng, de transporte obrero, en la Base de Transporte de la ESUNI-Nicaró, de un lote de 10 que compró el Grupo Cubaníquel a China, como transporte obrero, pero que por las condiciones técnicas, se adaptaban más a transporte de carga, que al de personal teniendo en cuenta la rigidez de su sistema de muellaje y el doble tren de rodaje trasero. De estos diez camiones, fueron asignados 5 a la ESUNI-Nicaró, para el traslado de los trabajadores de la Mina Pinares.

Al iniciar las operaciones de transportación de los mineros con éstos vehículos (Ver Anexo 1), comenzaron a presentar dificultades técnicas severas, así como molestias, que incidían de forma negativa en el confort de los trabajadores, debido a la excesiva rigidez estructural, pues estaban diseñados para la transportación de hasta 16 toneladas de carga nominal.

Analizando el diseño original y la técnica mecánica del vehículo se propone realizar modificaciones y adaptaciones a uno de los camiones, tales como, eliminar uno de los

dos ejes motrices de rodaje (diferencial trasero), adaptar muelles más flexibles, garantizar resistencia a la carga, movilidad y mejorar la amortiguación del vehículo en carretera y caminos rurales, en este caso se determinó adaptar muelles u amortiguadores traseros de ómnibus DAF, modificar sistema de transmisión, incrementando longitud de la barra e incorporar soporte intermedio con rodamiento cubierto de polímero (neopreno) para eliminar en gran medida las vibraciones, para darle solución a la rigidez y amortiguación, que oscilaba o se hacía perceptible a partir de 16 ton. Luego de realizada la modificación y adaptación técnica, el vehículo se sometió a un proceso de prueba en vacío³, durante 72 horas, donde se comprobó con resultados satisfactorios la calidad de los trabajos realizados.

Una vez terminado el período de pruebas, fue solicitada la presencia del proveedor Chino, el cual se presentó y certificó las modificaciones realizadas. Todo éste proceso conllevó a la generalización de las modificaciones, para el resto de los equipos comprados por el Grupo Empresarial CUBANÍQUEL.

Teniendo en cuenta que cada ejecutor aplica su propio método secuencial en la ejecución del proyecto, para éste se utiliza una secuencia lógica y típica, en la que una vez establecidas las condiciones y los recursos, se desarrollan las fases de propuesta, cálculos, fabricación, pruebas, seguridad y garantías en el uso. Por tanto, el **objetivo** del capítulo es:

Analizar la secuencia lógica que fundamente y rijan la modificación del camión Dong Feng

1.2 Propuesta de análisis

En esta fase, se diseñaron los primeros bocetos de la modificación del vehículo, a partir de dibujos a mano alzada y/o utilizando instrumentos de dibujo, el trabajo culminó con la aprobación del mejor boceto propuesto, atendiendo al tipo de estructura se debía mantener.

Se propone adaptar las dimensiones, prestando especial atención al interior del mismo y partiendo de las medidas originales del camión. Asimismo las exigencias aerodinámicas, ergonomía del puesto de conducción, concepción de los asientos, altura libre de la carrocería sobre el suelo, posición y tamaño del depósito de combustible, necesidades de espacio de las ruedas, tamaño y disposición de los paragolpes y tipo de emplazamiento del motor.

³ Proceso en el cual se efectúan los recorridos normales del vehículo sin carga.

1.3 Cardán

A continuación se exponen algunos detalles del porqué son necesarias todas esas partes:

La barra de transmisión gira entre dos puntos que están a diferente altura en el vehículo; la caja de velocidades y el puente motriz, de esta forma, no es posible colocar un árbol rígido directamente entre ellos y hay que acudir a una unión mecánica capaz de transmitir las elevadas potencias y velocidades típicas de estas máquinas, esta unión estriada, es el cardán.

Una unión cardán, consta de dos horquillas agujereadas colocadas a 90° grados una con respecto a la otra y cada una acoplada rígidamente a los árboles a unir; en este caso, una de las horquillas está soldada a la barra de transmisión y la otra presenta una superficie plana rectangular con agujeros, estos agujeros sirven para atornillar rígidamente la horquilla a un plato metálico solidario con el otro árbol a acoplar; las dos horquillas están unidas a través de una pieza en forma de cruz conocida como cruceta, los extremos de la cruceta se introducen en los agujeros de las horquillas y se apoyan en sus respectivos cojinetes de rodillos. Esta cruceta hace que uno de los árboles sea arrastrado, cuando la otra gira, permitiendo el movimiento angular del eje de un árbol con respecto al otro.

Esta unión, aunque resuelve el problema de la transmisión entre árboles no alineados axialmente, tiene el inconveniente de que la velocidad de rotación del árbol conducido no es constante durante los 360° de cada vuelta, aún con velocidad constante en el árbol conductor. (Anexos 3 y 4)

1.4 Árbol Motriz

El árbol motriz es el que siempre mantiene una velocidad de giro constante, el árbol conducido sufrirá aceleraciones y desaceleraciones durante el mismo tiempo, por lo que la velocidad angular instantánea de ambos no es la misma, el árbol conducido tiende a tener un giro vibraciones, este giro vibracional no es conveniente para introducir potencia al puente motriz, ya que generaría cargas dinámicas adicionales a la ya elevada carga que viene del motor, con la consecuente disminución de la vida del puente motriz además de la aparición de vibraciones en el vehículo.

Este problema se resuelve colocando los dos árboles, el de salida de la caja de velocidades y el de entrada del puente motriz, paralelos y utilizando la unión cardán en cada extremo de la barra de transmisión, de esta forma, los cambios instantáneos de las

velocidades de rotación que genera uno de los cardanes, son compensados por el otro, y aunque la barra de transmisión tenga el movimiento rotacional variable generado por el primer cardán, el árbol de entrada del puente motriz gira en cada instante de tiempo a la misma velocidad. Este efecto compensador se genera solo si las dos horquillas fijas en cada extremo de la barra de transmisión se colocan con sus agujeros coincidentes sobre la misma línea axial, por el contrario si se colocaran a 90° una respecto a la otra, el efecto perturbador se multiplica, es muy importante tener esto en cuenta cuando se monta una barra de transmisión dividida que no tiene alguna guía de montaje.

1.5 Barra de transmisión

La barra es una pieza que cuando funciona puede girar a alta velocidad, por lo que tiene que estar perfectamente balanceada dinámicamente, para no producir vibraciones al vehículo, además de cargas adicionales a los apoyos y estar sometidas a dos esfuerzos.

- ✓ Esfuerzos de torsión, dinámicamente cambiantes.
- ✓ Esfuerzos de flexión, debido a su propio peso ya que está libremente suspendida entre sus dos puntos de apoyo; el puente motriz y la caja de velocidades.

Analicemos ahora la influencia de cada uno de estos esfuerzos en la barra; Por muy rígida que se construya es un elemento elástico al fin, cuando es sometida a una carga excesiva tiende a deformarse en mayor o menor grado, en dependencia de la carga y su rigidez constructiva, si luego se libera de la carga, tiende a recuperar su forma original, pero siempre oscilando durante un breve tiempo a su frecuencia natural de oscilación.

Si la frecuencia natural de oscilación torsional de la barra coincide o está muy cerca de la frecuencia de cambio de las cargas dinámicas que transmite, puede producirse el efecto conocido como resonancia, la amplitud de la torsión de la barra irá creciendo hasta valores que pueden producir su rotura por sobrecarga.

Por esta razón las barras se construyen con suficiente rigidez para que su frecuencia natural de oscilación este siempre lejos de las posibles cargas dinámicas a transmitir.

Esfuerzos de flexión: Debido a que la barra representa una viga libremente apoyada en sus dos extremos cargada con su propio peso, está sometida a un pequeño esfuerzo de flexión que tiende a deformarla un tanto.

Si esta flexión es algo significativa debido a las dimensiones y peso de la barra, entonces durante el giro se produce un gran desbalance dinámico que a todas luces es indeseable. Para evitar este problema, las barras se construyen huecas y de paredes finas para reducir el peso y de gran diámetro para aumentar la resistencia a la flexión.

1.6 Métodos más utilizados en acoplamientos de transmisiones en barras de equipos automotores

Se conoce como sistema de amortiguación al conjunto de, platinas flexibles o muelles como suele llamarse, estas generalmente se fabrican principalmente de aceros con un alto contenido de carbono 60 %, con tratamiento térmico, para mejorar su resistencia mecánica. Estas se encuentran colocadas en la parte superior de trenes de rodaje, para disminuir el exceso de rigidez y facilitar el desplazamiento desde los neumáticos hasta el exterior del vehículo cuando se encuentra con la carga aproximada a la nominal para la cual fueron diseñados, para este trabajo nos dimos a la tarea de analizar cómo resolver el problema, que se estaba presentado sin afectar las especificaciones técnicas del fabricante.

El sistema de suspensión de este vehículo tiene los componentes siguientes:

- ✓ El neumático.
- ✓ El mecanismo de soporte.
- ✓ El amortiguador.
- ✓ La barra estabilizadora.
- ✓ Los soportes elásticos de la carrocería.
- ✓ El asiento de los pasajeros.

Para reducir los efectos incómodos de las irregularidades del camino, se propuso realizar la adaptación del sistema de suspensión, con el objetivo de disminuir que estas oscilaciones se transmitieran a los pasajeros, esto se estudió a través del conjunto de uniones elásticas.

En el caso de los neumáticos, de ocho instalados para dos trenes de rodaje en el equipo desde su compra, se planificó como eliminar uno para que quedaran cuatro neumáticos, (un tren de rodaje), seguidamente se planteó la adaptación del sistema de soporte y amortiguadores, utilizando algunos de los elementos ya en desuso de otros vehículos que

se encontraban en el área, los soportes elásticos de la carrocería fueron recuperados y modificadas su bases, para la propuesta de ejecución de este trabajo se tuvo en cuenta no afectar la posición de instalación de los elementos dentro del cuerpo de la cama del camión.

Todos estos elementos serían utilizados en mayor o menor grado, con el objetivo de disminuir las oscilaciones del camión en el camino y/o las generadas por las partes en movimiento del propio vehículo a los pasajeros o a la carga, como se muestra en el Anexo 7

1.7 Preparación para la adaptación de la Barra de Trasmisión

La Barra de trasmisión tiene la función de transmitir la fuerza motriz en forma de movimiento rotatorio, desde la caja de velocidad hasta los puentes motrices. Esta se acopla a la caja de velocidades por un extremo y al puente motriz por el otro, con el uso de unos acoplamientos especiales llamados cardanes o uniones universales, a fin de poder transmitir la rotación, puede verse también, que no es una pieza monolítica, ya que está formada por dos partes acopladas por una unión estriada, desplazable axialmente.

El puente motriz en el vehículo durante la marcha, está en constante movimiento de subida y bajada de acuerdo a las ondulaciones del camino, no obstante estos movimientos verticales no se transmiten del todo al vehículo y son amortiguados por la suspensión. El trabajo de la suspensión mantiene el movimiento relativo entre el puente y el vehículo, lo que produce a su vez un cambio en el ángulo de inclinación de la barra de trasmisión.

Si se observa es fácil apreciar que esta barra constituye la hipotenusa del triángulo rectángulo imaginario formado por la suspensión como cateto vertical y la distancia entre la salida de la caja de velocidades y el puente motriz como cateto horizontal, aunque en algunos vehículos esta última distancia cambia algo con la subida y bajada del puente con respecto al coche, el cambio es muy pequeño y podemos despreciarlo para simplificar, de manera que son perfectamente aplicables los cálculos trigonométricos del Teorema de Pitágoras a este triángulo. Barra de trasmisión, suspensión imaginaria y distancia entre la salida de la caja de velocidades y el puente motriz.

Este teorema de manera simplificada dice, que “cuando en un triángulo rectángulo disminuye la longitud en alguno de los catetos, la longitud de la hipotenusa también disminuye”, por lo tanto, cuando el vehículo se carga o encuentra una protuberancia del

camino y el puente motriz sube con respecto al vehículo (se reduce el cateto vertical) también tiene que hacerlo la hipotenusa (la barra de transmisión).

Este cambio de longitud necesario de la barra de transmisión, se logra utilizando una barra dividida, entre cuyas partes se coloca una unión estriada desplazable que garantiza la transmisión de la rotación y al mismo tiempo el movimiento relativo axial entre las dos piezas. (Anexos 3 y 4)

1.8 Tren de rodaje

El control de cualquier vehículo pasa por el tren de rodaje, el cual engloba muchos otros sistemas, como los frenos, las suspensiones y numerosos sistemas electrónicos, dicho tren debe tener un comportamiento de conducción neutro y consiguientemente calculable, indistintamente de que circule en curvas, sobre carreteras y caminos en malas condiciones o en lluvia.

Cualquier componente del tren de rodaje puede ser tan perfecto como se quiera y sin embargo lo decisivo es siempre la acción concertada del conjunto, se igualó para todos los componentes de un eje como para la acción conjunta de los ejes anterior y posterior y para el reparto de pesos sobre ambos ejes, la rigidez de la carrocería también desempeñó un papel importante pues, en combinación con la geometría de los ejes, logramos asimismo el comportamiento de la autodirección del vehículo.

1.9 Conclusiones del capítulo

1. Las referencias existentes sobre la modificación de equipos de transporte son insuficientes.
2. Los estudios precedentes no tienen en cuenta las condiciones de rigidez de los vehículos de transporte de personal particularizadas a regiones de terreno irregular.
3. Quedó establecida secuencia lógica que fundamenta y rige la modificación del camión Dong Feng

CAPITULO 2. MATERIALES Y MÉTODOS

2.1 Introducción

Históricamente las modificaciones a equipos sea o no automotor, esta dado en función de mejorar uno u otro parámetro de eficiencia, volumen productivo, confiabilidad y seguridad, en este caso, para la realización de este trabajo, los métodos empleados estuvieron estrechamente relacionados con las normas técnicas que se tienen que tener en cuenta a la hora de concretar una decisión, que en gran medida está encaminada a mantener la confiabilidad del equipo y la seguridad de la carga a transportar, personal obrero, resultado comprobado durante este un período , con buenos resultados.

El **objetivo** del presente capítulo es:

Aplicar los procedimientos de cálculo necesarios para la modificación del camión Dong Feng.

2.2 Acoplamiento árbol-cubo

Estos acoplamientos se dividen según el número de ranuras que presentan, a igualdad de diámetro y por lo mismo, según la extensión de la superficie total de apoyo, en los tres tipos de apoyos siguientes.

De apoyo estrecho: Indicados para transmitir sólo una parte del momento de torsión del árbol macizo de diámetro (d), por ejemplo, los árboles huecos. Para este tipo, la relación entre la longitud (L) del cubo y el diámetro (d) es siempre menor que 1,5 mm.

De apoyo medio: Indicados para transmitir la totalidad del momento de torsión que el árbol macizo de diámetro (d) puede resistir, el acoplamiento puede ser fijo o desplazable si no está cargado. Para este tipo la relación de la longitud del cubo (L) puede llegar a 1,5 mm.

De apoyo ancho: Con la relación de la longitud del cubo (L) respecto al diámetro (d) es mayor a 1,5 mm y menor que 2,5 mm.

En este caso se utiliza el mismo cubo, teniendo en cuenta que es compatible con la misma barra de transmisión (árbol hueco) del equipo automotor de transporte tipo DAF de fabricación canadiense con un diámetro en el árbol base inferior de la ranura de 82 mm y base superior de la ranura en el cubo de 92 mm, al eliminar un tren de rodaje se observa que la longitud necesitada coincide con la de la barra cardán de DAF original con su

plattillo de fijación, haciendo coincidir los mismos orificios y la zona estriada interior de la barra.

Se comprobaron todos los diámetros, exteriores, interiores, acanalados o estrías y longitudes diseñados por el fabricante, esto coincidentemente concuerdan con las aproximaciones de las normas ISA⁴, para los árboles macizos y huecos utilizados en las barras de transmisión.

De ellos se puede plantear que para calcular el momento torsor total hay que conocer los parámetros geométricos de configuración del árbol estriado.

Área de los flancos de las ranuras.

$$\left(\frac{D-d}{2} - 2c\right) \cdot L \quad (2.1)$$

Donde

D: diámetro mayor de las estrías del cubo

d: diámetro menor de las estrías del cubo

c: Bisel o radio de entrada de las estrías

L: Longitud axial de contacto del cubo.

Si se conoce que el número de ranuras Z y ψ el coeficiente de utilización de las superficies consideradas, entonces la presión unitaria admisible (P_a) se puede calcular la presión total, esta presión tiene un brazo igual a la mitad del diámetro medio, o sea, un momento que debe ser igual al momento de torsión máximo (M_t) que el árbol puede transmitir, además conociendo la carga unitaria admisible que depende del material del árbol se puede expresar de la siguiente forma.

$$M_T = \left(\frac{D-d}{2} - 2c\right) L z \psi P_a \frac{D+d}{4} = \frac{\pi d^3}{16} \tau_0 \quad (2.2)$$

A fin de simplificar los cálculos, se escribe esta fórmula como sigue

$$\frac{L}{d} = \frac{\pi}{2\psi} \frac{d^2}{(D-4c)(D+d)z} \frac{\tau_0}{P_a} \quad (2.3)$$

Otros de los parámetros que se han de tener en cuenta para el análisis resistivo de este par son.

1. M_T : Momento torsor que puede resistir este árbol
2. M'_T : Momento torsor que puede resistir el cubo estriado interiormente

⁴ Sociedad de Instrumentistas de América (ISA, por sus siglas en inglés Instruments Society of America)

3. R_M y R_A son las cargas respectivas de roturas del material con que están contruidos los árboles y cubos.

Estos parámetros se definen en los Anexos 8, 9 y 10.

Para este caso se selecciona la misma barra adaptada, construida para soportar un torque similar a la anterior, decíamos anteriormente que coincide con los diámetros y espesores de la que estaba instalada no así con la longitud porque se necesitaba al eliminar un tren de rodaje, se conectó el tramo del eje estriado a presión y se logró la longitud necesaria.

Generalizando podemos calcular cualquier condición que necesitemos, para una unión barra cardán teniendo como base de datos las geometrías, materiales y condiciones de trabajo al que serán sometidos este, descrito en las tablas de diseño que aparecen en los Anexos 8, 9 y 10.

Los parámetros antes mencionados, no dan solución al análisis planteado, debido a que, son normas muy antiguas y para el diseño mecánico de ese tiempo se aproximaba bastante a la realidad de los elementos a diseñar, entre ellas se conocen las normas internacionales: (UNI, ISA). Por tanto quedan planteados los parámetros de diseño y comprobación de documentaciones ya aplicados y definidos metodológicamente con correcciones descritas por profesionales del Instituto Superior Minero Metalúrgico de Moa (ISMMM) "Dr. Antonio Núñez Jiménez", otras bibliografías técnicas como: resistencia de los materiales, mecánica y otros.

2.3 Barra de transmisión, cálculo de las estrías

En este punto comenzamos a plantear las diferentes formulas para el análisis diseño de las estrías en el cubo y el árbol, para ello tenemos que identificar cada parámetro que intervienen en este análisis teniendo en cuenta que se analiza como un engrane recto, como se describen posteriormente.

El engranaje es un mecanismo que con ayuda del engrane transmite o convierte el movimiento cambiando las velocidades angulares y los momentos torsionales.

Los engranajes cilíndricos se emplean para transmitir movimiento entre árboles paralelos; es el grupo de engranajes más difundido e importante, se emplean en los más diversos campos y condiciones de trabajo, máquinas muy pesadas; para transmitir fuerzas circunferenciales pequeñas y muy grandes.

En comparación con otras transmisiones poseen las siguientes ventajas:

1. Dimensiones exteriores pequeños.
2. Rendimiento alto.
3. Gran duración y fiabilidad de funcionamiento.
4. Constancia de la relación de transmisión por ausencia de patinaje.

Las relaciones de transmisión $i = Z_2/Z_1$ suelen limitarse por las dimensiones exteriores de los engranajes. En los engranajes reductores de acero mejorado las relaciones de transmisión del escalón rápido son hasta 8; del escalón lento hasta 6,3; en los aceros templados hasta 6,3 y 5,6, respectivamente. Las relaciones de transmisión de los engranajes reductores están normalizadas según la serie siguiente:

Serie preferible: 1; 1,25; 1,6; 2; 2,5; 3,15; 4; 5; 6,3; 8; 10; 12,5.

El número mínimo de dientes de los engranajes suele limitarse por la condición de no cortar los dientes en el pie. Para los engranajes no corregidos o normales $Z_{\min} = 17$. Habitualmente, los números de dientes se selecciona según las condiciones cinemática o de acuerdo con las condiciones de resistencia de los dientes a la fractura y desgaste.

La fractura de los dientes es el defecto más peligroso que causa la inutilización de la transmisión y frecuentemente el deterioro de otras piezas, al penetrar en estos trozos de los dientes rotos; Esta fractura puede producirse por grandes sobrecargas de choque o estáticas, sobrecargas reiteradas que provocan la fatiga de ciclo corto, o bien por cargas repetidas muchas veces, las que provocan la fatiga del material. González,1999 y Rodríguez, 1999.

Los materiales fundamentales para la fabricación de los árboles y ejes son los aceros:

- ✓ Al carbono
- ✓ Aleados

A continuación se exponen los tipos de tratamientos térmicos para estos tipos de aceros.

Tabla 2.4. Tratamientos térmicos

TRATAMIENTO TÉRMICO.		TIPO DE ACERO
Normalización, mejoramiento.	Aleados y al carbono	45; 4X; AISI 1040, 3140, 5052-H32
Temple a corazón		5052-H32, 3140, 8742
Temple superficial		AISI 1040, 45
Temple por CAF a corazón.		5052, 3140
Cementación		1015, 1020, 3120,
Nitruración		1035, 4140 3140

2.4 Causas fundamentales de rotura de los árboles y ejes

En la caso de cargas variables, las roturas por falta de resistencia mecánica pueden producirse con esfuerzos muy por debajo de las tensiones admisibles consideradas aceptables en diseño estático y de forma repentina. Este fenómeno por el cual los materiales pierden resistencia cuando están sometidos a ciclos de tensiones variables en el tiempo, se denomina fatiga.

Tabla 2.5. Descripción de las variables

Variable	Descripción
p	Paso
m	Módulo
Dp	Diámetro primitivo
De	Diámetro exterior
Di	Diámetro interior
Db	Diámetro de la base del diente
e	Espesor del diente
c	Distancia entre dientes
h	Altura de la cabeza del diente
i	Altura del pie del diente
r	Radio del pie del diente
w	Ancho del diente
Z	Número de dientes

2.5 Cálculo de los parámetros de diseño de la adaptación

2.5.1 Ángulos de presión

Más de 25 dientes = 14, 5° a 20°

De 23 a 25 dientes = 17,5° a 20°

De 18 a 23 dientes = 20° a 22°

De 14 a 17 dientes = 22,5°

De 10 a 13 dientes = 25°

Menos de dientes = 251 a 28°

Ángulo complemento: $\beta = 90^\circ - \alpha$

2.5.2 Paso

$$p = \pi \cdot m = 4 \cdot \delta = 2 \frac{(180^\circ)}{Z} \quad (2.4)$$

$$p = 3,14 \times 4$$

2.5.3 Módulo

$$m = \frac{p}{\pi} = \frac{D_p}{Z} = \frac{D_E}{(Z + 2)} \quad (2.5)$$

$$m = \frac{92}{(21 + 2)}$$

2.5.4 Diámetro exterior

$$D_e = D_p + 2 \cdot m = m(n + 2) \text{ (mm)} \quad (2.6)$$

$$D_e = 84 \text{ mm} + 2 \times m$$

2.5.5 Diámetro primitivo

$$D_p = Z \cdot m = \left(\frac{p \cdot Z}{\pi} \right) \quad (2.7)$$

$$D_p = \left(\frac{12,56 \times 21}{3,14} \right) \text{ mm}$$

2.5.6 Diámetro interior

$$D_i = D_p - (Z.i)D_p(2m.1,167) \quad (2.8)$$

$$D_i = 84 - 20 \text{ mm}$$

2.5.7 Diámetro base

$$D_b = D_p \cdot \cos(p.L) = \cos \alpha \cdot D_p \quad (2.9)$$

$$D_b = 0,927 \times 84$$

2.5.8 Espesor del diente

$$e = 0,5 \cdot p \quad (2.10)$$

$$e = 0,5 \times 12,56$$

2.5.9 Distancia entre los dientes

$$c = 0,5 + p \quad (2.11)$$

$$c = 0,5 + 12,56$$

2.5.10 Altura de la cabeza del diente

$$L = m$$

2.5.11 Altura del pie de diente

$$i = 1,167 \cdot m \quad (2.12)$$

$$i = 1,167 \times 4,5$$

2.5.12 Radio del pie del diente

$$R = 0,3 \cdot m (\text{máximo}) \quad R = \frac{c}{6} \text{ mínimo} \quad (2.13)$$

$$R = \frac{6,28 \text{ mm}}{6} \text{ mínimo}$$

2.5.13 Número de dientes.

Según datos según diseño.

Ancho del diente

$$w = 8.m \quad (2.14)$$

$$w = 8x4,5 \text{ mm}$$

Altura del diente

$$h = 2,25.m \quad (2.15)$$

$$h = 2,25x4,5 \text{ mm}$$

2.6 Verificación de los parámetros de resistencia de la barra estriada

Para continuar el análisis de la barra, partimos del punto de vista resistivo, teniendo en cuenta, a los esfuerzos a que está sometida, este análisis, lo hicimos considerando la misma como una barra estriada maciza.

Planteamos anteriormente, que la barra fue recuperada de un equipo fuera de operación, ómnibus DAF, en el mismo, se encontraba instalado un motor de 275 H p, con una velocidad de rotación de 3000 rpm por minutos, similar a la potencia y velocidad del motor instalado en el equipo modificado, el material de construcción de la barra es un acero 1020 cementado, que su dureza tiene que estar en el orden de 55 y 65 HRC.

Del desarrollo de los cálculos de la sección estriada, ya conocemos los datos necesarios para la comprobación de resistencia de la barra.

Potencia

$$N = 275H_p = 205,067 K_w$$

Número de revoluciones

$$n = 3000rpm$$

Diámetro exterior de la barra

$$D_e = 92mm$$

Diámetro primitivo

$$D_p = 82mm$$

$$\text{Módulo} = 4$$

Límite de resistencia a la fatiga

$$\sigma_o = 7500 \text{ hasta } \frac{Kgf}{cm^2}$$

Conociendo los parámetros geométricos planteados anteriormente en las fórmulas (2.4) hasta (2.15).

Esfuerzo tangencial que puede soportar

$$F_{t2} = \frac{2M_{tr2}}{d_2} \quad (2.16)$$

Para calcular el **momento torsor** tenemos que conocer que

$$M_{tr} = \frac{N_2}{\varpi_2} \quad (2.17)$$

Velocidad Angular

$$\varpi = \frac{\pi.n}{30} = \frac{rad}{seg} \quad (2.18)$$

Profundidad de penetración de la cementación que deben tener los dientes

$$P_c = \frac{m.h}{2} = mm \quad (2.19)$$

$$P_c = \frac{4,5 \times 0,235}{2} = mm$$

Velocidad

$$V = \frac{Dx\pi xh}{6000} = \frac{Dxh}{19100} = \frac{m}{Seg} \quad (2.20)$$

$$V = \frac{92 \times 3000 rpm}{19100}$$

2.7 Sistema de amortiguación

Los muelles son órganos mecánicos caracterizados por el hecho que pueden sufrir, bajo la acción de fuerzas exteriores, grandes deformaciones elásticas, con acumulación de energía que, cuando desaparece la deformación, al cesar la acción que la ocasionaba, se devuelve en su mayor parte. Dentro de los límites en que pueden emplearse los muelles, no puede haber nunca deformaciones permanentes, las deformaciones en los muelles

pueden ser producidas por fuerzas o por pares de fuerzas. Para asegurar el contacto de dos piezas, en el caso del gatillo de un trinquete, aplicado sobre la rueda por la acción de un resorte, un dispositivo de fricción tiene que necesitar la acción de un resorte apropiado, para ejercer la presión necesaria entre dos piezas en contacto, así como el contacto de una excéntrica puede asegurarse con la acción de un resorte.

Para el sistema de amortiguación se realizó el desmontaje un tren de rodaje, eje de carga y paquete de muelle, se hizo necesario adaptar otras platinas más largas y más flexibles, debido a que las que él tenía instalada originalmente que conformaban un paquete más corto de 2,5 veces la altura total de la actual, sumando 15 platinas haciendo perceptible las amortiguaciones a partir de 16 toneladas las hojas flexibles, son platinas con cierta longitud generalmente, la mayoría, con sección transversal decreciente geométricamente, rectangulares en ángulos, respecto a su longitud, el cual, la resistencia que ofrece a una carga, siempre se determina por la sección puntera, hasta su punto de apoyo, pueden utilizarse de tres formas diferentes.

1. De flexión simple (una sola hoja con sección decreciente, constante y de ballesta sencilla).
2. De hojas (de extremo en triángulo, con extremo en trapecio y perfil parabólico)
3. De ballesta (de hojas rectangulares y perfil parabólico)

2.8 Conclusiones capítulo

En este capítulo:

1. Se especificó el procedimiento de cálculo afín con la modificación del camión Dong Feng.
2. Quedaron establecidas las variantes con los parámetros a trabajar para comprobar el diseño de la barra estriada así como la resistencia de la misma.

CAPITULO 3. ANÁLISIS ECONÓMICO

3.1 Introducción

Una vez establecido en el Capítulo 2 los fundamentos básicos y los procedimientos de cálculos para realizar el análisis de la comprobación de resistencia de la barra de transmisión se procede al análisis de los resultados obtenidos.

El **objetivo** de este capítulo es:

Presentar los resultados obtenidos del análisis realizado según las ecuaciones principales así como la comparación del costo de mantenimiento antes y después de su puesta en marcha.

3.2 Resultado de la comprobación de la barra estriada

Según el procedimiento utilizado para la verificación de la barra de transmisión los resultados quedaron de la siguiente forma.

Paso

$$p = \pi.m = 4.\delta = 2 \frac{(180^\circ)}{Z} \quad \text{Sustituyendo en (2.4)}$$

$$p = \pi.m$$

$$p = 12,56$$

Módulo

$$m = \frac{p}{\pi} = \frac{D_p}{Z} = \frac{D_E}{(Z+2)} \quad \text{Sustituyendo en (2.5)}$$

$$m = \frac{12,56}{3,1316} \quad \text{Sustituyendo en (2.6)}$$

$$m = 4$$

Diámetro exterior

$$D_e = D_p + 2.m = m(n+2) \quad \text{Sustituyendo en (2.7)}$$

$$D_e = 92mm$$



Diámetro primitivo

$$D_p = Z.m = \left(\frac{p.Z}{\pi} \right)$$

$$D_p = 84mm$$

Diámetro interior

$$D_i = D_p - (Z.i)D_p(2m.1,167)$$

Sustituyendo en (2.8)

$$D_i = 82mm$$

Diámetro base

$$D_b = D_p.\cos(p.L) = \cos \alpha.D_p$$

$$D_b = 77,8mm$$

Espesor del diente

$$e = 0,5.p$$

Sustituyendo en (2.10)

Distancia entre los dientes

$$c = 0,5 + p$$

Sustituyendo en (2.11)

Altura de la cabeza del diente

$$L = m$$

Sustituyendo en (2.12)

Altura del pie de diente

$$i = 1,167.m$$

Sustituyendo en (2.13)

Radio del pie del diente

$$R = 0,3.m$$

Sustituyendo en (2.14)

$$R = 1,2mm \quad \text{Máximo}$$

$$R = \frac{c}{6} \text{ mínimo}$$

$$R = 1.046 \text{ mm Mínimo}$$

Número de dientes datos según diseño

Ancho del diente

$$w = 8.m$$

Sustituyendo en (2.15)

Altura del diente

$$h = 2,25.m$$

Sustituyendo en (2.16)

Para la este cálculo seleccionamos un ángulo de presión, que esté especificado dentro de la cantidad de dientes de la sección estriada o sea.

De 18 a 23 dientes = 20° a 22°

3.3 Resultados de los parámetros de resistencia

Para continuar el análisis de la barra, se parte del punto de vista resistivo, teniendo en cuenta, a los esfuerzos a que está sometida, este análisis, se hace considerando la misma como una barra estriada maciza.

Planteamos anteriormente, que la barra fue recuperada de un equipo fuera de operación, ómnibus DAF, en el mismo se encontraba instalado un motor de 275 H p, con una velocidad de rotación de 3000 rpm, similar a la potencia y velocidad del motor instalado en el equipo modificado, el material de construcción de la barra es un acero 1020 cementado, que su dureza tiene que estar en el orden de 55 y 65 HRC.

Potencia

$$N = 275 H_p = 205,067 K_w$$

Número de revoluciones

$$n = 3000 \text{ rpm}$$

**Diámetro exterior de la barra**

$$D_e = 92mm$$

Diámetro primitivo

$$D_p = 82mm$$

$$\text{Módulo} = 4$$

Límite de resistencia a la fatiga

$$\sigma_o = 7500 \text{ hasta } \frac{Kgf}{cm^2} \quad (2.16)$$

Conociendo los parámetros geométricos planteados anteriormente en las fórmulas (2.4) hasta (2.15).

El esfuerzo tangencial que puede soportar

$$F_{t2} = \frac{2M_{tr2}}{d_2} N \quad \text{Sustituyendo en (2.17)}$$

$$F_{t2} = 14190N$$

Para calcular el momento torsor tenemos que conocer que

Velocidad Angular

$$\varpi = \frac{\pi.n}{30} = \frac{rad}{seg} \quad \text{Sustituyendo en (2.19)}$$

$$\varpi = 314.16 \frac{rad}{seg}$$

Profundidad de penetración de la cementación que deben tener los dientes

$$P_c = \frac{m.n}{2} \text{ mm}$$

Sustituyendo en (2.20)

$$P_c = 94 \text{ mm}$$

$$P_c = 0.94 \text{ mm} \text{ a partir de una temperatura de } 900^\circ\text{C}$$

El resultado del momento torsor está dado en la expresión (2.18)

$$M_{tr} = \frac{N_2}{\omega^2}$$

$$M_{tr} = 652,75 \text{ Nm}$$

Se realizaron comparaciones matemáticas para la comparación de potencia del motor, y la que resiste la barra.

$$V = \frac{92 \times 3000 \text{ rpm}}{19100} = 14,5 \text{ m / Seg}$$

$$N = \frac{F_{r2} V}{75} \text{ Hp} > N = 275 \text{ hp}$$

$$N = \frac{14190 \text{ N} \times 14,5}{75} = 289 \text{ Hp} > 275 \text{ hp}$$

Con este resultado comprobamos que la barra utilizada cumple con las condiciones de resistencia para utilizarla en el equipo modificado, con un porcentaje de seguridad de 4,844 por encima de la potencia del motor.

3.4 Amortiguación adaptada

Los equipos a modificar, los paquetes de muelles ballestas tenían una rigidez tal que sólo podían amortiguar a partir de un peso de 16 toneladas, se puede afirmar que los elementos utilizados, están dentro de los parámetros de flexibilidad necesarios para este trabajo, pues estos se encontraban instalados en ómnibus DAF. Mencionados estos equipos tienen un peso nominal por encima de las hojas de muelle de once toneladas, para el caso de la modificación a que nos enfrentamos, el equipo tiene como peso

nominal por encima de las hojas de muelle diez toneladas, resultando el montaje y comprobación del sistema de amortiguación (platinas flexibles ballesta), después de taladrado los soportes de sujeción de las dos ballestas y colocadas las mismas, comenzamos la verificación de, a partir de que carga se reflejaba la variación del cono del paquete de hojas de muelles, se comprobó que el mismo amortigua con el peso nominal de la carrocería que se encontraba por encima de los muelles.

Se colocaron pesos, se agregó uno tras otro hasta sumar seis toneladas, se puso en movimiento el camión, en el área de prueba y comprobamos que este mantiene una amortiguación aceptable y próxima al peso del total de persona a transportar. Durante el proceso de ajuste y puesta en marcha, no presentó desperfecto alguno, lo que demuestra que el trabajo realizado se evaluó de bien, después de concluido el trabajo, se solicitó la representación de un especialista de la firma, durante la observación de funcionamiento citó de forma verbal que el equipo está en óptimas condiciones para la transportación de personal, con buena seguridad y calidad, se puso en operación sobrepasando un período de un tiempo de explotación seis meses sin presentar problemas, conociendo los resultados y la necesidad de darle utilidad a los demás camiones que se encontraban en esa misma empresa en Moa, se solicitó la generalización, resultando un total de diez la cantidad de equipos modificados, estos llevan tres años de operación y los resultados son satisfactorios.

3.5 Mantenimiento

Es notable que los costos de los mantenimientos disminuyeran sustancialmente pues, las averías por rigidez eran constantes en la carrocería, sistemas de tuberías de alimentación, agregados del motor y en la cristalería.

El mantenimiento, preventivo, en miles de km, se ajustó al que propone el fabricante, atendiendo a las modificaciones realizadas al equipo. (Ver Anexo 8)

3.6 Valoración económica

Tabla 3.1. Consumo de piezas antes y después de la modificación

No	Piezas	CUC	MN	Antes	Después
1	Soporte	-----	171.93	4	4
2	Piel de freno	11.8	37.72	24	16
3	Rodamiento	62.94	5.29	12	8
4	Barra transmisión	228.95	0.59	1	1
5	Neumáticos 10 x 20	203.76	22.26	10	6
6	Llantas	261.91	---	10	6
7	Paquetes de hojas de muelles	533.43	46.31	2	2
8	Zapatas de freno	64.62	----	24	16

En la tabla anterior se muestra las diferencias de los agregados y piezas antes y después de la modificación, en la primera columna se describen los elementos y piezas, segunda y tercera los precios y en las restantes el consumo antes y después de la modificación, esto nos indica que económicamente, con la utilización de recursos adquiridos por medio de la importación de equipos y piezas que no se encuentran en estos momentos en operación todavía quedan posibilidades de solucionar problemas tan importantes para el desarrollo productivo del país.

Antes de la modificación, el total de las piezas estaba en el orden de 87 unidades, después de la modificación estas se comportan en el orden de las 59 para un 32,1 por ciento menor de piezas, lo que implica una disminución en las sustituciones de piezas durante el mantenimiento.

En este punto se describen los aportes y gastos para que este trabajo se consolidara y se generalizara en toda la empresa que presta servicio, el mismo quedará de la forma siguiente.

Para la modificación del primer camión se laboró, en jornada de ocho horas 26 días, teniendo en cuenta que los trabajos se realizaron, en un ranfla que no tiene las condiciones necesarias para trabajar de noche, cuando se realizaron las pruebas durante un mes, se organizó el trabajo para comenzar en los camiones restantes, cuatro más en la base ESUNI de Nicaro y se orientó el traslado de los cinco que se encontraban en la base ESUNI en MOA. Las modificaciones realizadas a los nueve restantes, se realizaron en turnos también de ocho horas pero un término de 19 a 20 días, es bueno destacar que la fuerza de trabajo, labora en el taller base de Nicaro y todo se realizó con medios propios.

Tabla 3.2. Fuerza de trabajo empleada en el primer camión modificado.

No	Operarios especialidad	Cantidad	Salario	Tiempo trabajado horas	Total MN
1	Jefe de brigada	1	490	208	530.83
2	Mecánico "A"	1	465	208	503.75
3	Oxicortador "A"	1	465	44	106.56
4	Ayudante	2	226	208	489,6
5	Totales	5	1646	668	1141.14

El trabajo terminado en los diez camiones resultó un total en salario por fuerza de trabajo de 11411.4\$, tiempo utilizado de 6680 horas, si se observa la tabla 3.3 y se comparan los gastos en salario que sólo se utiliza moneda nacional es intrascendente en valor, contra la importancia de este trabajo.

Económicamente disminuyen los costos de mantenimientos haciendo una comparación del valor y la cantidad de piezas antes y después de la modificación.

Tabla 3.3. Valores totales y diferencia antes y después de la modificación

No	Descripción	CUC	MN	Total
1	Antes de la modificación	8541.87	1972.29	10514.16
2	Después de la modificación	4244.61	1559.74	5804.35
3	Diferencia	4297.26	412.55	4709.81

Como puede apreciarse la sumatoria de los valores en piezas totales antes de la modificación, está en el orden de \$ 10 514.16, así como los valores totales después de la modificación es de \$ 5804.35. Representando el 45% menor del valor total después de la modificación, con una diferencia total de \$ 4709.81 siendo este último el ahorro que se genera por concepto de mantenimiento respecto a la modificación. Es bueno señalar que al generalizarse en nuestra empresa la cantidad de camiones intervenidos fueron diez, para un ahorro total de \$ 47 098.10 contra un total de \$ 105 141.60 que se generaba previamente.



3.7 Conclusiones del capítulo

Con la modificación de este equipo se logra disminuir los costos de los mantenimientos. La aceptación de conformidad por seguridad y comodidad por parte de los trabajadores es general. La eficiencia de tiempo operativo a aumentado de de forma continua a tres años. Se realizó la comprobación de la barra de transmisión. Se realizó la generalización de este trabajo a todos los camiones comprados con este fin. La modificación de este equipo logrará un uso sostenible de los recursos y tendrá un impacto positivo sobre el medio ambiente.



CONCLUSIONES GENERALES

- ✓ La bibliografía existente no referencia la anterior modificación de camiones de transporte de personal.
- ✓ Quedó establecida la metodología para el cálculo de los parámetros necesarios para la modificación del camión Dong Feng
- ✓ Se calcularon los parámetros de resistencia para cada uno de los elementos sometidos a modificación



RECOMENDACIONES

- ✓ Expandir el estudio de los vehículos de transporte de personal.
- ✓ Utilizar la metodología expuesta en el presente trabajo como base para posteriores estudios de la temática analizada.
- ✓ Generalizar las modificaciones propuestas a los vehículos de transporte de personal en el municipio de Moa y la región minera de Nicaro

BIBLIOGRAFÍA

1. Anuriev, V. Moscu, Mir, 1975.
2. Avallone, E. A. Manual del Ingeniero Mecánico. Ed Mc.Graw Hill 9^a. Mexico 1995
3. Budynas, R.; Nisbett, K., Diseño en Ingeniería Mecánica de Shigley. México: Mc Graw- Hill, 8^a edición. 2008.
4. Budynas, R.; Nisbett, K., Diseño en Ingeniería Mecánica. México: McGraw- Hill, 8^a edición. 2008.
5. Calvo, F., Metalografía Práctica Ed. Alambra, 1971.
6. Callister, W., Ciencia e Ingeniería de los Materiales I. Ed. Reverté, S.A., 1999.
7. Callister, W., Materials Science and Engineering. An Introduction. Fifth Edition. Department of Metallurgical Engineering. University of Utah. John Wiley & Sons, Inc. 8195 pp. 2000.
10. Casillas, A., Manual de Cálculos de Taller, 1987
11. Callister, W., Ciencia e Ingeniería de los Materiales, 1999.
12. Cardona, S., CLOS, D., “Teoría de máquinas” Barcelona, edición UPC, 2000.
13. Dobrovolski, V., Zablonski. K., Radchik. A, Erlj. L 3ed. Moscú, Mir, 1978.
14. Gasparini, G.; Mariani, U.; Gorla, C.; Filippini, M., Influence of Material, Design and Manufacturing Parameters in Geartechnology, 2009.
15. Guliaev, A. Metalografía. Tomo II. Moscú. Editorial MIR. p 17 – 22, 1983.
16. Ginjaume, A.; Torre, F. “Ejecución de procesos de mecanizado, conformado y montaje” Cengage Learning Editores, 2005.
17. Groover , M. “Fundamentos de manufactura moderna, materiales procesos y sistemas”
18. John, H., Introducción al diseño y comportamiento de las uniones atornilladas, 3^a edición, 1995.
19. Kalpakijian, S; Schimd, S. “Manufacuta, Ingeniería y ecnología” Pearson Education ISBN: 970-26-0137-1

ANEXOS

Anexo 1. Camión DONG FENG, antes de la Modificación



Anexo 2. Barra de transmisión modificada



Anexo 3. Barra de transmisión modificada



Anexo 4. Barra de transmisión y soporte intermedio



Anexo 5. Sistema de amortiguación antes de la modificación



Anexo 6. Sistema de amortiguación y soporte después de la modificación



Anexo 7. Camión Dong Feng después de la modificación.



Anexo 8. Tabla de Perfiles Acanalados para arboles y cubos

No	d	D	b	z	c	r	Ω
1	16	20	2,5	10	0,2	0,2	0,22
2	18	23	3	10	0,2	0,2	0,19
3	21	26	3	10	0,2	0,2	0,22
4	23	29	4	10	0,2	0,2	0,20
5	26	32	4	10	0,2	0,2	0,22
6	28	35	4	10	0,3	0,3	0,21
7	32	40	5	10	0,3	0,3	0,21
8	36	45	5	10	0,3	0,3	0,21
9	42	52	6	10	0,5	0,5	0,23
10	46	56	7	10	0,5	0,5	0,26
11	52	60	5	16	0,5	0,5	0,25
12	56	65	5	16	0,5	0,5	0,23
13	62	72	6	16	0,5	0,5	0,22
14	72	82	7	16	0,5	0,5	0,26
15	82	92	6	20	0,5	0,5	0,24
16	92	102	7	20	0,5	0,5	0,27
17	102	115	8	20	0,5	0,5	0,22
18	112	125	9	20	0,5	0,5	0,24

Anexo 9. Tabla de Acoplamientos

NATURALEZA DE LAS SUPERFICIES EN CONTACTO	ACOPLAMIENTOS			
	Fijos o deslizables sin cargas		Deslizables con cargas	
	Coeficiente de utilización Ψ	Modulo m	Coeficiente de utilización Ψ	Modulo m
LAS DOS CEMENTADAS UNA SOLA CEMENTADA O NINGUNA	0,55	2,85	0,65	2,42
	0,75	2,10	0,90	1,75

Anexo 10. Valores de Coeficientes

VALORES DEL COEFICIENTE								
M_T Y R_M	ACOPLAMIENTOS FIJOS		ACOPLAMIENTO DESLIZABLES SIN CARGAS		ACOPLAMIENTOS DESLIZABLES BAJO CARGA SUPERFICIE DE CONTACTO			
	A)	B)	A)	B)	A)	B)	A)	B)
	$M_T = M$	1,25	0,96	1,10	0,85	0,32	0,25	0,25
$\begin{cases} R_m = R_a \\ R_m \leq R_a \end{cases}$	1,25	0,96	1,10	0,85	$0,32 \frac{R_m}{R}$	$0,25 \frac{R_m}{R_a}$	$0,25 \frac{R_m}{R_a}$	$0,20 \frac{M_t}{M'_t}$
	$\frac{R_m}{R_a}$	$\frac{R_m}{R_a}$	$\frac{R_m}{R_a}$	$\frac{R_m}{R_a}$				
M_T	1,25	0,96	1,10	0,85	$0,32 \frac{M_t}{M'_t}$	$0,25 \frac{M_t}{M'_t}$	$0,25 \frac{M_t}{M'_t}$	$0,20 \frac{M_t}{M'_t}$
$=M_T \begin{cases} R_m = R_a \\ R_m \leq R_a \end{cases}$	$\frac{M_t}{M'_t}$	$\frac{M_t}{M'_t}$	$\frac{M_t}{M'_t}$	$\frac{M_t}{M'_t}$	$0,32 \frac{R_m M_t}{R_a M'_t}$	0,25	$0,25 \frac{R_i M_t}{R_a M'_t}$	$0,20 \frac{R_i M_t}{R_a M'_t}$
	1,25	0,96	1,10	0,85		$\frac{R_m M_t}{R_a M'_t}$		
	$\frac{R_m M_t}{R_a M'_t}$	$\frac{R_m M_t}{R_a M'_t}$	$\frac{R_m M_t}{R_a M'_t}$	$\frac{R_m M_t}{R_a M'_t}$				

Anexo 8. Tabla de Operaciones del Mantenimiento

OPERACIONES	MILES DE KM													
	2,5	6	12	18	24	30	36	42	48	54	60	66	72	78
EJE DELANTERO NO PROPULSOR														
Revisar y rellenar aceite de rolineras de ruedas		X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
Cambiar aceite de rolineras de ruedas lubricados con aceite						X								
Revisar y rellenar grasa a rolineras de ruedas		X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
Cambiar grasa de rolineras de ruedas lubricados con grasa			X				X				X			
Revisar juego longitudinal en rolineras de ruedas			X			X			X			X		
Revisar pernos, tuercas y componentes de la suspensión		X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
Lubricar extremos de la barra de acoplamiento		X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
Lubricar barra de dirección		X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
Lubricar pivotes y bujes de la dirección		X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
Inspeccionar amortiguadores		X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
Apretar al torque, los pernos "U" de la suspensión			X			X			X			X		
HR Comprobar que no existan piezas dañadas o gastadas		X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
FRENOS HIDRÁULICOS														
Revisar y rellenar nivel del líquido en cilindro maestro		X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
MOTOR														
Revisar conector del flotador de combustible. Mínimo	X					X						X		
Revisar fugas y ajustes de tuberías y silenciador del sistema de escape		X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
Revisar y rellenar nivel de refrigerante		X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
Revisar que no existan obstrucciones en el panel de radiador y del post-enfriador de aire		X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
Revisar funcionamiento del embrague del ventilador		X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
Revisar daños o roce de aspas y tolva del ventilador		X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
Cambiar filtro de refrigerante	X					X						X		
Cambiar refrigerante de larga duración							X							
COMPONENTES ELÉCTRICOS														
Revisar funcionamiento de luces de alarmas al conectar el encendido		X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X

Modificación de los camiones Dong Feng destinados al transporte obrero de la mina Pinares De Mayarí.

Revisar funcionamiento adecuado de instrumentos		X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
Revisar conexiones de cables y sensores		X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
CAJA DE TRANSMISIÓN														
Revisar y rellenar nivel del aceite de transmisión automática		X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
Revisar operación de palanca de cambios y articulaciones		X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
Revisar operación del interruptor de encendido en neutro														
Cambiar aceite de transmisión	X						X							X
Cambiar filtro externo de transmisión	X						X							X
Verificar apriete de tornillos de la campana de la transmisión	X			X			X			X			X	
EJE TRASERO														
Revisar y rellenar nivel de aceite		X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
Revisar pernos, tuercas y componentes de la suspensión		X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
Apretar al torque las tuercas de flechas laterales del eje	X			X			X			X			X	
Cambiar aceite	X					X					X			
Comprobar que no existan piezas dañadas o gastadas		X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
Apretar al torque los pernos "U" de la suspensión			X			X			X			X		
NEUMATICOS														
Realizar rotación de los neumáticos	X				X				X				X	
Realizar revisión presión de aire	CUANDO EXISTA VARIACIÓN DE PESO POR CARGA Y EN CADA PERIODO DE MANTENIMIENTO													
Verificar condiciones del Neumático (Desgastes irregulares, escalonamientos, separación de lonas, incrustación de objetos extraños o defecto de fabricación, entre otros)	SISTEMÁTICAMENTE													
COMPONENTES DE LA CABINA														
Lubricar bisagras, placas, cerraduras y cilindros de cerraduras		X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
Lubricar rieles y palancas de ajuste de asientos		X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
Lubricar mecanismo de inclinación y fijación de la cabina		X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
CHASIS BASTIDOR														
Engrasado general		X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X

