

UNIVERSIDAD NACIONAL TECNOLÓGICA DE LIMA SUR

**FACULTAD DE INGENIERÍA Y GESTIÓN
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA MECÁNICA Y
ELÉCTRICA**



**“REPOTENCIAMIENTO DE CAMIÓN DIESEL
DE CARGA CON MOTORES A GNV”**

TRABAJO DE SUFICIENCIA PROFESIONAL
Para optar el Título Profesional de

INGENIERO MECÁNICO ELECTRICISTA

PRESENTADO POR EL BACHILLER

CHURAMPI QUILLAMA, ROGER JESÚS

**Villa El Salvador
2014**

DEDICATORIA

Esta tesis se lo dedico a mi divino creador quien en toda mi vida supo guiarme por el camino del bien, dándome fuerzas para seguir adelante día a día y no desanimarme en los diversos problemas que se me presentaban, enseñándome a encarar los obstáculos sin perder nunca la dignidad ni desvanecerme en el intento.

A mi familia, que gracias a ellos con el empuje dado soy lo que soy.

A mi linda madre, siempre con sus buenos consejos lleno de valores morales, estuvo ahí para apoyarme en lo que podía, con ese gran amor que me tiene el cual nunca me cansare de agradecerlo, con el ímpetu y aliento de decirme vamos tu puedes. Me dio todo junto con mi abuelita y tía; principios, valores, carácter, perseverancia y sobre todo la fuerza y coraje para conseguir objetivos.

A mis familiares cercanos como hermanos, primas, padrinos de bautizo, primera comunión y confirmación, siempre al pendiente mío; amigos de siempre, del colegio, de la universidad y de la zona donde vivo, compartiendo información válidas para una buena experiencia.

A mis sobrinos el cual soy y seré ejemplo para ellos, motivación que me dan cada día para ser mejor.

AGRADECIMIENTOS

El presente trabajo de tesis se lo agradezco a nuestro creador por impulsarme y bendecirme para llegar hasta donde he llegado.

A la Universidad Nacional Tecnológica de Lima Sur por darme la oportunidad de estudiar en su institución y salir de ahí un profesional.

Al representante de mi especialidad de Ing. Mecánica y Eléctrica el Ing. Mg. Martin Gonzales Bustamante el cual es uno de los principales impulsores para poder realizar mi tesis y quien con sus conocimientos, experiencia, paciencia y motivación ciclo tras ciclo ha logrado que yo pueda terminar mis estudios con éxito.

Infinitamente a mis profesores que durante toda mi carrera universitaria aportaron lo mejor de sí, brindando la información necesaria para ir incrementando mis conocimientos; especialmente al Ing. Roger Silva Mares que en su momento me supo dar motivación aliento y sobre todo experiencia para poder tomar decisiones importantes en mi vida laboral.

Y por último a mi Jefe de trabajo Oscar Bordón Mansilla que desde mis inicios como practicante siempre estuvo aconsejándome y presionándome para cumplir los diversos objetivos de la empresa MODASA, como un padre brindándome todas las oportunidades solicitadas y aconsejándome en el puesto de trabajo.

En realidad son mucha a las personas que debo agradecer infinitamente porque al formar parte de mi entorno, siempre hubo algo que aprender; algunas presentes físicamente y otras espiritualmente como lo es mi padrino Jorge Gonzales y mi Papa Raul Rosas; sin importar donde estén les doy las gracias por lo que me han brindado y por sus buenos augurios

ÍNDICE

	PAG
INTRODUCCIÓN.....	6
1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.....	7
1.1. DESCRIPCIÓN DE LA REALIDAD PROBLEMÁTICA.....	7
1.2. JUSTIFICACIÓN DEL PROBLEMA.....	8
1.3. DELIMITACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN.....	8
1.3.1. ESPACIO DEL PROYECTO.....	8
1.3.2. TEMPORAL.....	8
1.4. FORMULACIÓN DEL PROBLEMA.....	9
1.4.1. PROBLEMA GENERAL.....	9
1.4.2. PROBLEMA ESPECÍFICO.....	9
1.5. OBJETIVOS.....	10
1.5.1. OBJETIVO GENERAL.....	10
1.5.2. OBJETIVO ESPECIFICO.....	10
2. MARCO TEÓRICO.....	11
2.1. ANTECEDENTES.....	11
2.2. BASES TEÓRICAS.....	13
2.3. MACO CONCEPTUAL.....	34
3. DESARROLLO DE LA METODOLOGÍA.....	37
3.1. DISEÑO.....	37
3.2. ANÁLISIS.....	43
3.3. REVISIÓN.....	47
CONCLUSIONES.....	49
RECOMENDACIONES.....	51
BIBLIOGRAFÍA.....	52
ANEXOS.....	53

ÍNDICE DE GRÁFICOS

	PAG
Figura 1. Admisión.....	13
Figura 2. Compresión.....	14
Figura 3. Combustión o Trabajo.....	15
Figura 4. Escape.....	15
Figura 1: Primer Tiempo: Admisión.....	17
Figura 2: Segundo tiempo: Compresión.....	18
Figura 3: Tercer tiempo: Explosión.....	19
Figura 4: Cuarto Tiempo: Escape.....	20
Figura 1. Freno Prony.....	24
Figura 2. Curva Par torsional.....	24
Figura 3. Curva de Potencia.....	25
Figura 1. Torque vs. Revoluciones Cummins Diesel.....	29
Figura 2. Potencia vs. Revoluciones.....	30
Figura 3. Torque vs. Revoluciones.....	31
Figura 4. Potencia vs. Revoluciones.....	32

INTRODUCCIÓN

El inadecuado mantenimiento de los vehículos automotores por una falta de control y crecimiento del parque automotor, en los últimos años, ha generado un incremento sustantivo en los niveles de contaminación ambiental producidos por el funcionamiento de los motores de dichos vehículos, en especial en las zonas urbanas, derivando de esta situación efectos nocivos para la salud de las personas.

Es así que se da las normas de emisiones de gases de escape: Reglamento (UE) N° 459/2012 de la comisión que consiste en la estandarización de los planes de mantenimiento y reparación en todos los vehículos de turismo, de carga pesada y ligeros contando todos con requisitos técnicos comunes para la homologación de tipo vehículo de motor y las piezas de recambio, refiriéndose a sus emisiones estableciendo normas de conformidad en la circulación, la durabilidad en los dispositivos anticontaminantes, los sistemas de diagnóstico a bordo, la medición del consumo de carburante y la accesibilidad de la información relativa a la reparación y mantenimiento de los vehículos, ya mencionados.

Por lo mencionado, una empresa en particular, como en este caso la empresa UNIÓN DE CONCRETERAS S.A. (UNICON), hace partícipe de ello repotenciando sus unidades VOLKSWAGEN WORKER modelo 26-260 cambiándole de motor Diésel por uno de GNV; logrando así mayor rentabilidad en sus costos y sobre todo contribuyendo con el medio ambiente, ya que con la tecnología de estos nuevos motores las emisiones de escape serán menos dañinas.

CAPITULO I

PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

1.1 Descripción de la realidad problemática

UNICON (Unión de Concreteras S.A.) es una empresa peruana que produce, distribuye y comercializa concreto premezclado por más de 50 años, cuenta con una flota de 370 camiones de las diferentes marcas como Volkswagen, Mack, Mercedes Benz, Volvo, Scania entre otras.

En Septiembre del 2012, UNICON al estar comprometidos con el desarrollo y crecimiento sostenible del país con respecto al medio ambiente, opta por modificar el sistema motriz de sus unidades Volkswagen modelo Worker 26-260, haciendo aplicaciones de cambio de motor Diésel por uno de GNV, debido a los excesivos gases contaminantes que generaba y emanaba al medio ambiente producido por el desgaste de su motor.

Esta problemática no era la única razón por la que UNICON decide tomar la decisión de hacer dicha aplicación, sino también, el elevado costo del combustible (petróleo) que vino incrementándose año tras año, el cual ya no era rentable para las operaciones que venía realizando como empresa.

1.2 Justificación del problema

Podemos dar efecto que la contaminación de los motores diesel es peligrosa, en especial en países como los nuestros, en los cuales no existen reglamentaciones, o donde no se hacen cumplir las mismas.

La ausencia de normas al respecto, hace que los habitantes de nuestras ciudades respiremos sustancias nocivas, con alto contenido de veneno. Por ende, podemos afirmar que gran parte de los contaminantes de los gases de escape inhalados en una fuerte dosis, son muy nocivos para la salud. Algunos de ellos provocan enfermedades graves en el sistema respiratorio y en la piel, mientras que otros en ciertas condiciones, pueden provocar la muerte a corto o largo plazo.

1.3 Delimitación de la Investigación

Los trabajos de investigación lo damos en dos escenarios:

1.3.1 Espacio del Proyecto:

UNICON, al hacer diversos estudios, balances económicos y sobre todo de rentabilidad, hace una alianza estratégica con la empresa Motores Diesel Andinos S.A. (MODASA) y CUMMINS Perú, para realizar los trabajos de Repowering (Repotenciación de la unidad – cambio de motor), debido a la gran experiencia que cuentan estas dos empresas haciendo aplicaciones similares.

El espacio pactado donde se realizó la aplicación del Repowering fue en las instalaciones de MODASA, el cual cuenta con todos los equipos, herramientas e instrumentos necesarios para hacer la aplicación.

1.3.2 Temporal:

El tiempo para realizar el proyecto es de 30 días, con la ventaja de que todos los componentes del sistema mecánico y eléctrico que se requiere para hacer la aplicación, estaban en el almacén listos para la hora de ensamble,

incluyendo el motor GNV de la marca CUMMINS y sus componentes periféricos.

1.4 Formulación del Problema.

1.4.1 Problema general:

El problema general es mejorar la rentabilidad de operación que vienen realizando los equipos (camiones) en las diversas obras de construcción, ya que estos al operar en base al combustible (petróleo) se hace cada vez más costoso por el alza del precio que viene ocurriendo año tras año. Los gastos de operación de la empresa UNICON, anualmente viene creciendo debido a que los equipos al tener año de fabricación a partir del 2006, su funcionamiento ya no es el más óptimo; es decir, al tener horas de trabajo entran en desgaste hasta llegar al mantenimiento correctivo; y si a ello le sumamos la calidad del combustible, que generalmente viene contaminado se vuelve más crítico el problema, porque con los gases de escape generado daña y perjudica el medio ambiente.

A la mención dada, UNICON garantiza siempre la sostenibilidad de sus productos y sobre todo de su presentación, ya que como mejora busco que cambiar el tipo de combustible por uno que sea más económico, dando así a utilizar el gas natural vehicular (GNV). Ello ayudara a que la rentabilidad sea mayor, debido a que los gastos de operación serán menores.

1.4.2 Problema específico:

Podemos especificar que los camiones de UNICON, al tener los motores diesel, tienen un impacto ambiental estrechamente relacionado con un problema social surgido por la utilización creciente del mismo: reducción de los niveles de emisión de sustancias tóxicas, la reducción de los niveles de ruido.

Las emisiones atmosféricas tóxicas contaminantes producidas por los camiones, se localizan principalmente en las emanaciones de vapores generados en la combustión del motor, el depósito de combustible y principalmente los gases de escape que contribuyen en más de un 70% sobre

el resto; es por ello que el mayor porcentaje de emisiones contaminantes se localizan en los gases de escape procedentes de la combustión del motor, cuya composición porcentual se sitúa entre 1% a 2 %, siendo el resto vapor de agua, anhídrido carbónico y nitrógeno.

Por lo expuesto, la empresa opto por la tecnología, adquirir motores electrónicos a base de funcionamiento del combustible GNV, que son menos contaminantes y menos ruidosos en su funcionamiento.

1.5 Objetivos:

1.5.1 Objetivo General:

El objetivo es lograr que la rentabilidad sea mayor y los gastos sean menores, se lograra una vez que se haga el cambio de motor diesel por uno de gnv, así el costo del combustible a usar (GNV) será mucho menor que el petróleo y se verá el ahorro de dinero trabajando el equipo de la misma manera y en las mismas condiciones.

1.5.2 Objetivo Específico:

Sabiendo que los motores diesel por el combustible en sí, son más contaminantes comparado con los gases que emana los motores de GNV; es por ello que nuestro objetivo es hacer el cambio de motor con su respectivo combustible para lograr que no se dañe el medio ambiente con los gases contaminantes que se venía dando.

CAPITULO II

MARCO TEÓRICO

2.1 ANTECEDENTES

Actualmente, nuestro país está atravesando por un grave problema de contaminación vehicular, ya sea contaminando a las personas que vivimos ahí, como también al medio ambiente. Por ello mencionaremos sobre las consecuencias a la salud y al medio ambiente, o también, los efectos que tiene en el ámbito público.

Un efecto de la contaminación vehicular que vivimos día a día lo podemos observar en el deterioro de la salud (mayormente los habitantes de Lima) como también en el medio ambiente. En primer lugar, un efecto lo podemos observar en las alteraciones del transporte de oxígeno a la sangre, cuando el monóxido de carbono es emitido por los motores de combustión interna (MCI), ya que tras ser aspirado por los pulmones sustituyen el oxígeno en los glóbulos rojos de la sangre disminuyendo la oxigenación de los tejidos. Luego esta contaminación afecta al sistema nervioso, ya que el ruido constante producido por los medios de transporte produce problemas de irritabilidad e insomnio en los habitantes de las ciudades y puede llegar a provocar trastornos nerviosos graves. Así mismo, se produce una gran contaminación en el aire siendo los principales agentes contaminantes el dióxido de carbono, gas responsable en gran medida

"efecto invernadero" o calentamiento de la tierra, hidrocarburos no quemados o parcialmente quemados y dióxido de azufre (por el carburante).

Actualmente existen ya múltiples tecnologías para reducir las emisiones mencionadas, existen los convertidores catalíticos (catalizador) que son los que más prevalecen en estos tiempos midiendo las emisiones de gases de escape.

Forman parte del sistema de control de emisiones del vehículo y se encuentra ensamblado dentro de la línea de escape. Por fuera parece un silenciador más y por dentro está compuesto por un panel de cerámica el cual contiene a su vez pequeñas capas sumamente delgadas de metales preciosos. Los más usados son el platino, el paladio y el rodio. En términos simples un catalizador es cualquier material o sustancia que puede provocar un cambio químico al entrar en contacto con otro elemento sin perder sus propiedades al hacerlo. Los gases que resultan de la combustión principalmente son el monóxido de carbono (CO), el óxido de nitrógeno (NOx) y los hidrocarburos (HC) degradados, producto de una combustión incompleta o ineficiente. Al pasar estos gases por el panel cerámico, el platino y el rodio se encargan de reducir el óxido de nitrógeno en oxígeno y nitrógeno (los principales gases que respiramos) al atrapar una molécula del nocivo gas, mientras que el platino (otra vez) y el paladio se encargan de oxidar el monóxido de carbono y los hidrocarburos transformándolos en dióxido de carbono (CO₂), el cual si bien no es nocivo para la salud se dice que es el culpable del calentamiento global. Esto se conoce como un catalizador de tres vías. Para lograr esta eficiencia se utiliza un sensor de oxígeno (mejor conocido como sonda Lambda) que normalmente se encuentra ubicado a la salida del múltiple de escape, el cual le informa a la computadora cuanto oxígeno hay disponible para aumentar o disminuir la cantidad y porcentaje de mezcla que entra al sistema, buscando llegar siempre a la proporción estequiométrica, esto es 14.7 partes de aire por una de combustible y es cuando el convertidor catalítico funciona a la perfección. Mientras más alta sea la temperatura mejor funcionará, es por eso que siempre se busca colocarlos lo más cerca que se pueda del motor. Como dato podemos mencionar que sin el convertidor catalítico, un motor puede producir un 60% más de Hidrocarburos, 50% más de monóxido de carbono y 70% más de óxido de nitrógeno.

2.2 BASES TEÓRICAS

2.2.1 Motores Diesel: Ciclo Diesel Teórico

El motor diesel de cuatro tiempos tiene una estructura semejante a los motores de explosión, salvo ciertas características particulares. El pistón desarrolla cuatro carreras alternativas mientras el cigüeñal gira 720° . Como el motor de ciclo OTTO realiza el llenado y evacuación de gases a través de dos válvulas situadas en la culata, cuyo movimiento de apertura y cierre esta sincronizado con el cigüeñal a través del sistema de distribución por el árbol de levas.

El funcionamiento del motor durante su ciclo es:

- **Primer tiempo: Admisión.**

En este primer tiempo el pistón efectúa su primera carrera o desplazamiento desde el **PMS** al **PMI**, aspirando solo aire de la atmosfera, debidamente purificado a través del filtro. El aire pasa por el colector y la válvula de admisión, que se supone se abre instantáneamente y que permanece abierta, con objeto de llenar todo el volumen del cilindro. Durante este tiempo la muñequilla del cigüeñal gira 180° . Al llegar al **PMI** se supone que la válvula de admisión se cierra instantáneamente.

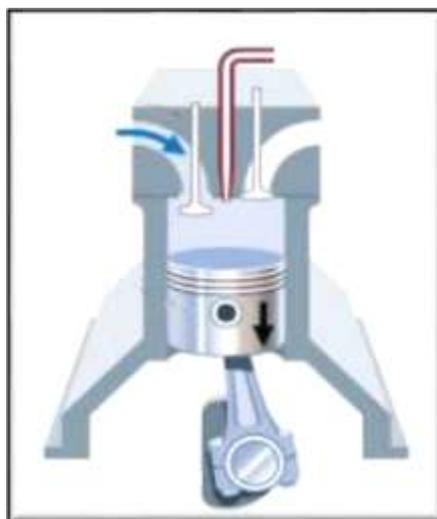


Figura 1. Admisión.

- **Segundo Tiempo: Compresión.**

En este segundo tiempo y con las dos válvulas completamente cerradas, el pistón comprime el aire a gran presión quedando solo aire alojado en la cámara de combustión. La muñequilla del cigüeñal gira otros 180° y completa la primera vuelta del árbol motor.

La presión alcanzada en el interior de la cámara de combustión mantiene la temperatura del aire por encima de los 600 °C, superior al punto de inflamación del combustible, para lo cual la relación de compresión tiene que ser del orden 22.

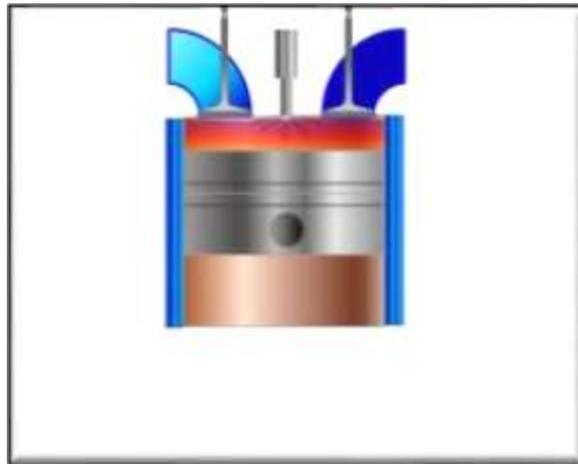


Figura 2. Compresión.

- **Tercer Tiempo: Trabajo.**

Al final de la compresión, con el pistón en el **PMS** se inyecta el combustible en el interior del cilindro, en una cantidad que es regulada por la bomba de inyección. Como la presión en el interior del cilindro es muy elevada, para que el combustible pueda entrar, la inyección debe realizarse a una presión muy superior, entre 150 y 300 atmosferas.

El combustible, que debido a la alta presión de inyección sale finalmente pulverizado, se inflama en contacto con el aire caliente, produciéndose la combustión del mismo. Se eleva entonces la temperatura interna, la presión mientras dura la inyección o aportación de calor se supone constante y a continuación, se realiza la expansión y desplazamiento del pistón hacia el **PMI**.

Durante este tiempo, o carrera de trabajo, el pistón efectúa su tercer recorrido y la muñequilla del cigüeñal gira otros 180°.

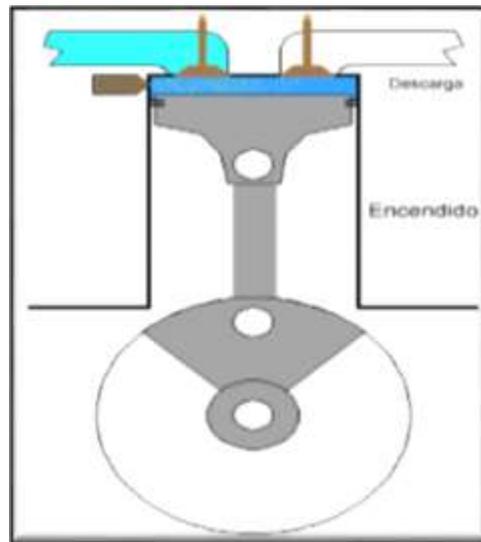


Figura 3. Combustión o Trabajo.

- **Cuarto Tiempo: Escape.**

Durante este cuarto tiempo se supone que la válvula de escape se abre instantáneamente permaneciendo abierta. El pistón, durante su recorrido ascendente, expulsa a la atmosfera los gases remanentes que no han salido, efectuando el barrido de gases quemados lanzándolos al exterior.

La muñequilla del cigüeñal efectúa otro giro de 180°, completando las dos vueltas del árbol motor que corresponde al ciclo completo de trabajo.

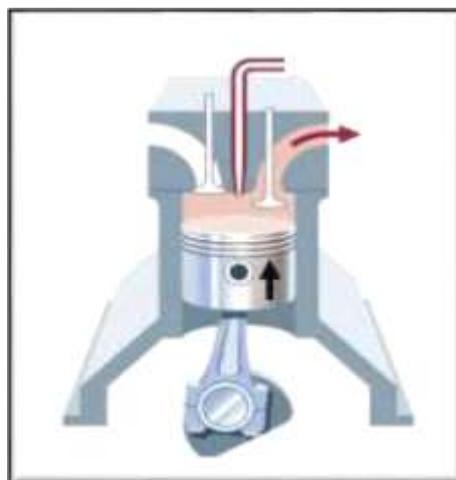


Figura 4. Escape.

Representando en un sistema de ejes coordenados $P - V$, el funcionamiento teórico de estos motores queda determinado por el diagrama de la sgte. figura:

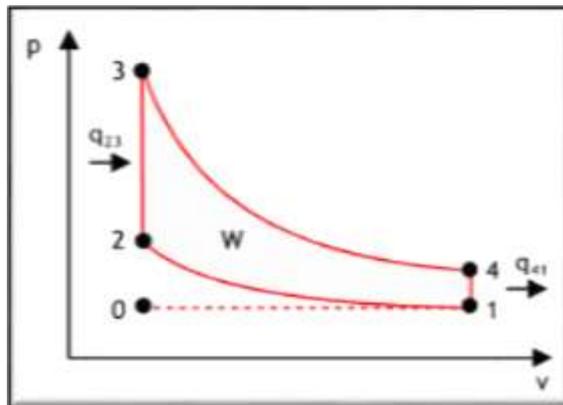


Diagrama P-V Ciclo Diesel.

- ✓ 0 – 1: Admisión (Isobaro): presión constante
- ✓ 1 – 2: Compresión (Adiabática): no se intercambia calor.
- ✓ 2 – 3: Inyección o combustión (Isobaro): presión constante.
- ✓ 3 – 4: Expansión (Adiabático): calor constante, presión variable.
- ✓ 4 – 1: Primera fase de escape (Isocoro): volumen constante.
- ✓ 1 – 0: Segunda fase de escape (Isobaro): presión constante.

2.2.2 Motores Otto: Ciclo Otto Teórico

Es uno de los motores más empleados en la actualidad, realiza la transformación de energía calorífica en mecánica fácilmente utilizable en cuatro fases, durante las cuales un pistón que se desplaza en el interior de un cilindro efectúa cuatro desplazamientos o carreras alternativas, y gracias a un sistema biela manivela, transforma el movimiento lineal del pistón, en movimiento de rotación del cigüeñal, realizando este dos vueltas completas en cada ciclo de funcionamiento.

Como se ha dicho la entrada y salida de gases en el cilindro, es controlada por dos válvulas situadas en la cámara de combustión, las cuales su apertura y cierre la realizan por el denominado sistema de distribución, sincronizado con el movimiento de giro del árbol.

El funcionamiento teórico de este tipo de motor, durante sus cuatro fases o tiempos de trabajo, es el siguiente:

- **Primer Tiempo: Admisión.**

Durante este tiempo el pistón se desplaza desde el punto muerto superior (PMS) al punto muerto inferior (PMI) y efectúa su primera carrera o desplazamiento lineal. Durante este desplazamiento el cigüeñal realiza un giro de 180°.

Cuando comienza esta fase se supone que instantáneamente se abre la válvula de admisión y mientras se realiza este recorrido, la válvula de admisión permanece abierta y, debido a la depresión o vacío interno que crea el pistón en su desplazamiento, se aspira una mezcla de aire y combustible, que pasa a través del espacio libre que deja la válvula de aspiración para llenar, en teoría, la totalidad del cilindro.

El recorrido **C** que efectúa el pistón entre el **PMS** y el **PMI** definido como carrera, multiplicada por la superficie **S** del pistón determina el volumen o cilindrada unitaria del motor $V_1 - V_2$ y corresponde al volumen de mezcla teórica aspirada durante el admisión.

$$V_1 - V_2 = S * L = ((\pi * \varnothing^2/4)) * L$$

Se supone que la válvula de admisión se abre instantáneamente al comienzo de la carrera y que se cierran también, de forma instantánea, al final de dicho recorrido. Total girado por el cigüeñal 180°.

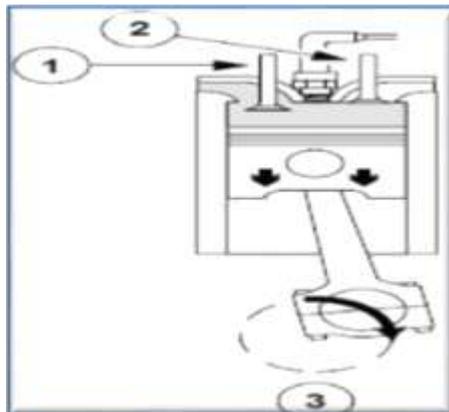


Figura 1

1. Válvula de admisión abierta.
2. Válvula de escape Cerrada.
3. Pistón con movimiento descendente

- **Segundo tiempo: Compresión.**

En este tiempo el pistón efectúa su segunda carrera y se desplaza desde el punto muerto inferior PMI al punto muerto superior PMS. Durante este recorrido la muñequilla del cigüeñal efectúa otro giro de 180°. Total girado por el cigüeñal 360°.

Durante esta fase las válvulas permanecen cerradas. El pistón comprime la mezcla, la cual queda alojada en el volumen de la cámara de combustión, también llamada de compresión, situada por encima del PMS, ocupando un volumen V_2 .

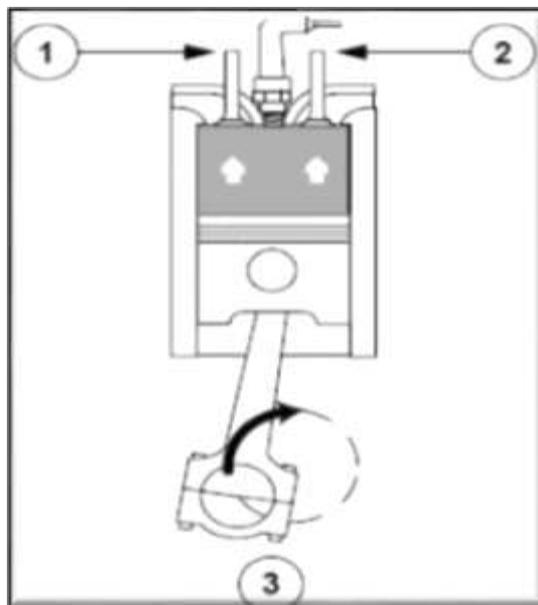


Figura 2

1. Válvula de admisión cerrada.
2. Válvula de admisión abierta.
3. Pistón con movimiento ascendente.

- **Tercer tiempo: Explosión.**

Cuando el pistón llega al final de la compresión, entre los electrodos de una bujía, salta una chispa eléctrica en el interior de la cámara de combustión que

produce la ignición de la mezcla, con lo cual se origina la inflamación y combustión de la misma. Durante este proceso se libera la energía calorífica del combustible, lo que produce una elevada temperatura en el interior del cilindro, con lo que la energía cinética de las moléculas aumenta considerablemente y, al chocar estas contra la cabeza del pistón, generan la fuerza de empuje que hace que el pistón se desplace hacia el PMI.

Durante esta carrera, que es la única que realiza trabajo, se produce la buscada transformación de la energía. La presión baja rápidamente por efecto del aumento del volumen y disminuye la temperatura interna debido a la expansión.

Al llegar el pistón al PMI se supone que instantáneamente se abre la válvula de escape. Total girado por el cigüeñal 540° .

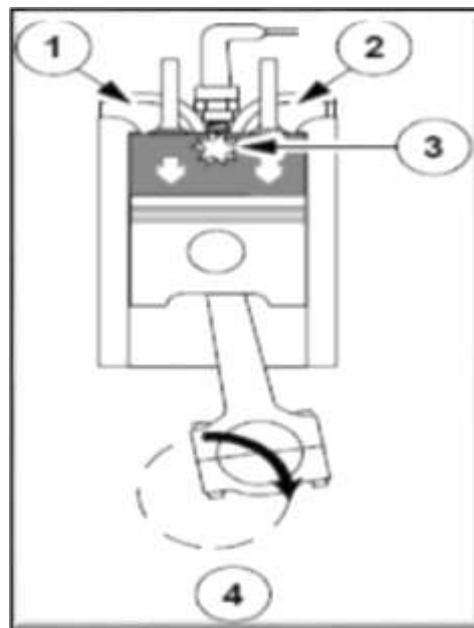


Figura 3

1. Válvula de admisión cerrada.
2. Válvula de escape cerrada.
3. Explosión.
4. Pistón en movimiento descendente.

- **Cuarto Tiempo: Escape.**

En este tiempo el pistón realiza su cuarta carrera o desplazamiento desde el **PMI** al **PMS**, y el cigüeñal gira otros 180°.

Durante este recorrido del pistón, la válvula de escape permanece abierta. A través de ella, los gases quemados procedentes de la combustión, salen a la atmosfera, al principio en estampida por estar a levada presión en el interior del cilindro, y el resto empujado por el pistón en su desplazamiento hacia el **PMS**.

Cuando el pistón llega al **PMS** se supone que instantáneamente se cierra la válvula de escape y simultáneamente se abre la válvula de admisión. Total girado por el cigüeñal 720°.

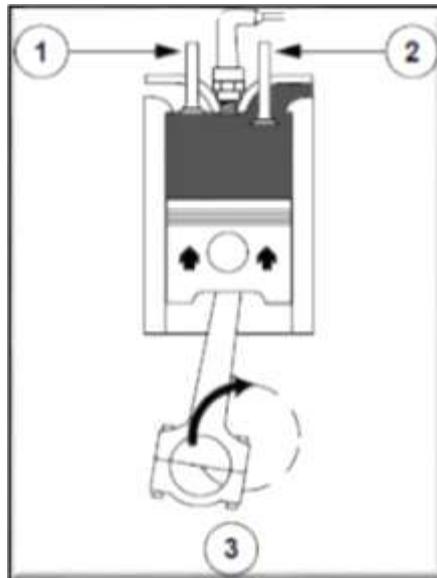


Figura 4. Escape.

1. Válvula de admisión cerrada.
2. Válvula de escape abierta.
3. Pistón con movimiento ascendente.

El ciclo OTTO teórico representado gráficamente en un diagrama P – V, se puede considerar ejecutado según las transformaciones que se representan a continuación.

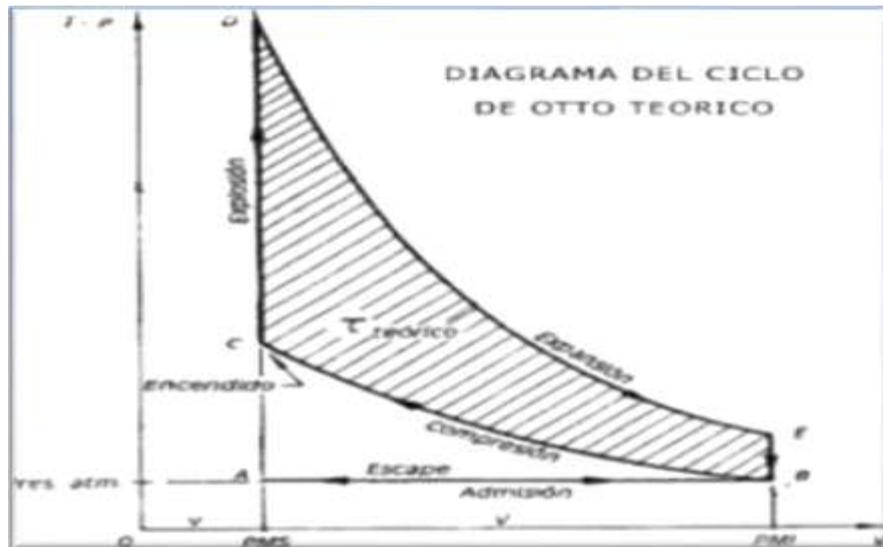


Diagrama del ciclo Otto.

- ✓ A - B: Admisión (Isobara): presión constante
- ✓ B - C: Compresión (Adiabática): calor constante
- ✓ C - D: Combustión (Isocora): volumen constante
- ✓ D - E: Trabajo (Adiabático): calor constante
- ✓ E - B: Primera fase del escape (Isocora): volumen constante
- ✓ B - A: Segunda fase de escape (Isobara): presión constante

2.2.3 Diferencias de los Motores OTTO y DIESEL TEORICOS.

Los motores Otto y Diesel que tienen una forma constructiva, una disposición de elementos, y un funcionamiento semejantes, se diferencian esencialmente por su sistema de alimentación y por su combustión:

- ✓ La alimentación en los motores de tipo OTTO, se realiza introduciendo una mezcla aire combustible en el interior del cilindro durante la admisión. Esta mezcla, una vez comprimida, se incendia por medio de una chispa eléctrica, lo que origina una combustión suave y progresiva.

En los motores diesel, el llenado de los cilindros se realiza solamente con aire, introduciendo el combustible a alta presión el cual arde espontáneamente al ponerse en contacto con el aire previamente comprimido, cuya temperatura está por encima del punto de inflamación del combustible, haciéndolo bruscamente, lo que produce la trepidación

característica de estos motores, la cual es cada vez más reducida por los nuevos sistemas de inyección a muy alta presión y multi punto.

- ✓ Los motores Otto no pueden trabajar con grandes relaciones de compresión. El valor máximo queda limitado a una relación de 9:1 a 10:1 para que la temperatura alcanzada en la compresión no rebase el punto de inflamación de la mezcla y se produzca el autoencendido.

En los motores diesel es necesaria una elevada relación de compresión, del orden 22:1 a 24:1, para conseguir las temperaturas adecuadas en el interior del cilindro, con objeto de que se produzca la auto inflamación del combustible al ser inyectado.

- ✓ Debido a la forma de realizar la mezcla, los motores de tipo Otto necesitan utilizar combustibles ligeros y fácilmente vaporizables con el objeto de obtener una buena mezcla aire – combustible. Estos motores están condicionados en cuanto al tiempo de combustible empleados, siendo el de mayor uso la gasolina y actualmente el gas natural.

En los motores diesel, como la mezcla aire combustible se realiza al pulverizar este a alta presión en los cilindros, la volatilidad del combustible no tiene gran importancia y se puede utilizar, en consecuencia, combustibles más pesados y de menor calidad. El más utilizado es el gasoil.

- ✓ En los motores Otto, la regulación de la potencia se realiza admitiendo mayor o menor cantidad de mezcla en el cilindro según las necesidades de potencia solicitada. Esta disposición presenta el inconveniente de que a menor carga el grado de compresión es más bajo, lo que hace que el rendimiento térmico sea menor, y es por lo que el menor consumo corresponde a las zonas de trabajo próximas a la plena carga.

En los motores diesel la regulación de la potencia se realiza variando la cantidad de combustible inyectado en función de la potencia solicitada.

Como la mayor o menor cantidad de combustible inyectado no influye en el llenado del cilindro con el aire, la relación de compresión no disminuye, es por lo que el rendimiento térmico se mantiene constante a cualquier régimen de carga.

2.2.4 Curvas características de los motores.

Las curvas características del motor permiten conocer su comportamiento bajo diferentes condiciones de operación. Para la conducción técnica es necesario conocer e interpretar estas curvas, así como la información que contienen las fichas técnicas. Estas curvas son tres:

- ✓ Curva de torque.
- ✓ Curva de potencia.

1.- Curva de torque o par torsional: la energía desarrollada por un motor de combustión interna produce sobre los pistones una fuerza que se transmite a las bielas y al cigüeñal. El movimiento alternativo de los pistones se transforma así en un movimiento de rotación, el cual se transmite a la caja de velocidades, al diferencial y a las llantas, provocando el par torsional.

El par máximo del motor no se produce en un régimen de revoluciones motor alto, si no que sucede cuando el llenado y las explosiones son más efectivas. Para el cálculo del par es necesario utilizar un dispositivo que frene el motor, esto se consigue haciendo palanca con una fuerza. Se utiliza un mecanismo llamado freno Prony (actualmente se utiliza mecanismos modernos), que a través de una cincha frena el eje del motor hasta pararlo y se toma la medida del dinamómetro.

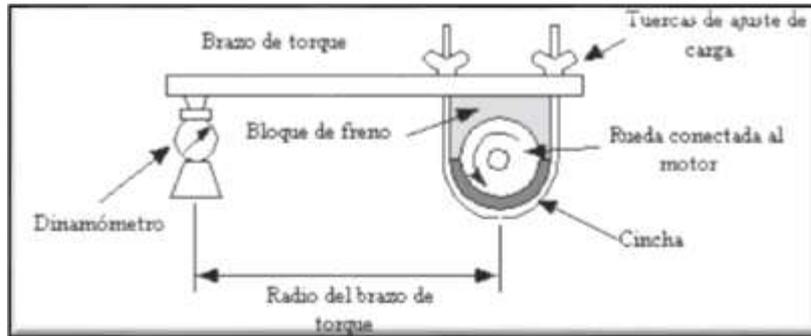


Figura 1. Freno Prony

La ecuación de trabajo absorbido por el freno Prony, siendo R el radio del brazo de torque y F la fuerza del dinamómetro, sería:

$$W = 2 * \pi * R * F$$

En la figura 2 se muestra un diagrama de variación del torque, en donde se observa un valor máximo a un número de revoluciones determinado (1200 rpm), a este valor se le llama torque máximo o torque pico, y es el que se encuentra en las fichas técnicas.

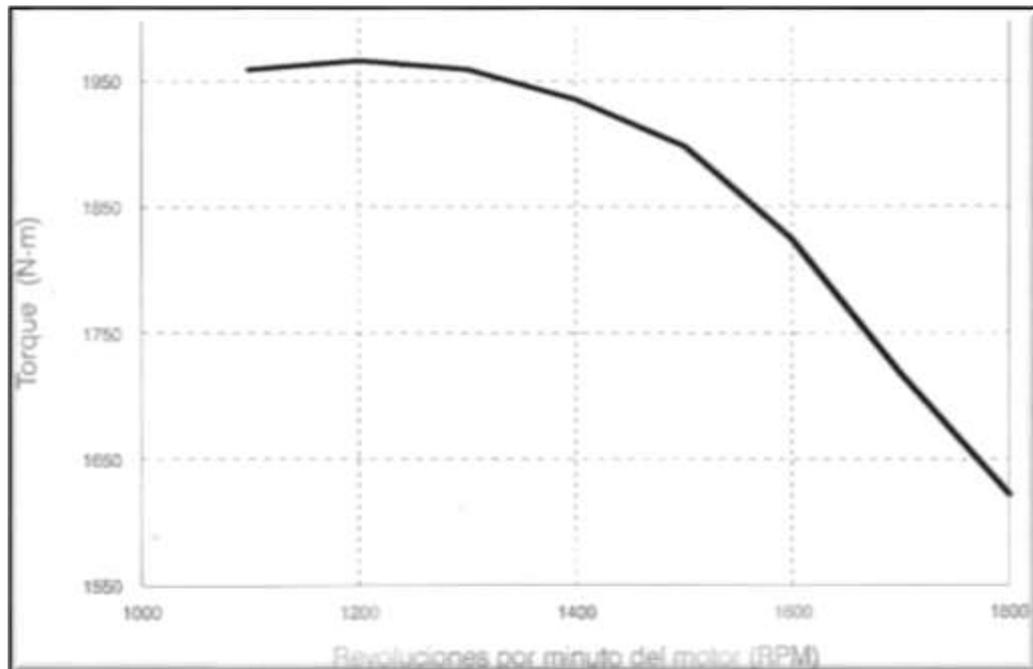


Figura 2. Curva Par torsional

2.- Curva de Potencia: La potencia del motor se puede obtener al multiplicar el par torsional, por el régimen del motor en revoluciones por minuto a las que gira el motor y por un factor K que depende de las unidades utilizadas.

$$P = \frac{K * T * n}{60}$$

Dónde:

P: Potencia

K: Factor de conversión entre las unidades utilizadas.

T: Par torsional del motor

n: Número de revoluciones por minuto

La potencia generalmente se mide en HP o en kilowatts y al igual que el par torsional, presenta un máximo en la curva correspondiente

En la figura 3 se puede observar que existe un valor máximo de la potencia a un régimen determinado de revoluciones por minuto (1800 rpm), a este punto se le llama potencia máxima.

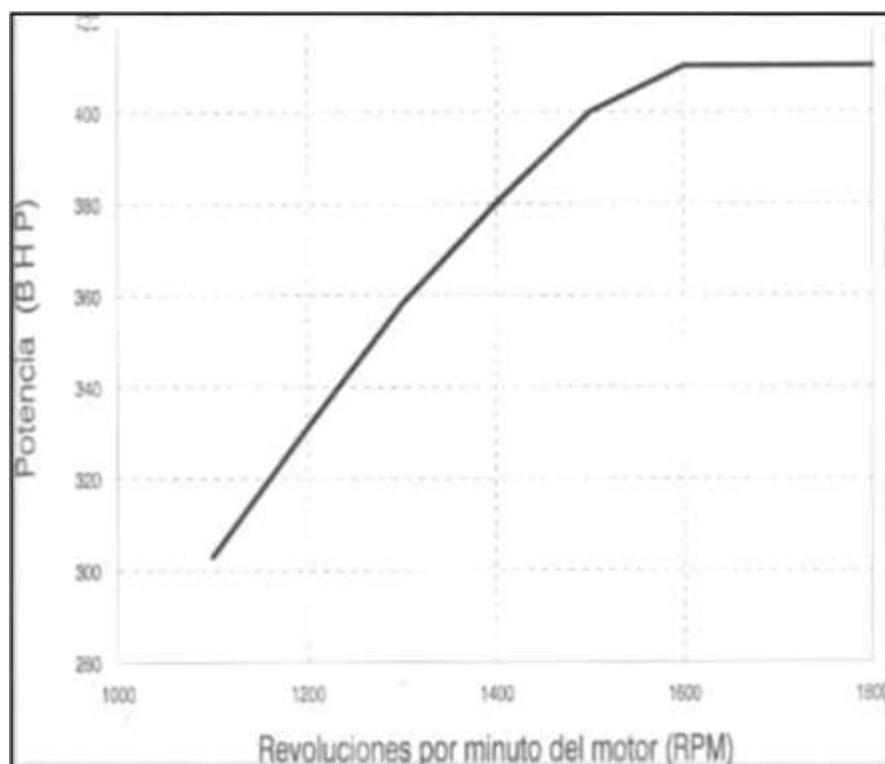


Figura 3. Curva de Potencia

2.2.5 Rendimiento Térmico de los Motores:

El rendimiento térmico representa el mayor o menor grado de aprovechamiento de la energía del combustible que hace un motor.

- ✓ En los motores de ciclo Otto, como el calor Q_1 se introduce a volumen constante y el fluido operante se supone un gas perfecto, la cantidad de calor puesta en juego se puede calcular mediante la variación de la energía interna, por lo que:

$$Q_1 = C_V * (T_D - T_C)$$

Análogamente, como el calor Q_2 es sustraído también a volumen constante, se puede decir que:

$$Q_2 = C_V * (T_E - T_B)$$

Por consiguiente, el rendimiento térmico ideal para el ciclo Otto teórico resulta:

$$\eta_t = \frac{\text{CALOR SUMINISTRADO} - \text{CALOR SUSTRADO}}{\text{CALOR SUMINISTRADO}}$$

$$\eta_t = C_V * (T_D - T_C) - C_V * (T_E - T_B) / C_V * (T_D - T_C)$$

Donde:

$$\eta_t = 1 - (T_E - T_B) / (T_D - T_C) \quad \dots (1)$$

Para las transformaciones adiabáticas de compresión B – C y de expansión D – E se obtiene:

$$\frac{T_c}{T_b} = \left(\frac{V_b}{V_c}\right)^{\gamma-1} \quad ; \quad \frac{T_d}{T_e} = \left(\frac{V_e}{V_d}\right)^{\gamma-1} \quad \dots (2)$$

Y como $V_B = V_E$ y $V_C = V_D$, entonces se tiene que:

$$\frac{T_c}{T_b} = \frac{T_d}{T_e} \quad \text{entonces} \quad \frac{T_e}{T_b} = \frac{V_d}{V_c}$$

Introduciendo esta relación en la expresión del rendimiento η_t (así como la que existe entre las temperaturas T_B y T_C de la fase B – C de compresión adiabática) resulta:

$$\eta_t = 1 - \left(\frac{V_c}{V_b} \right)^{\gamma - 1}$$

Como se vio la relación entre los volúmenes V_1 y V_2 del principio y final de la carrera de compresión es ρ y se llamó relación de compresión, por lo que se obtiene como expresión final del rendimiento del ciclo Otto:

$$\eta_t = 1 - \frac{1}{\rho^{\gamma - 1}}$$

- ✓ En los motores de ciclo diesel, el calor introducido, por ser una transformación a presión constante se puede calcular mediante la variación de entalpia del fluido operante considerado como gas perfecto; por lo que:

$$Q_1 = C_p * (T_D - T_C)$$

Es interesante recordar que una transformación a presión constante el calor puesto en juego se calcula mediante la variación de la entalpia del fluido activo, mientras que en el caso de una transformación a volumen constante se puede expresar que:

$$Q_2 = C_v * (T_E - T_B)$$

Como el rendimiento térmico ideal del ciclo diesel teórico vale:

$$\eta_t = \frac{\text{CALOR SUMINISTRADO} - \text{CALOR SUSTRADO}}{\text{CALOR SUMINISTRADO}}$$

$$\eta_t = C_p * (T_D - T_C) - C_v * (T_E - T_B) / C_p * (T_D - T_C)$$

Dónde:

$$\eta_t = 1 - (1/\gamma) * (T_B / T_C) * ((T_E / T_B) - 1) / ((T_D / T_C) - 1)$$

Siendo una expresión análoga a la encontrada para el rendimiento térmico ideal del ciclo teórico Otto.

Para la transformación C – D de combustión a presión constante se tiene:

$$\frac{V_d}{V_c} = \frac{T_d}{T_c}$$

Para las transformaciones adiabáticas B – C de compresión y D – E de expansión se tiene respectivamente:

$$T_B = T_C (V_C / V_B)^{\gamma-1} \quad ; \quad T_E = T_D * (V_D / V_E)^{\gamma-1}$$

Dónde:

$$T_B / T_C = (V_C / V_B)^{\gamma-1}$$

$$T_E / T_B = (T_D / T_C) * \left(\frac{V_d}{V_e}\right)^{\gamma-1} / \left(\frac{V_c}{V_b}\right)^{\gamma-1}$$

Y como son $V_E = V_B$ y $(T_D / T_C) = (V_D / V_C)$; se tiene:

$$T_E / T_B = (V_C / V_B) * (V_C / V_B)^{\gamma-1} = (V_C / V_B)^{\gamma}$$

Sustituyendo esta expresión en la del rendimiento térmico ideal resulta:

$$\eta_t = 1 - ((1/\gamma) * (V_C / V_B)^{\gamma-1}) * ((V_D / V_C)^{\gamma} - 1) / (V_D / V_C - 1)$$

Representando con ζ la relación entre los volúmenes V_D y V_C al final y al comienzo respectivamente de la fase de combustión a presión constante, a la cual se le denomina como relación de combustión a presión constante y recordando que:

$$\frac{V_b}{V_c} = \rho$$

Se obtiene finalmente la expresión del rendimiento térmico ideal del ciclo teórico diesel:

$$\eta_t = 1 - (1/\gamma) * (1 / \rho^{\gamma-1}) * (\zeta^\gamma - 1) / (\zeta - 1)$$

En esta expresión se observa que η_t es para ciclo diesel, función de la relación de compresión, de la relación de compresión a presión constante y de la relación γ entre los calores específicos.

Las expresiones de los rendimientos de los ciclos Otto y Diesel difieren solamente en un término que en todos los casos es mayor que 1 y por ello es claro que a igualdad de relación de compresión el η_t es mayor para el ciclo Otto que para el ciclo Diesel. Reduciendo ζ , el rendimiento térmico del ciclo Diesel se incrementa con lo que supera aún más al ciclo Otto.

2.2.5 Curvas de Torque y Potencia de motores CUMMINS DIESEL y GNV.

Curva Característica de torque de un motor CUMMINS DIESEL

(Equipos actuales de Unicon 250HP)

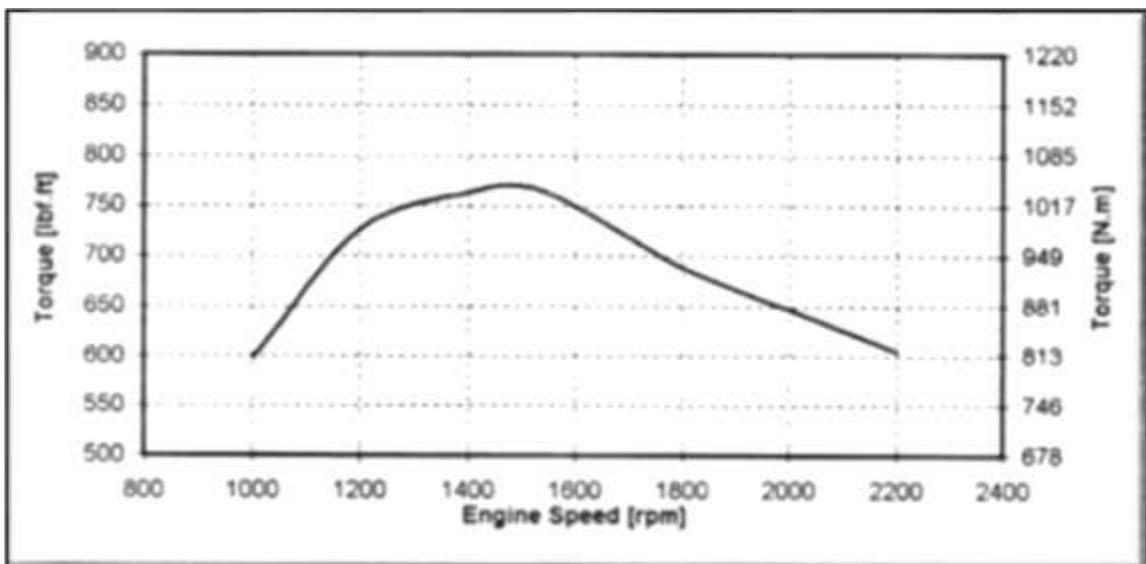


Figura 1. Torque vs. Revoluciones Cummins Diesel

rpm	TORQUE	
	lbf.ft	N.m
1000	597	810
1200	726	984
1400	763	1035
1500	770	1044
1600	750	1017
1800	689	934
2000	647	878
2200	605	820

Lectura del gráfico.

Curva característica de Potencia de un motor CUMMINS DIESEL.

(Equipos actuales de Unicon 250HP)

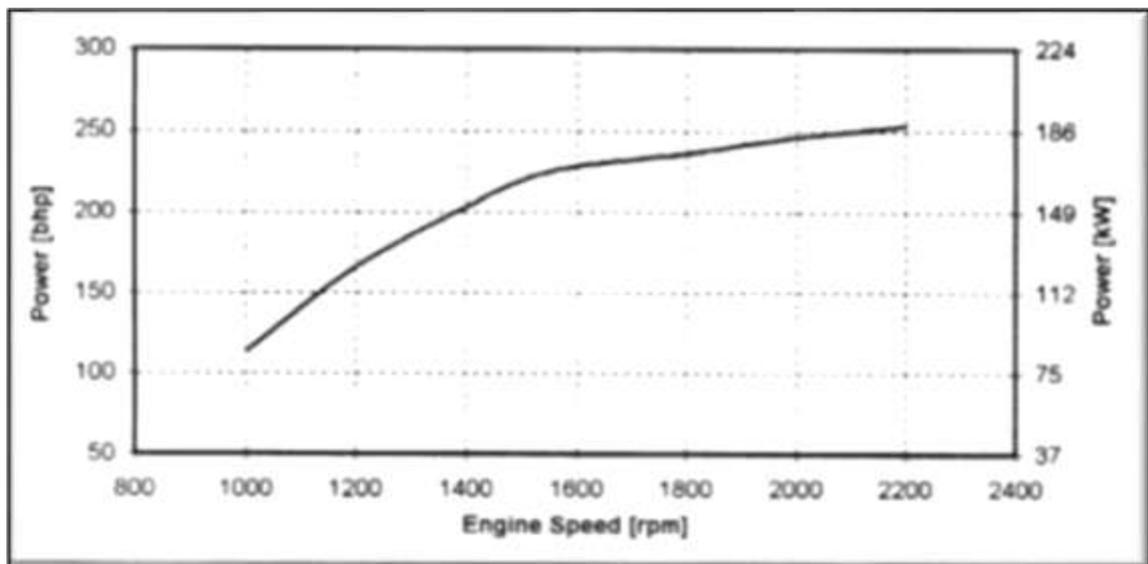


Figura 2. Potencia vs. Revoluciones.

POWER OUTPUT		
rpm	bhp	kW
1000	114	85
1200	166	124
1400	203	152
1500	220	164
1600	228	170
1800	236	176
2000	246	184
2200	253	189

Lectura del gráfico.

Curva Característica de torque de un motor CUMMINS GNV

(Equipos actuales de montaje para Unicon 280HP)

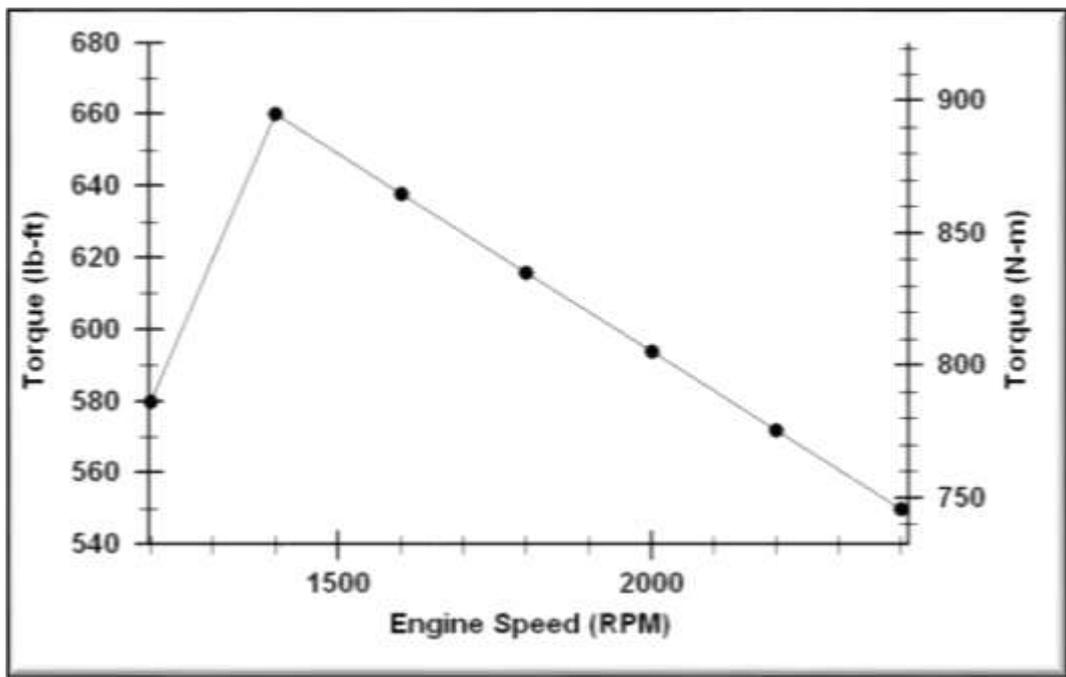


Figura 3. Torque vs. Revoluciones.

TORQUE OUTPUT		
RPM	Lb - ft	N - m
1200	580	786
1400	660	895
1600	638	865
1800	616	835
2000	594	805
2200	572	776
2400	550	746

Lectura del gráfico.

Curva Característica de Potencia de un motor CUMMINS GNV

(Equipos actuales de montaje para Unicon 280HP)

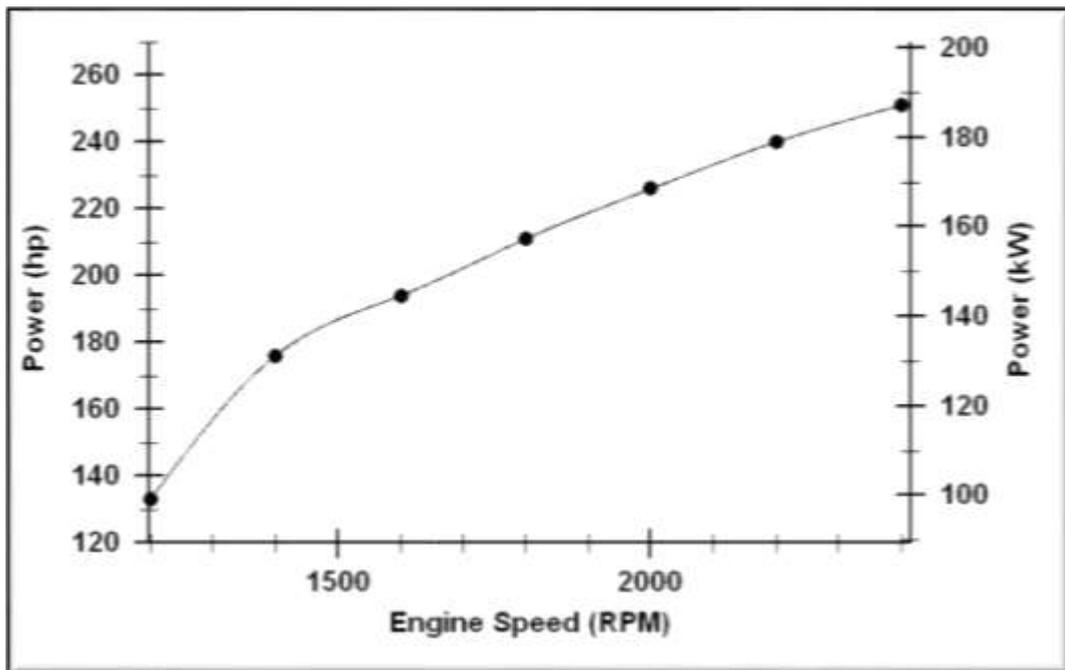
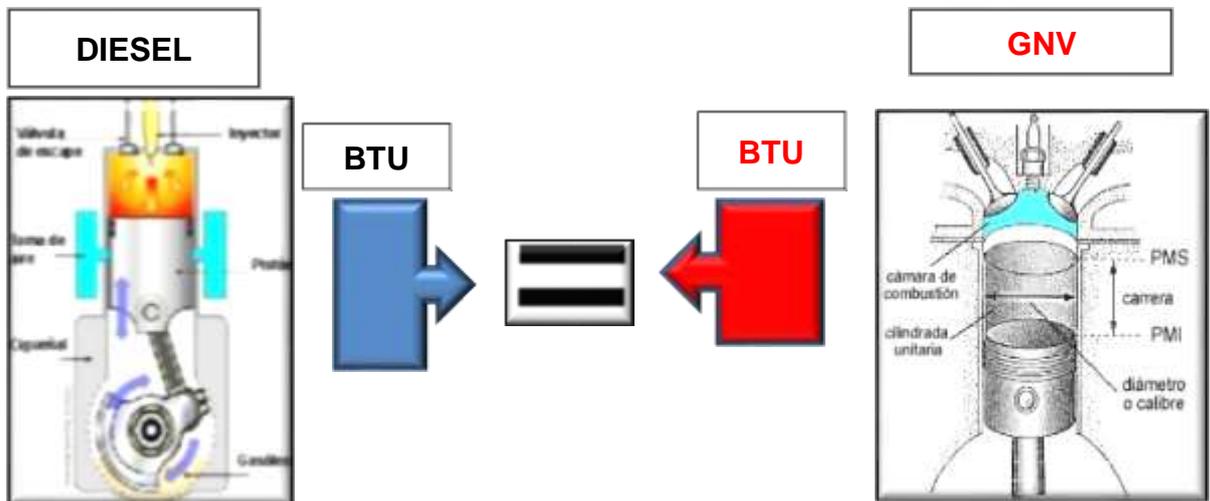


Figura 4. Potencia vs. Revoluciones.

POWER OUTPUT		
RPM	HP	KW
1200	133	99
1400	176	131
1600	194	145
1800	211	157
2000	226	169
2200	240	179
2400	251	187

Balance energético BTU en determinado tiempo (Autonomía)



Por unidad de volumen

Poder Calórico del Diesel= 131MBTU/gal.

Poder Calórico del GNV= 36MBTU/m³

2.3 MARCO CONCEPTUAL.

Consideraremos conceptos específicos de los motores Diesel y motores Otto.

- ✓ Motor de combustión: es una maquina térmica en los que los gases resultantes de un proceso de combustión empujan un embolo o pistón, desplazándolo en el interior de un cilindro y haciendo girar un cigüeñal, obteniendo finalmente un movimiento de rotación.
- ✓ Monoblock: es el cuerpo del motor donde en su interior se montan los elementos del conjunto móvil, el sistema de lubricación y la parte del sistema de distribución.
- ✓
- ✓ Culata: es el elemento donde se montan las válvulas, asientos de válvula, guías de válvula, bujías o inyectores y que junto con el pistón y la camisa del cilindro, delimita la cámara donde se producen las fases del ciclo termodinámico.
- ✓ Válvulas: son de aspiración y escape, accionados por un sistema mecánico llamado distribución, que son mantenidas en su asiento por la acción de su correspondiente muelle, abren y cierran los cilindros permitiendo que los gases frescos y quemados entren y salgan de el en los momentos oportunos.
- ✓ Camisas: Es un cilindro de acero endurecido que se inserta en el monoblock, son hechas de un material duro para contener la combustión dentro de los cilindros y reducir el desgaste producido por el movimiento de los anillos del pistón.
- ✓ Pistón: dotados de segmentos que impiden la fuga de gas entre él y el cilindro, trasmite el empuje de dicho gas, a través del bulón, ala biela y está a la manivela del cigüeñal.
- ✓ Anillos: van instalados en las ranuras del pistón y son de dos tipos de compresión y lubricación; su función es mantener la estanqueidad entre la cámara de combustión y el cárter, dado que estos cierran

herméticamente todo el diámetro de los cilindros y de esta manera no deja escapar los gases de combustión ni tampoco dejar pasar el aceite a la cámara.

- ✓ Biela y Manivela: constituyen un sistema mecánico que transforma un movimiento lineal alternativo del pistón en un movimiento de giro del cigüeñal, el cual para reducir el rozamiento gira sobre los cojinetes de bancada.
- ✓ Cigüeñal: es un eje acodado, con codos y contrapesos presentes en los motores, que aplicando el principio de mecanismo de biela manivela transforma el movimiento rectilíneo alternativo en circular uniforme y viceversa, en base a la presión producida por los gases de combustión.
- ✓ Bancada: constituye la parte inferior del motor, sirve de soporte para las piezas rotantes y como pared de contención para el aceite lubricante; debe tener la resistencia para soportar los esfuerzos internos provenientes del sistema biela – manivela, la cupla de reacción y en el caso de los motores navales, el empuje de la hélice.
- ✓ Dámper: es un dispositivo que va montado en el extremo delantero del cigüeñal del motor, está diseñado para reducir el movimiento de torsión, mejorando la vida útil de los componentes del motor y minimizando las averías del cigüeñal.
- ✓ Árbol de levas: es un mecanismo formado por un eje en el que se colocan distintas levas que pueden tener distintas formas y tamaño y estar orientadas de diferentes maneras, para activar distintos mecanismos a intervalos repetitivos, es decir, constituye un temporizador mecánico cíclico; también denominado programador mecánico.
- ✓ Punto muerto superior (PMS): el punto muerto superior es la posición del pistón más próxima a la culata.

- ✓ Punto muerto inferior: es la posición del pistón más alejado de la culata.
- ✓ Carrera o desplazamiento: distancia entre el P.M.S. y el P.M.I. es igual, salvo raras excepciones, al doble del radio de la manivela del eje de cigüeñales, se expresa generalmente en milímetros.
- ✓ Calibre: es el diámetro interior del cilindro, expresado generalmente en milímetros.
- ✓ Volumen total del cilindro (V_1): es el espacio comprendido entre la culata y el pistón cuando este se halla en el P.M.I. Viene expresado generalmente en centímetros cúbicos.
- ✓ Volumen de la cámara de compresión (V_2): es el volumen comprendido entre la culata y el pistón cuando este se halla en el P.M.S. Suele expresarse en centímetros cúbicos.
- ✓ Cilindrada ($V_1 - V_2$): es el generado por el pistón en su movimiento alternativo desde el P.M.S. hasta el P.M.I. Se expresa por lo común en centímetros cúbicos.
- ✓ Relación de compresión (ρ): se entiende por tal la relación que hay entre el volumen total del cilindro V_1 y el volumen de la cámara de combustión V_2 . Se representa por ρ y vale:

$$\rho = (V_1 / V_2)$$

- ✓ Poder calorífico: es la cantidad de energía que la unidad de masa de materia puede desprenderse al producirse una reacción química de oxidación, para este caso un combustible con un comburente.

CAPITULO III

DESARROLLO DE LA METODOLOGÍA

3.1 DISEÑO:

Como ya hemos mencionado ensamblaremos y montaremos el motor de la marca CUMMINS GNV del modelo de la serie "C" con 280Hp de potencia en los chasis Volkswagen modelo Worker con características 26-260 (nomenclatura de peso bruto de 26 toneladas).

Para tal mención, antes del respectivo montaje, habremos ya analizado las características físicas y técnicas de funcionamiento de los motores, tanto del motor DIESEL como el del GNV, haciendo comparaciones periféricas de ensamble con el objetivo de definir los sistemas de admisión, sistema de gases de escape, sistema de refrigeración y otros componentes relacionados con los mismos como son los soportes delanteros y posteriores, volumen y espacio para el montaje en el chasis, nueva ubicación del conjunto radiador e intercooler con su respectivo ventilador y concentrador de aire; además de ello, por ser el motor GNV electrónico, definiremos la alimentación de energía eléctrica para la operación del mismo, considerando el voltaje de diseño del motor y sobre todo el proceso de arranque para la explosión y chispa de sus bujías.

También tenemos en cuenta la generación de energía eléctrica en base al alternador del motor y el acumulador de energía como son las baterías, lo cual juega un rol importante en la operación general del tren motriz, debido a la

demanda de energía eléctrica que debe haber para poder alimentar a todos los sensores del motor (aproximadamente 25 unidades), módulos electrónicos de control, módulos de ignición, actuadores y todas las lámparas de chasis y cabina, indicadores del tablero de instrumentos como lo son: el velocímetro, cuentarrevoluciones, cuadro de instrumentos donde están los relojes de presión de aceite, temperatura, aire y nivel de combustible; también, los indicadores lámparas de paradas de emergencia en caso de averías del motor.

Con respecto a la alimentación de combustible al motor, se instalara cilindros de gas debidamente certificados para ensamble, en los largueros derecho e izquierdo (chasis parte lateral), con sus válvulas de seguridad y de cierre; además de ello se le añadirá los reductores de presión de combustible y electroválvula de corte de combustible; se extenderá la línea de circuito de gas hasta el motor teniendo una secuencia coherente para el funcionamiento del mismo.

Apartándonos un poco de lo mencionado, otro punto a tomar son las herramientas para realizar el montaje del motor, las llaves e instrumentos de calibración y medición necesarios, para que una vez que ya este para el arranque o puesta en marcha tomemos los valores necesarios de operación del motor.

Una herramienta especial que podríamos mencionar y tener bastante consideración es el INSITE, el cual es un software de diagnóstico basada en PC, que proporciona un acceso rápido y fácil a la información del rendimiento electrónico del motor. Con este software podemos verificar los balances estequiometricos aire combustible el cual trabaja el motor, rangos y parámetros de funcionamiento de los módulos, sensores y actuadores, además de ello, verificar los llamados códigos de error que son indicadores según sea el color ámbar (falla leve del motor) o rojo (falla grave del motor) representados según el fabricante por ciertos números y letras (alfanumérico).

A ello, podemos ir sumando a manera de diseño, el acople y la unión como una sola pieza del sistema de embrague y caja de cambios, va el mismo sistema de transmisión debido a que se aprovecha las mismas características físicas de la

campana (parte posterior del motor) encajando con la exactitud requerida para el respectivo ajuste torque de los pernos.

Otras consideraciones importantes es la de tener el ángulo de inclinación que manda el fabricante al colocar un motor en un chasis, tal que debe medirse al estar como si fuese una sola pieza con la caja de cambios en el chasis, con el objetivo de que el ventilador sea equidistante al marco del concentrador de aire y deba tener la distancia adecuada hacia el radiador de agua.

Y como último detalle de diseño, debemos de considerar en aumentar la capacidad de refrigeración del motor GNV debido a que trabaja a mayor temperatura que los motores Diesel, este aumento se dará en las tinajas y en las celdas del radiador de agua.

Como parte del diseño tenemos las características técnicas del chasis, motor GNV vs Diesel y el circuito completo de combustible:

CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS CHASIS VW 26.260	
Modelo	Cummins 6CTAA
Potencia máxima (hp) / rpm	256 / 2200
Torque máximo Nm /rpm	1043 /1500
Consumo específico- (g/kW.h)/rpm	(208) / 1500
Transmisión	
Nº de marchas	10 adelante , 3 atrás
Eje trasero motriz	
Modelo	Meritor RT 46-145
Relación de reducción	5,29 : 1

Llantas y neumáticos

11R22,5

Neumáticos

275 / 80R 22,5

Selección del modelo del motor

MOTOR CUMMINS C GAS PLUS – CG280



Potencia

Ratings.			
Engine Model	Displacement	Advertised Power	
		HP	kW
ISL G	8.9 L	250-320	186-239
C Gas Plus	8.3 L	250-280	187-209
B Gas Plus	5.9 L	195-230	145-172
B Gas Intl.	5.9 L	150-230	112-172

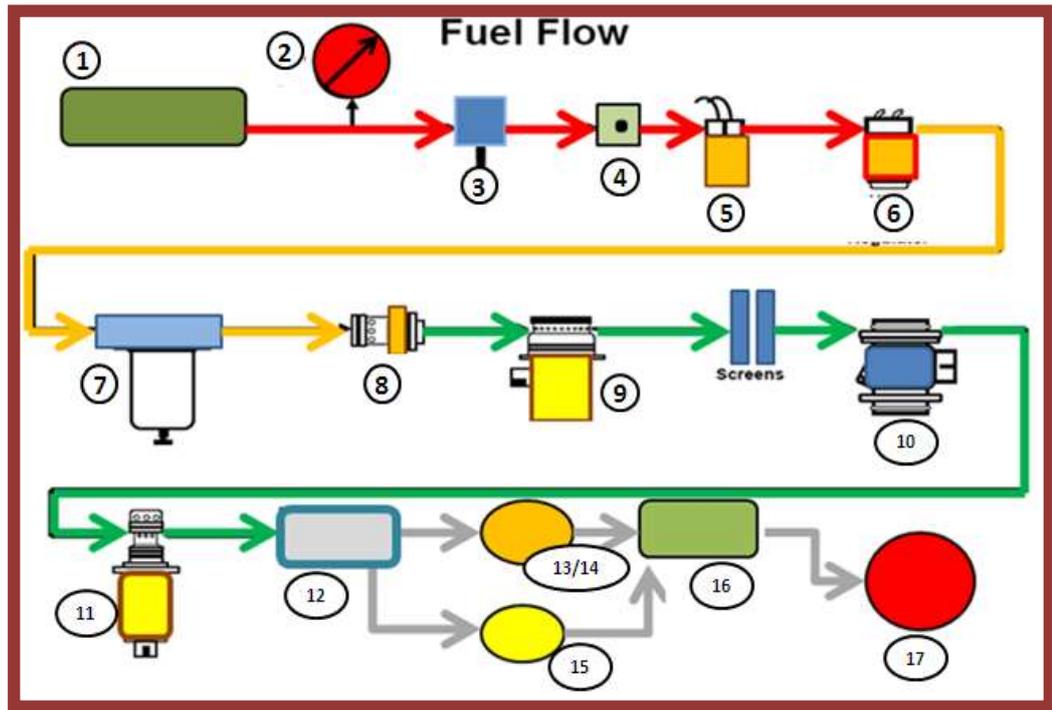
Torque

Ratings			
ENGINE MODEL	ADVERTISED HP (KW) @ RPM	PEAK TORQUE LB-FT (N·M) @ RPM	GOVERNED SPEED
CG-280*	280 (209) @ 2400	850 (1152) @ 1400	2400 RPM
CG-250	250 (187) @ 2400	750 (1017) @ 1400	2400 RPM
CG-250	250 (187) @ 2400	660 (895) @ 1400	2400 RPM

Datos Técnicos GNV vs Diesel.

	MOTOR GNV	MOTOR DIESEL
MODELO	CG 280	6CTAA8.3
CILINDRADA	8.3 LITROS	8.3 LITROS
POTENCIA	280 HP @ 2400RPM	256 HP @ 2200 RPM
TORQUE	1152 NM @ 1400RPM	1043 NM @ 1500 RPM

Sistema de Combustible (Línea de gas hacia el motor)



- 1.- Cilindro
- 2.- Manómetro de presión.
- 3.- Válvula manual.
- 4.- Pico de llenado.
- 5.- Electroválvula.
- 6.- Reductor de presión.
- 7.- Filtro de gas.
- 8.- Regulador de presión secundaria.
- 9.- Válvula shutoff.
- 10.- Sensor de flujo de gas.
- 11.- Válvula de control de gas.
- 12.- Mezclador.

13.- Mariposa de acelerador.

15.- Válvula de control de mínimo.

16.- Sensor de presión y temperatura del múltiple de admisión.

17.- Motor.

3.2 Análisis:

En el proceso de ensamble y montaje del motor, tendremos en cuenta todo lo que hemos plasmado en el diseño, consideraremos los diversos sistemas el cual trabaja el motor para hacer las pruebas respectivas al final del montaje.

Para ello dividiremos el proceso de los trabajos en tres partes:

- Desmontaje del motor Diesel y partes periféricas.
- Montaje del motor GNV con sus respectivos accesorios.
- Fabricación de ramal eléctrico.

3.2.1 Desmontaje del motor diesel.

Para hacer el desmontaje del motor diesel, primero drenaremos todos los fluidos el cual trabajaba el motor como lo son el aceite del cárter, refrigerante del radiador, hidrolina de la bomba hidráulica de dirección; luego desarmaremos los componentes externos como el conjunto radiador e intercooler, junto con su ventilador y concentrador de aire con la finalidad de no golpearlo o dañarlo al momento del levante del motor con el montacargas.

Posteriormente, retiraremos las mangueras y tuberías de admisión que va desde el purificador o carcasa del filtro de aire hasta el múltiple de admisión, logrando así liberar gran parte de los componentes externos del motor.

Por último, retiraremos las tuberías y silenciador del sistema de gases de escape junto con sus tuberías y cañerías de combustible que alimentan el motor acoplado a la bomba de inyección de combustible, dejando libre toda la parte lateral derecha del motor.

Teniendo en cuenta que el motor y la transmisión (caja de cambios) trabajan como si fuese un solo cuerpo, lo desmontaremos junto con su eje cardan con la finalidad de que el motor quede libre para el alce.

Desconectaremos los pequeños ramales eléctricos, como lo son del motor de arranque, alternador, switch de presión de aceite, temperatura y lo separaremos para luego reutilizarlos también como señal hacia el tablero de instrumentos. Por consiguiente el motor estará listo para el desmontaje, así que aflojaremos los pernos y seguros de los soportes delanteros y posteriores.

Traeremos a un montacargas con capacidad de carga de 1 tonelada para poder retirar el motor y colocarlo en una parihuela para ser devuelto al cliente, como es el caso de UNICON.

Para todo este proceso de trabajo tomamos importancia a la zona externa de trabajo ya que es de mucho cuidado al maniobrar cargas de más de media tonelada, como en este caso pesa el motor, siendo todo este proceso en un espacio libre y seguro donde no haya impedimento y riesgo de trabajo.

3.2.2 Montaje del motor GNV.

Una vez que el chasis quede libre después de haber desmontado el motor Diesel, evaluaremos los largueros si tienen daños que nos pueda impedir con el montaje del motor GNV.

Es bastante ventajoso el montaje de este tipo de motor debido a la gran similitud que tiene este con el motor Diesel; es decir, las partes periféricas del block del motor son iguales, solo con diferente aleación por el tema de temperatura de trabajo; quiere decir que la posición de los soportes posteriores son iguales y el delantero bastante semejantes porque a ello si se hace una ligera modificación para el ajuste final.

El fabricante CUMMINS, lo que logro es mantener el mismo prototipo de motor pero con un combustible distinto manteniendo el estándar de sus motores como es el modelo de la serie "C".

Entonces antes de hacer el montaje del motor, cambiaremos las gomas de los soportes posteriores y daremos una reubicación al soporte delantero que ahora

será en forma de un puente que ira apoyado en los largueros (chasis) para mantener el prototipo del fabricante VOLKSWAGEN.

Una vez logrado estos cambios, montaremos el motor en su respectiva ubicación coincidiendo los soporte en las ubicaciones adecuadas; lo presentaremos de tal manera quede fijado, porque aún debemos de montar la caja de cambios y acoplarlo al motor para darle el ángulo de inclinación adecuado que manda el fabricante (rango de 4 a 6 grados), de esta manera coincidirá con el encaje del ventilador al concentrador de aire para su respectiva ventilación al radiador de agua.

Estando el motor con la caja de cambios acoplados, fijaremos las partes externas del motor como lo es su conjunto radiador e intercooler para luego colocar las mangueras de admisión y refrigeración.

Además, haremos la instalación de la línea de generación de aire por el compresor, para que asista a todos los actuadores y electroválvulas del chasis.

En el sistema de los gases de escape, modificaremos la línea debido a que el motor GNV trae consigo un catalizador que nos sirve para transformar y disminuir los gases contaminantes, es una de las ventajas que tiene este motor para preservar el medio ambiente; este ira en forma vertical tras de la cabina en la parte lateral derecha del chasis sujetado con soportes flexibles para evitar la rigidez.

Una vez teniendo estos detalles, daremos el ajuste respectivo a todo el sistema con su respectivo torque poniéndole marcas de ensamble y fijación.

Como en este caso el combustible es otro (gas natural vehicular - GNV), haremos el circuito de gas desde las válvulas de los cilindros con los tubing respectivos hasta su regulador de presión para que luego llegue hasta el motor mediante las mangueras de alta presión y pueda alimentarse del combustible.

El lugar de almacenaje de este combustible será en los cilindros de gas mencionados que irán tres de ellos en cada lado, ubicados mediante los soportes en el chasis; con todo ello ya tendríamos un 70% de avance en los

trabajos ya que aún nos faltaría la alimentación de energía eléctrica hacia el motor.

3.2.3 Fabricación de ramal eléctrico.

Una vez de estar montado los accesorios y partes periféricas del motor de los diversos sistemas, se comenzara a extender líneas eléctricas hacia el módulo de control de ignición (ICM) y módulo de control electrónico (ECM), que son los que gobiernan el proceso de encendido y el proceso de combustión; muy aparte del ramal de motor que existe, porque ello servirá para la comunicación entre los sensores y actuadores del mismo.

Estas líneas serán extendidas y colocadas de manera coherente según el diámetro y color como nos indica el plano eléctrico del motor CUMMINS y el plano eléctrico del chasis VOLKSWAGEN, tomando en cuenta los conectores y número de terminales de ellos para que no exista ningún tipo de error o cruce que ocasione el mal funcionamiento del motor.

Alimentaremos de energía eléctrica mediante los conductores al motor de arranque (arrancador) con señales de los módulos para que se pueda lograr la explosión y la chispa y así generar el proceso de combustión y rotación del cigüeñal.

Y en el caso del generador (llamado alternador) se tomara la línea central para que pueda abastecer energía a las baterías y así este pueda suministrar al motor y al chasis en general para las diversas lámparas que tiene.

Muy aparte de los módulos de control que existe ya mencionados, se hará una centralia eléctrica como nos indica el plano eléctrico de motor con la finalidad de proteger los módulos, sensores y actuadores en caso de que exista alguna sobrecarga o corto circuito, siendo el beneficio alargar el tiempo de vida de estos. Además se tomara las líneas de señal que irán al tablero de instrumentos, como indicadores tenemos: el switch de presión de aceite de motor, temperatura de motor, el nivel de refrigerante, indicador ámbar (falla leve del motor), indicador rojo (falla grave del motor), señal de las revoluciones del motor; elementos principales para que el operador pueda darse cuenta del buen funcionamiento del motor.

Por último, aislaremos todas las conexiones e instalaciones realizadas mediante un material corrugado el cual lo marcaremos para identificar que líneas pasan por ahí, ello nos ayudara a identificar muy rápidamente en caso de desperfectos eléctricos, además de cuidarlos y protegerlos de los riesgos externos como golpes, agua o el mismo polvo.

3.3 Revisión:

Una vez ya ensamblado el motor con todas las consideraciones mencionadas de los diversos sistemas de funcionamiento, le daremos arranque para ver el estado de funcionamiento del motor previa verificación de abastecimiento de los lubricantes como lo es el aceite de motor, refrigerante, hidrolina; combustible con sus respectivos filtros.

Se abrirá contacto para inspeccionar si las señales e indicadores llegan al tablero de instrumentos; una vez que se reconozca dicho mensaje mediante lámparas y llegue energía a los módulos de control, sensores y actuadores, se le dará el arranque respectivo.

Revisaremos el correcto funcionamiento periférico del motor, observando que no exista ningún tipo de drenaje de algún lubricante como aceites, refrigerantes, fugas de gases de escape por lugares de ensamble, mangueras y ductos de aire sueltos o por ultimo algún ramal eléctrico que tenga fricción y que pueda ocasionar un corto circuito.

Otra revisión importante que se realiza, es la evaluación del circuito de gas, que sale desde las válvulas de los cilindros, pasa por sus reductores de presión y llega hasta el motor; no debe existir fuga de gas por ninguna de sus uniones y conectores, válvulas y electroválvulas para asegurarnos el buen funcionamiento del motor y sobre todo llegue la presión necesaria.

Después de unos minutos de funcionamiento se hará una comunicación del módulo de control de ignición (ICM) y módulo de control electrónico (ECM) con la PC el cual tiene el software INSITE, para poder observar los parámetros de funcionamiento del proceso de combustión dado por los diversos sensores.

Este software no solo nos dará los parámetros de funcionamiento; sino, nos ayuda a la corrección rápida de los códigos de falla, también a capturar los resúmenes de cada viaje de la unidad, almacenar información de mantenimiento, registro de información del vehículo.

CONCLUSIONES

Las conclusiones son las siguientes:

- Buscar el buen uso del combustible GNV en nuestro país.
- El análisis de la configuración del camión según las consideraciones técnicas del motor a GNV es imprescindible.
- La instalación se debe de realizar tomando las consideraciones exigidas por el fabricante del motor a GNV.
- El combustible GNV por ser más liviano que el aire se eleva y evapora muy rápido.
- En el caso del combustible diésel líquido, son más pesados que el aire por ende desciende y no se evaporan lentamente a temperatura ambiente
- El GNV no es toxico.
- El diésel es toxico especialmente por la nafta.
- El diésel tiene un fuerte olor propio mientras que el gnv no.
- Las emisiones de NO_x de un motor GNV comparado con un motor Diésel, son más bajas, lo que permite usar sistemas más simples.
- El motor GNV por ser un motor electrónico tiene un alto rendimiento.
- La alimentación en los motores de tipo OTTO - GNV, se realiza introduciendo una mezcla aire combustible en el interior del cilindro durante la admisión. Esta mezcla, una vez comprimida, se incendia por medio de una chispa eléctrica, lo que origina una combustión suave y progresiva.
- En los motores diésel, el llenado de los cilindros se realiza solamente con aire, introduciendo el combustible a alta presión el cual arde espontáneamente al ponerse en contacto con el aire previamente comprimido, cuya temperatura está por encima del punto de inflamación del combustible, haciéndolo bruscamente, lo que produce la trepidación característica de estos motores.

- Al realizar los trabajos de diseño, análisis y revisión, verificaremos el consumo de combustible de los dos motores resaltando la autonomía diaria y el gasto realizado. Entonces podemos concluir y consolidar

que el montaje de un motor CUMMINS GNV es bastante rentable actualmente con respecto a un motor Diesel.

Veamos el cuadro comparativo:

CUADRO DE CONSUMO ENTRE UN MOTOR DIESEL Y UN MOTOR A GAS				
	MOTOR GNV		MOTOR DIESEL	
Modelo del motor	CG 280		6CTA 8.3	
Vol. Para producir MBTU	29	M3	7.3	GL
Autonomía diaria.	127.12	M3	32	GL
Costo en el mercado	S/. 1.45	Soles / m3	S/. 13.50	Soles / gl
	S/. 184.33	soles	S/. 432.00	soles
Tipo de cambio	2.82		2.82	
Consumo diario	\$ 65.40	\$ / día	\$ 153.19	\$ / día
Consumo mensual	\$ 1,962.00	\$ / mes	\$ 4,595.70	\$ / mes
Diferencia mensual	\$ 2,633.70			
Diferencia anual.	\$ 31,604.40			

RECOMENDACIONES

- Es recomendable que las diversas empresas que cuentan con flota de carga, hagan el cambio de motor por uno de GNV, debido al ahorro de combustible ya mencionado y sobre todo para contribuir con el medio ambiente que se daña día a día ocasionado por los diversos gases de escape.
- El fabricante de motores CUMMINS, cuenta con motores a GNV de la Serie "B" con potencia de (150Hp – 230Hp); Serie "C" con potencia (250Hp – 280Hp) y los de la Serie ISL "G" con potencia (320Hp – 350Hp), por ende, los clientes al tomar la decisión por este cambio, deberán hacer un estudio técnico del chasis de sus vehículos para que no exista ningún problema de pérdida de potencia.

BIBLIOGRAFÍA

- ✓ Páginas oficiales de Cummins Perú.

<https://quickserve.cummins.com/qs3/portal/service/manual/en/3666118/>.

<https://quickserve.cummins.com/qs3/portal/service/index.html>

- ✓ Datos de la empresa, PDF de normas de emisiones reglamento reglamento (UE) N°459/2012 del Parlamento Europeo.

- ✓ Página web pdf de proceso de combustión interna.

http://webdelprofesor.ula.ve/ingenieria/jaraque/JESUS/2_Publicaciones/Libros/Combustion/EI%20Proceso%20de%20Combustion%20en%20MCI.pdf.

- ✓ <file:///C:/Users/RogersW7/Desktop/MOTOR%2520DE%2520COMBUSTION%2520INTERNA%2520%2520%2520conceptos.pdf>.

- ✓ http://upcommons.upc.edu/pfc/bitstream/2099.1/9682/4/03_Mem%C3%B2ria.pdf

- ✓ http://www.uclm.es/profesorado/porrasysoriano/motores/temas/ciclo_teorico.pdf.

ANEXOS

- Para poder considerar una instalación de un motor GNV se debe también basar en los accesorios que conforman el almacenamiento y líneas de combustible GNV; estas normas son dadas por los siguientes códigos:
- NTP 111,013: Cilindros de alta presión para almacenamiento de gas natural utilizado como combustible para vehículos automotores.
- NTP111, 015: Montaje de equipos completos en vehículos con gas natural vehicular (GNV).
- NTP111, 016: Dispositivos de sujeción para cilindros en vehículos con gas natural vehicular.
- NTP111, 018: planta o taller de montaje y reparación de equipos completos para gas natural vehicular.
- Especificaciones de Cummins AEB (Application Engineering Bulletin)

AEB 02136

Requerimientos para el montaje del Motor Cummins Modelo CGe280.

AEB 04602

Límites de angularidad en el montaje de un motor Cummins a GNV.

- NTP111, 028: se deberá tener en cuenta los ensayos y verificaciones de los equipos a usarse en aplicaciones del sistema de gas, así mismo la seguridad que deben tener lo talleres.
- Normas de emisiones de gases de escape: Reglamento (UE) N° 459/2012 DE LA COMISIÓN.

Motor Cummins GNV, componentes periféricos lado izquierdo

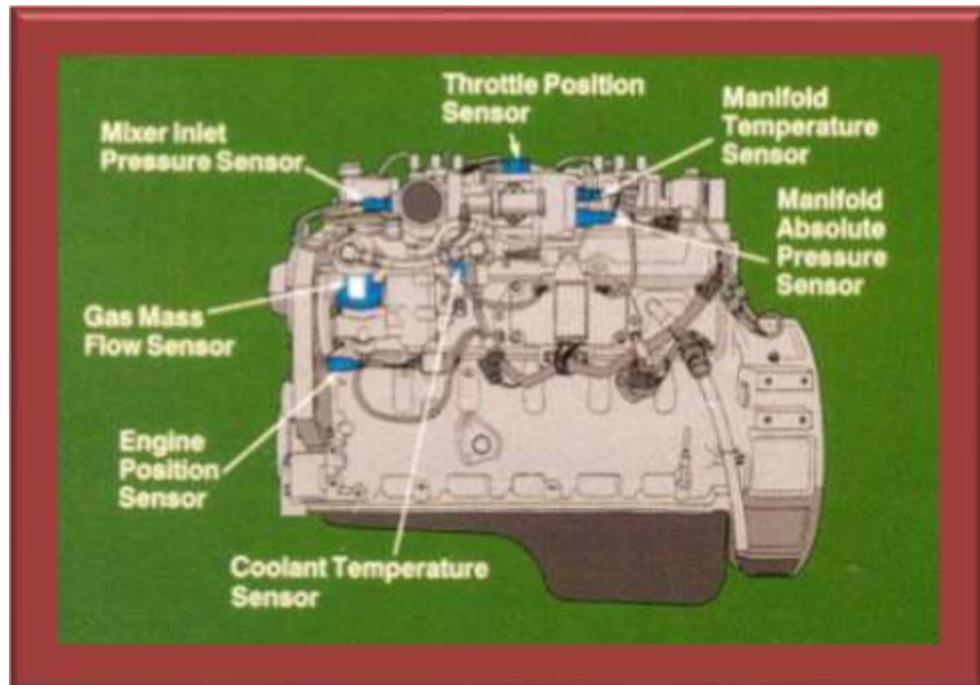


Figura 1.

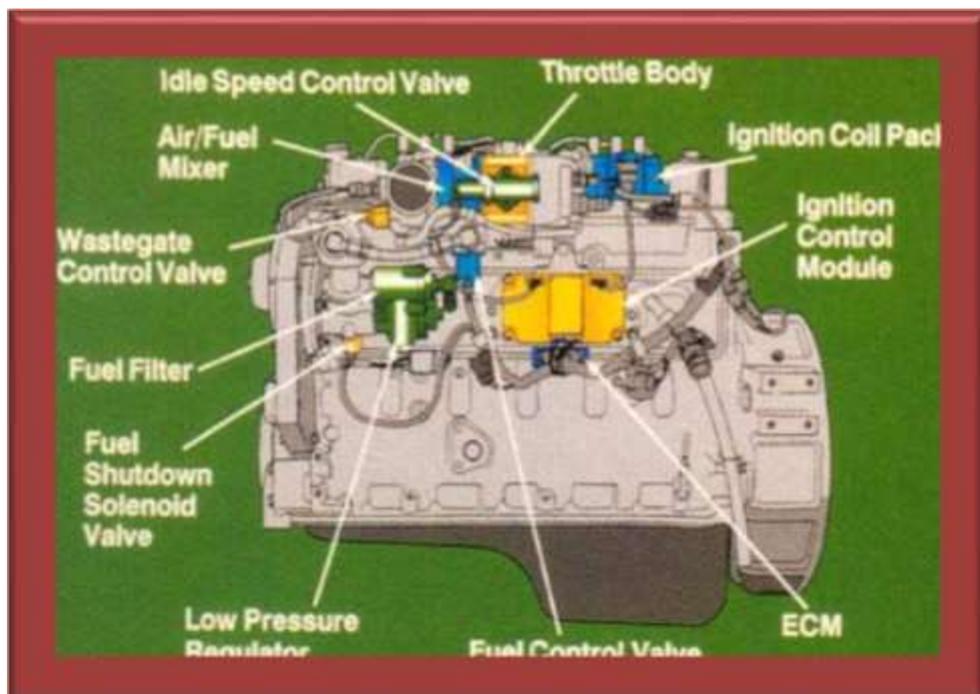


Figura 2.

Motor Cummins GNV, componentes periféricos lado derecho.

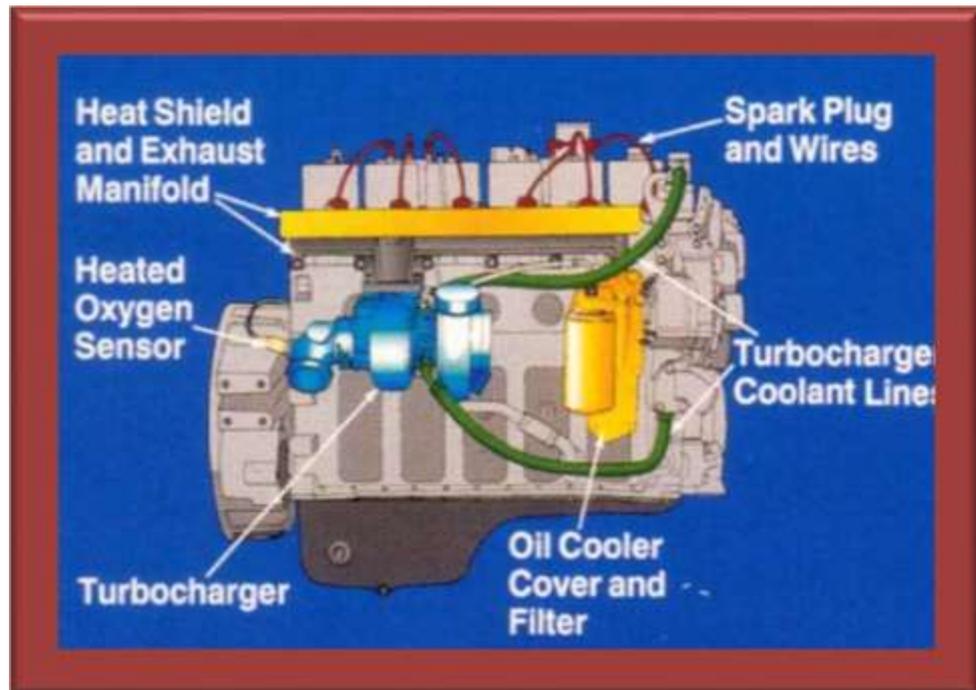


Figura 3.

Sistema de Ignición del motor GNV.

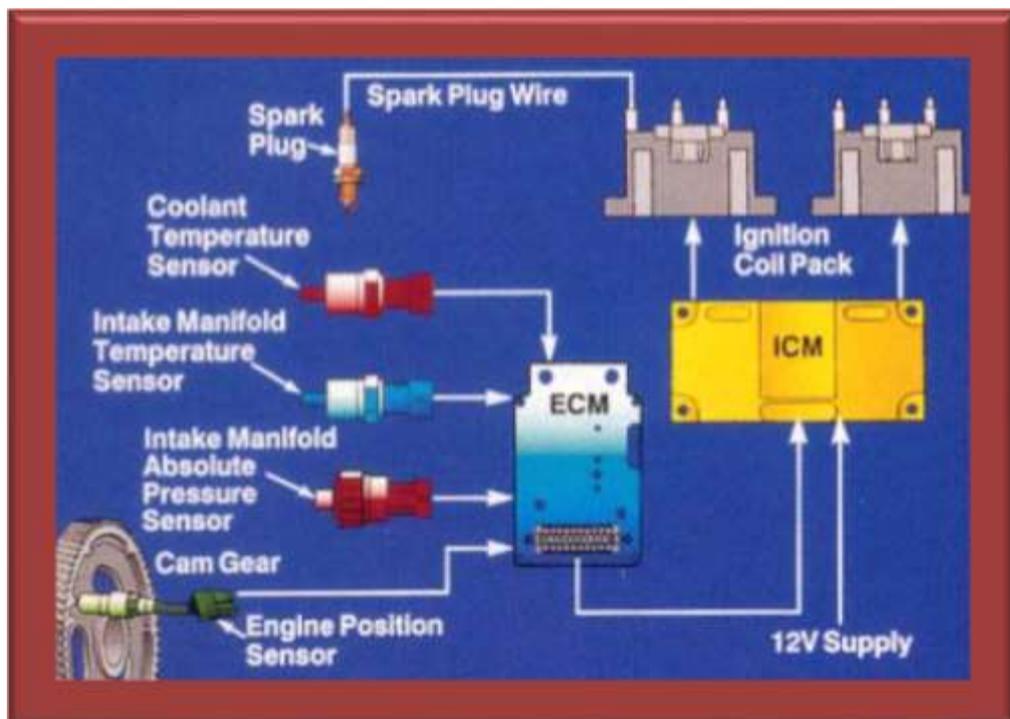


Figura 4.

Modelo Camión VW modelo WORKER 26-260



Figura 5. Parte frontal de cabina.



Figura 6. Cabina basculada.



Figura 7. Instalación de cilindros lateral derecho.



Figura 8. Instalación de cilindros lateral izquierdo.



Figura 9. Instalación de línea de gases de escape.



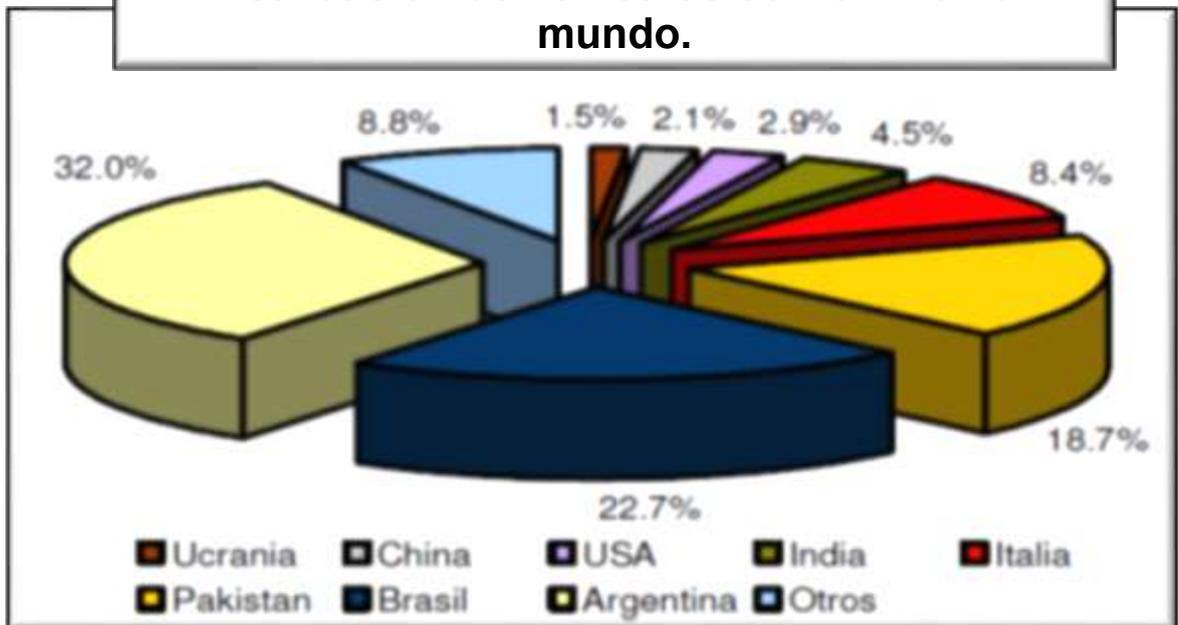
Figura 10. Salida tubo de escape al catalizador.



Figura 11. Presentación línea de gases de escape terminado.

Vehículos GNV en el mundo.

Distribución de vehículos con GNV en el mundo.



Fuente: Cámara Peruana del Gas Natural Vehicular

Figura 12. GNV en el mundo.

GNV en América Latina.

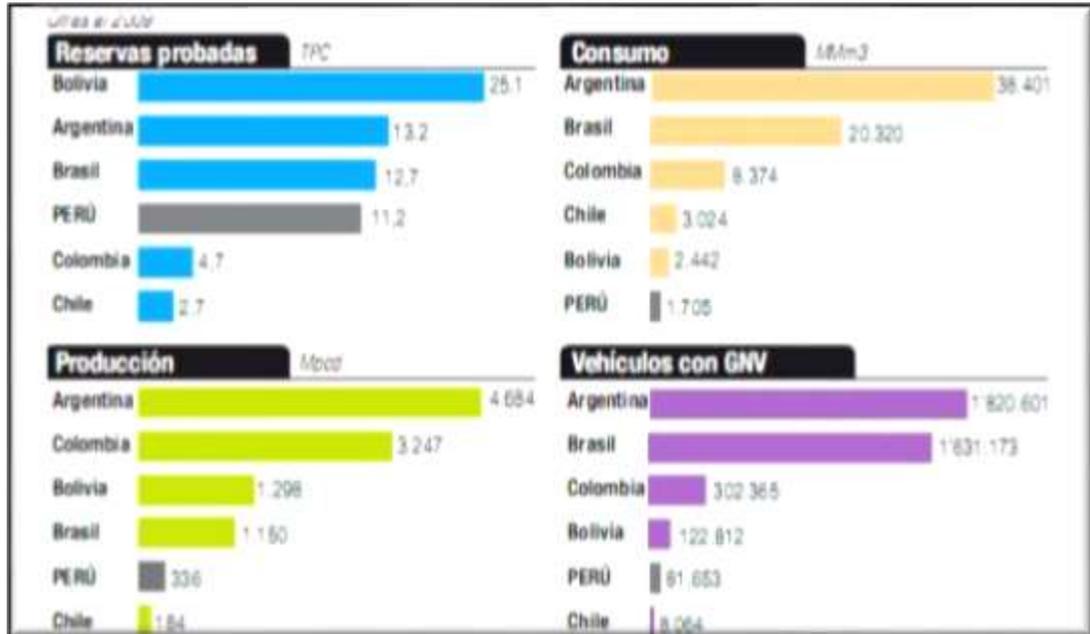


Figura 13. GNV en América Latina.

Situación actual GNV en el PERU.

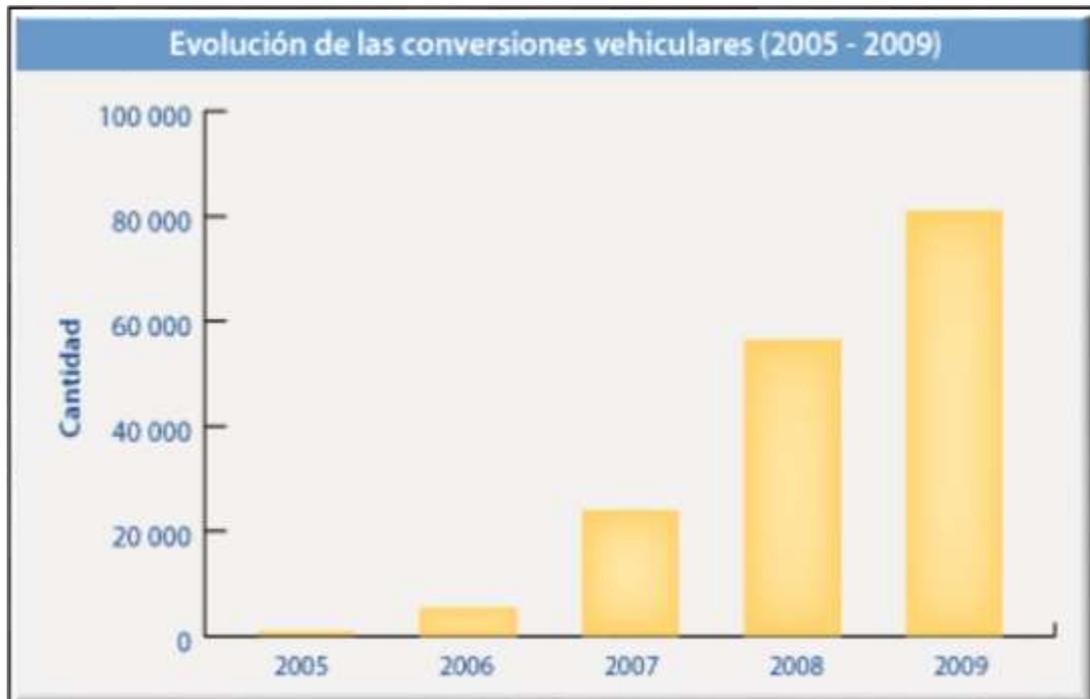


Figura 14. GNV en el Perú.