

# **UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE**



## **FACULTAD DE INGENIERÍA EN CIENCIAS APLICADAS**

### **CARRERA DE INGENIERÍA EN MANTENIMIENTO AUTOMOTRIZ**

#### **TRABAJO DE GRADO PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE INGENIERO EN MANTENIMIENTO AUTOMOTRIZ**

#### **“REPOTENCIACIÓN DEL MOTOR DEL CORSA WIND 1.4 DE LA UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE”**

##### **AUTORES:**

**ALMEIDA VITERI ÁLVARO WLADIMIR**

**CALDERÓN GUEVARA PABLO JAVIER**

##### **DIRECTOR:**

**ING. CARLOS MAFLA**

**IBARRA 2016**

## **ACEPTACIÓN DEL DIRECTOR**

En mi calidad de Director del plan de trabajo de grado, previo a la obtención del título de Ingeniería en Mantenimiento Automotriz, nombrado por el Honorable Consejo Directivo de la Facultad de Educación Ciencia y Tecnología.

CERTIFICO:

Que una vez analizado el plan de grado cuyo título es “Repotenciación del motor del Corsa Wind 1.4 de la Universidad Técnica del Norte” presentado por los señores: Álvaro Wladimir Almeida Viteri con número de cédula 1003136692 y Pablo Javier Calderón Guevara con número de cédula 1003267901, doy fe que dicho trabajo reúne los requisitos y méritos suficientes para ser sometido a presentación pública y evaluación por parte de los señores integrantes del jurado examinador que se designe.

En la ciudad de Ibarra, a los 04 días del mes de agosto de 2016.

Atentamente



Ing. Carlos Mafla

**DIRECTOR DEL TRABAJO DE GRADO**



## UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE BIBLIOTECA UNIVERSITARIA

### AUTORIZACIÓN DE USO Y PUBLICACIÓN A FAVOR DE LA UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE

#### 1. IDENTIFICACIÓN DE LA OBRA

La Universidad Técnica del Norte dentro del proyecto Repositorio Digital Institucional, determinó la necesidad de disponer de texto completos en formato digital con la finalidad de apoyar los procesos de investigación, docencia y extensión de la Universidad.

Por medio del presente documento dejo sentada mi voluntad de participar en este proyecto, para lo cual ponemos a disposición la siguiente información.

DATOS DE CONTACTO	
<b>CÉDULA DE IDENTIDAD:</b>	1003136692 1003267901
<b>APELLIDOS Y NOMBRES:</b>	Almeida Viteri Alvaro Wladimir Calderón Guevara Pablo Javier
<b>DIRECCIÓN:</b>	Juan Genaro Jaramillo y Av. Mariano Acosta 5-55 Eduardo Almeida 2-44 y Miguel Leoro
<b>EMAIL:</b>	awalmeidav@utn.edu.ec pjcalderong@utn.edu.ec
<b>TELÉFONO FIJO:</b> 062955717 062585206	<b>TELÉFONO MÓVIL:</b> 0958971572 0987904817

DATOS DE LA OBRA	
<b>TÍTULO:</b>	Repotenciación del motor del Corsa Wind 1.4 de la Universidad Técnica del Norte
<b>AUTORES:</b>	Álvaro Wladimir Almeida Viteri Pablo Javier Calderón Guevara
<b>FECHA: AAAAMMDD</b>	2016-08-04
SOLO PARA TRABAJOS DE GRADO	
<b>PROGRAMA:</b>	<input checked="" type="checkbox"/> <b>PREGRADO</b> <input type="checkbox"/> <b>POSGRADO</b>
<b>TÍTULO POR EL QUE OPTA</b>	INGENIERÍA EN MANTENIMIENTO AUTOMOTRIZ
<b>ASESOR/DIRECTOR</b>	Ing. Carlos Mafla

## **2. AUTORIZACIÓN DE USO A FAVOR DE LA UNIVERSIDAD**

Nosotros, Álvaro Wladimir Almeida Viteri con cédula de identidad Nro. 1003136692, y Pablo Javier Calderón Guevara con cédula de identidad Nro. 1003267901, en calidad de autores y titulares de los derechos patrimoniales de la obra o trabajo de grado descrito anteriormente, hacemos entrega del ejemplar respectivo en formato digital y autorizamos a la Universidad Técnica del Norte, la publicación de la obra en el Repositorio Digital Institucional y uso del archivo digital en la Biblioteca de la Universidad con fines académicos, para ampliar la disponibilidad del material y como apoyo a la educación, investigación y extensión; en concordancia con la Ley de Educación Superior Artículo 144.

## **3. CONSTANCIAS**

Los autores manifiestan que la obra objeto de la presente autorización es original y se la desarrolló, sin violar derechos de autor de terceros, por lo tanto la obra es original y que son los titulares de los derechos patrimoniales, por lo que asumen la responsabilidad sobre el contenido de la misma y saldrán en defensa de la Universidad en caso de reclamación por parte de terceros.

Ibarra, a los 04 días del mes de agosto de 2016.

### **LOS AUTORES:**



Álvaro Wladimir Almeida Viteri



Pablo Javier Calderón Guevara



## UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE

### CECIÓN DE DERECHOS DE AUTOR DEL TRABAJO DE GRADO A FAVOR DE LA UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE

Nosotros, Álvaro Wladimir Almeida Viteri con cédula de identidad Nro. 1003136692, y Pablo Javier Calderón Guevara con cédula de identidad 1003267901, manifestamos nuestra voluntad de ceder a la Universidad Técnica del Norte los derechos patrimoniales consagrados en la Ley de Propiedad Intelectual del Ecuador artículos 4, 5 y 6, en calidad de autores de la obra o trabajo de grado denominado **REPOTENCIACIÓN DEL MOTOR DEL CORSA WIND 1.4 DE LA UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE** que ha sido desarrollado para optar por el título de: **INGENIERÍA EN MANTENIMIENTO AUTOMOTRIZ** en la Universidad Técnica del Norte quedando la Universidad facultada para ejercer plenamente los derechos cedidos anteriormente. En nuestra condición de autores nos reservamos los derechos morales de la obra antes citada. En concordancia suscribimos este documento en el momento que hacemos entrega del trabajo final en formato impreso y digital a la Biblioteca de la Universidad Técnica del Norte.

Ibarra, a los 04 días del mes de agosto de 2016.

Álvaro Wladimir Almeida Viteri

Cédula: 1003136692

Pablo Javier Calderón Guevara

Cédula: 1003267901

## **DEDICATORIA**

Mi proyecto de grado se ha llevado a cabo gracias al apoyo incondicional de mi familia, mis padres y hermanos, sin ellos no hubiese podido alcanzar este sueño tan anhelado en mi vida. A ellos dedico todos mis esfuerzos.

Dedico este proyecto de manera muy especial a mis docentes que a lo largo de mi carrera me han formado profesionalmente, me han inculcado valores, e incentivado a ser una persona de bien dentro y fuera de Universidad, a ellos todo mi respeto y consideración.

## **AGRADECIMIENTO**

Agradezco en primer lugar a Dios quien me dio la fortaleza y sabiduría para nunca rendirme ante los desafíos que se me han presentado. Un agradecimiento muy caluroso al Ing. Carlos Mafla quien fue nuestra guía y dirección, gracias a su apoyo logramos defender y llevar a cabo nuestro proyecto de tesis.

Agradezco a mis padres que nunca permitieron que me rinda y me enseñaron que la perseverancia hace lograr el éxito. Un muy grato agradecimiento a los ingenieros de la carrera que me inculcaron su sabiduría día a día y en especial al Ing. Carlos Mafla por la ayuda a lo largo de este proyecto de grado, y más importante un agradecimiento a Dios por darme la vida y salud para poder culminar con las metas trazadas en mi camino.

# ÍNDICE

ACEPTACIÓN DEL DIRECTOR .....	i
AUTORIZACIÓN DE USO Y PUBLICACIÓN A FAVOR DE LA UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE .....	ii
1.IDENTIFICACIÓN DE LA OBRA .....	ii
2.AUTORIZACIÓN DE USO A FAVOR DE LA UNIVERSIDAD .....	iii
3.CONSTANCIAS .....	iii
CECIÓN DE DERECHOS DE AUTOR DEL TRABAJO DE GRADO A FAVOR DE LA UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE .....	iv
DEDICATORIA.....	v
AGRADECIMIENTO.....	vi
RESUMEN .....	xiv
ABSTRACT .....	xv
INTRODUCCIÓN .....	xvi
CAPÍTULO I .....	1
1. Problema de Investigación .....	1
1.1 Antecedentes .....	1
1.2 Planteamiento del Problema .....	1
1.3 Formulación del Problema.....	2
1.4 Delimitación Temporal y Espacial .....	2
1.4.1 Temporal .....	2
1.4.2 Espacial.....	2
1.5 Objetivos .....	3
1.5.1 Objetivos Generales.....	3
1.5.2 Objetivos Específicos .....	3
1.6 Justificación.....	3
CAPÍTULO II .....	5
2. Marco Teórico .....	5
2.1 Repotenciación del motor.....	5
2.2. Modificaciones básicas.....	6
2.2.1 Kit de admisión directa .....	6
2.2.2 Bujías de alto rendimiento .....	6
2.2.3 Cables de bujías.....	7
2.2.4 Aditivos.....	8

2.2.5 Centralitas electrónicas .....	8
2.2.6 Evacuación de gases de escape directa .....	10
2.3 Modificaciones técnicas.....	11
2.3.1 Modificación de la culata .....	11
2.3.2 Válvulas.....	11
2.3.3 Sistema de distribución .....	13
2.3.4 Resortes de válvulas .....	13
2.3.5 Retenes.....	14
2.3.6 Trucaje de pistones .....	14
2.3.7 Segmentos de pistón.....	15
2.3.8 Modificación cigüeñal .....	16
2.3.9 Trucaje del volante de inercia.....	17
2.3.10 Poleas de accesorios .....	17
2.3.11 Cojinetes de biela y bancada .....	18
2.3.12 Radiador de aceite .....	18
2.3.15 Sistema de encendido .....	20
2.3.16 Sobrealimentación.....	20
2.3.17 Sistema de evacuación de gases de escape (Header) .....	21
CAPÍTULO III .....	27
3. Metodología de la Investigación .....	27
3.1 Tipo de investigación.....	27
3.1.1 Investigación Bibliográfica. ....	27
3.1.2 Investigación Tecnológica. ....	27
3.2 Métodos de investigación .....	27
3.2.1 Pruebas de funcionamiento.....	27
3.2.2 Método analítico sintético .....	28
3.3 Técnicas e instrumentos.....	28
3.3.1 Técnicas para incrementar la potencia de un motor.....	28
CAPÍTULO IV .....	31
4. Propuesta.....	31
4.1 Fundamentación tecnológica del problema .....	31
4.2 Diagnóstico del vehículo Corsa Wind.....	32
4.3 Desmontaje del motor: .....	34

4.3.1 Desmontaje de tapa-válvulas .....	34
4.3.2 Desmontaje de banda de distribución y templador .....	34
4.3.3 Desmontaje de distribuidor de encendido DIS, .....	37
4.3.4 Desmontaje CKP.....	37
4.3.5 Desmontaje de cable de acelerador.....	37
4.3.6 Desmontaje de colector de admisión, depurador/filtro, cuerpo de aceleración, flauta de inyectores .....	38
4.3.7 Desmontaje balancines .....	38
4.3.8 Desmontaje de colector de escape .....	39
4.3.9 Desmontaje árbol de levas .....	39
4.3.10 Desmontaje bomba de agua, mangueras de agua.....	40
4.3.11 Desmontaje de la culata .....	40
4.3.12 Desmontaje del conjunto block de cilindros, cárter, cigüeñal. ....	41
4.4 Modificación a elementos del motor Corsa Wind 1.4L .....	42
4.4.1 Cambio de cigüeñal.....	43
4.4.2 Rectificada de camisas de cilindro .....	45
4.4.3 Cambio de cojinetes biela/bancada.....	47
4.4.4 Cambio Pistones/rines.....	48
4.4.5 Como se deben colocar los rines o segmentos del pistón:.....	49
4.4.6 Cambio de sistema de admisión .....	51
4.4.7 Cambio de la culata.....	52
4.4.8 Cambio de Bobinas .....	53
4.5 Diagnóstico de los componentes desmontados del vehículo .....	54
4.6 Repotenciación.....	55
4.7 Cálculos.....	57
4.7.1 Fuerza – Trabajo – Potencia .....	57
4.7.2 Cilindrada del Motor .....	60
4.7.3 Relación de compresión .....	61
4.7.4 Conducto de admisión.....	62
4.7.5 Múltiple de escape .....	63
4.7.6 Cálculos en las Válvulas.....	64
4.7.7 Válvula de escape .....	65

4.7.8 Resortes de válvulas .....	65
4.7.9 Fuerza normal del cigüeñal .....	66
4.7.10. Fuerza de inercia del cigüeñal.....	67
4.7.11 Fuerza centrífuga del cigüeñal .....	68
4.7.12 Cálculo del consumo específico de combustible .....	69
4.8 Características y funciones de los elementos implementados al vehículo Corsa Wind 1.4L .....	71
4.8.1 Sistema DOHC, Twin Cam, o Doble árbol de levas bajo en la culata. ....	71
4.8.2 Comparación entre 1 árbol de levas (SOHC) y un doble árbol de levas (DOHC) .....	72
4.8.3 Modificación del cigüeñal: .....	74
4.8.4 Sistema ITB o cuerpos de aceleración individuales .....	75
4.8.5 Sistema de bobinas independientes.....	76
4.8.6 Header:.....	78
4.8.7 Programación Haltech .....	78
4.8.8 Accesorios:.....	79
4.9 Pruebas en el motor .....	79
4.9.1 Prueba en el banco dinamométrico.....	80
4.9.2 Curva de potencia .....	81
4.10 Comparación de estado anterior y actual del vehículo Corsa Wind 1.4L .....	84
4.10.1 Análisis .....	84
4.11 Programación .....	85
5. CAPÍTULO V .....	93
5. Conclusiones y Recomendaciones .....	93
5.1 Conclusiones.....	93
5.2 Recomendaciones.....	94

## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Sistemas de admisión directa de aire con filtro cónico.....	6
Figura 2. Bujías de competición. ....	7
Figura 3. Cables de bujías.....	8
Figura 4. Mejorador de octanaje de gasolina / Optimizador de lubricante de motor. .....	8
Figura 5. Computadora programable Haltech Sprint 500 .....	9
Figura 6. ECU no programable.....	9
Figura 7. Despiece de sistema de evacuación de gases independiente. ....	10
Figura 8. Rectificado de culata por proceso de maquinado. ....	11
Figura 9. Válvulas de fierro cementado .....	12
Figura 10. Tipos de válvulas cementadas. ....	12
Figura 11. Levas.....	13
Figura 12. Resortes de válvulas de competición. ....	14
Figura 13. Resortes, propulsores retenes y sellos de válvulas de competición. ..	14
Figura 14. Pistones alivianados.....	15
Figura 15. Rines o segmentos de un émbolo. ....	16
Figura 16. Cigüeñal alivianado de competición .....	16
Figura 17. Volante de motor alivianado .....	17
Figura 18. Poleas de twin cam .....	17
Figura 19. Cojinete de biela.....	18
Figura 20. Intercooler o radiador de aceite.....	18
Figura 21. Recuperador de aceite de competición .....	19
Figura 22. Sistema mejorado de admisión tipo R.....	20
Figura 23. Bobina independiente.....	20
Figura 24. Motor twin turbo.....	21
Figura 25. Header. Sistema de colector de gases de escape. ....	21
Figura 26. Header de 4 cilindros. ....	22
Figura 27. Desmontaje tapa válvulas .....	34
Figura 28. Fijación de las ruedas dentadas.....	35
Figura 29. Sustitución de la correa dentada .....	36
Figura 30. Tensor automático con marca de referencia .....	36
Figura 31. Desmontaje polea árbol de levas, banda y templador.....	37
Figura 32. Desmontaje del distribuidor de encendido .....	37
Figura 33. Desmontaje del sistema de admisión.....	38
Figura 34. Desmontaje de balancines .....	38
Figura 35. Desmontaje del sistema Header .....	39
Figura 36. Apriete de tornillos de fijación .....	39
Figura 37. Desmontaje de mangueras y bomba de refrigeración.....	40
Figura 38. Desmontaje de la Culata .....	41
Figura 39. Desmontaje del cárter y cigüeñal .....	41
Figura 40. Cigüeñales. Comparación de cigüeñal antiguo con el cigüeñal nuevo	44

Figura 41. Diagrama de fuerzas pistón-cigüeñal .....	44
Figura 42. Rectificado de camisas de cilindro .....	45
Figura 43. Aumento de relación de compresión en función de los rebajes a la cámara. (Giga, 2016) .....	46
Figura 44. Cojinete de biela.....	48
Figura 45. Orden de colocación de aros del pistón .....	48
Figura 46. Colocación de pistones con la ayuda de un prensa-rines .....	49
Figura 47. Colocación de rin de compresión .....	49
Figura 48. Gráfico de posicionamiento de segmentos del pistón .....	49
Figura 49. Ángulos de posicionamiento de segmentos del pistón.....	50
Figura 50. Culata de competición con sistema ITB .....	53
Figura 51. Culata Twin Cam con bobinas independientes .....	53
Figura 52. Par motor representado por una palanca.....	58
Figura 53. Volumen del cilindro .....	60
Figura 54. Relación de compresión: Rc. ....	61
Figura 55. Conducto de admisión.....	62
Figura 56. Corte transversal de una culata con doble árbol de levas.....	71
Figura 57. Culata Corsa SOHC (Single overhead camshaft) .....	72
Figura 58. Culata Aveo DOHC (Dual overhead camshaft) .....	73
Figura 59. Distribución de cargas sobre el cigüeñal (fuerza expansiva, fuerza de inercia, fuerza centrífuga).....	75
Figura 60. Posición de los pistones 1-4 y 2-3 a 46° del cigüeñal .....	75
Figura 61. Sistema ITB cuatro cilindros con inyectores y flauta. ....	76
Figura 62. Bobina y módulo de encendido, integrados en el mismo conjunto.....	77
Figura 63. Culata con las bobinas independientes.....	77
Figura 64. Software del sistema de inyección programable HALTECH .....	79
Figura 65. Corsa Wind 1.4L sobre rodillos del Banco Dinamométrico .....	80
Figura 66. Ingreso de datos en el software del dinamómetro.....	80
Figura 67. Corsa Wind 1.4L sobre rodillos del Banco Dinamométrico .....	81
Figura 68. Test aplicado al Corsa Wind 1.4L. HP @ RPM.....	81
Figura 69. Tabla de Parámetros del motor Corsa Wind 1.4L .....	83
Figura 70. Portada del programa ejecutable .....	85
Figura 71. Índice de fórmulas o parámetros.....	86
Figura 72. Cálculo de par-trabajo-potencia .....	86
Figura 73. Cálculo de la cilindrada .....	87
Figura 74. Cálculo del volumen de la cámara .....	87
Figura 75. Cálculo del conducto de admisión.....	88
Figura 76. Cálculos del múltiple de escape .....	89
Figura 77. Cálculos de las válvulas .....	89
Figura 78. Cálculo de la válvula de escape.....	90
Figura 79. Cálculos de resortes de válvulas.....	90
Figura 80. Cálculos de la fuerza efectiva y fuerza normal del cigüeñal.....	91
Figura 81. Cálculo de la fuerza de inercia y velocidad tangencial.....	92
Figura 82. Cálculo de la fuerza centrífuga del cigüeñal.....	92

## ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Datos técnicos del vehículo .....	32
Tabla 2. Elementos implementados al vehículo .....	42
Tabla 3. Estado de los componentes del vehículo .....	54
Tabla 4. Calibraciones Corsa Wind 1.4L .....	56
Tabla 5. Análisis comparativo.....	84

## RESUMEN

El proyecto de tesis de grado que se presenta a continuación va dirigido a la comunidad de futuros Ingenieros en Mantenimiento Automotriz de La Universidad Técnica del Norte, nuestro propósito es el aporte de conocimientos prácticos y técnicas empleadas en lo que corresponde a la repotenciación del motor de un vehículo. El presente dará un gran aporte a los estudiantes en práctica y teoría al contar con un auto de competición dentro de la carrera. Para ello hemos tomado el vehículo Chevrolet Corsa Wind 1.4L cuatro cilindros a inyección multipunto modelo 2001 de la Universidad para desarrollar nuestros propósitos. Cabe recalcar que éste vehículo ya se encontraba en condiciones mejoradas a partir de su versión de fábrica, con un sistema de inyección programable por medio de una unidad de control Halltech®, esto en lo que se refiere a la gestión electrónica. Se ha desmontado el cableado que está instalado por fábrica. El vehículo se ha de encontrar alivianado, esto quiere decir sin tapicería ni plásticos de puertas, ni asientos posteriores, con jaula antivuelco, y asientos de competencia para piloto y copiloto. El proyecto a continuación ataca principalmente a la parte mecánica del vehículo, su motor y componentes, características que no fueron modificadas en absoluto. El motor del vehículo tiene varias posibilidades de modificación, no se puede hablar de todas las que existen en el mercado, pero si las que se adaptan a especificaciones del fabricante. Estas modificaciones aprovechan su eficiencia térmica, lo que hace referencia a un motor que aprovecha el poder calorífico que se genera en la cámara de combustión al quemar la mezcla comburente-combustible como comburente el oxígeno de la atmósfera y como combustible en este caso la gasolina, mientras mejor se quemen ambos elementos mejor rendimiento habrá como resultado, adicionalmente es importante mencionar que ningún sistema térmico podrá aprovechar al cien por ciento su eficiencia térmica, es decir no se podrá aprovechar todo el calor que genera para producir fuerza mecánica, van a existir siempre pérdidas. Dadas las investigaciones se eligió los componentes del motor que mejor se adaptan y que son viables de modificar en este caso, el bloque de cilindros no fue cambiado al ser una pieza fija en el motor. Sistemas como: ITB (cuerpos de aceleración independientes), que mejora la entrada atmosférica al motor, Header, que evacúa los gases residuales con mayor velocidad, Twin Cam, que mejora los sistemas de alimentación y escape del motor gracias a la gestión de las válvulas, DIS independiente, que potencia el encendido de las bujías gracias a la ignición individual por cilindro; son las principales adaptaciones realizadas en este proyecto, cada sistema fue evaluado e investigado para respetar las especificaciones del fabricante, y cada sistema aporta un elemento fundamental al motor para hacerlo más eficiente. Se realizaron varias pruebas a diferentes regímenes del motor, arrancando en 0 RPM hasta las 6500 RPM que era el corte de inyección programado en la computadora, todo esto en un banco de rodillos dinamométrico. Se comprobó su rendimiento en un autódromo en donde se tomaron tiempos y parámetros de aceleración y aumento de temperatura, para comparar los resultados obtenidos con las especificaciones técnicas anteriores. El aumento de potencia es inminente y se culminó con éxito.

## ABSTRACT

The draft thesis presented below is directed to the community of future engineers in Automotive Maintenance Technical University of the North, our purpose is the provision of skills and techniques used which corresponds to the repowering engine a vehicle. This will give a great contribution to students in practice and theory to have a competitive car in the race. So we've taken the vehicle Chevrolet Corsa Wind 1.4 model 2001 four-cylinder multipoint injection University to develop our purposes. It should be noted that this vehicle was already in improved conditions from its factory version, with a programmable injection by a unit Halltech® control this in regard to electronic management. Has been removed from the wiring is installed by factory. The vehicle is to be found alivianado, this means without upholstery or plastic doors, no rear seats, roll cage, and seats for pilot and copilot competition. The project then primarily attacks the mechanics of the vehicle, its engine and components, features that were not modified at all. The vehicle's engine has several possibilities of modification, one can not speak of all that exist in the market, but if that cater to manufacturer's specifications. These modifications take advantage of their thermal efficiency, which refers to an engine approaches the calorific power generated in the combustion chamber to burn the oxidizer-fuel mixture as oxidizing oxygen atmosphere and fuel in this case gasoline, the better both elements burn better performance will result additionally is important to mention that no thermal system can make the hundred percent thermal efficiency, ie not able to take advantage of all the heat generated to produce mechanical force, will always exist losses. Given the research engine components that best fit and are viable to change in this case was chosen, the cylinder block was not changed to be fixed in the engine room. Systems such as: ITB (bodies independent acceleration), which improves the air inlet to the engine Header, which evacuates waste gases faster, Twin Cam, which improves power systems and engine exhaust through the valve management independent DIS, which power the spark plug firing through individual cylinder ignition; are the main adjustments made in this project, each system was evaluated and researched to respect the manufacturer's specifications, and each system provides a key element to the engine to make it more efficient. several tests at different engine speeds were made, starting at 0 RPM to 6500 RPM the injection cut was programmed into the computer, all in a dynamometer rollers. performance on a road course where time and acceleration parameters and temperature rise were taken to compare the results obtained with the above technical specifications are checked. The power increase is imminent and successfully completed.



## INTRODUCCIÓN

En medio de la Industria Automotriz todos los días se va innovando muchas formas de optimizar el funcionamiento del vehículo de forma mecánica sin una repotenciación. Un vehículo no es tan competitivo, si nos referimos a la manera técnica, de tal manera que la forma de poder ganar mayor eficiencia y potencia a un vehículo es repotenciándolo.

Aunque un motor esté en grandes condiciones y en perfecto estado con las calibraciones al máximo para su mayor eficiencia, no ganará mucha potencia y velocidad, para esto es necesaria una repotenciación con un cambio de piezas indispensables para ganar una mayor velocidad con un mismo bloque de motor.

Los progresos tecnológicos son innumerables en el campo automotriz tales como el sistema de la culata y el cuerpo de aceleración los que son muy importantes para un mejor rendimiento ya que estos se encargan de la alimentación y del escape del motor además del cierre de las cámaras de combustión.

Tenemos varios sistemas que nos ayudaran a mejorar el vehículo para obtener una mayor potencia, tales como la culata de 16 válvulas la cual es el doble de válvulas de la culata anterior por tal motivo su eficiencia es el doble, la principal característica es el cierre de las cámaras de combustión. Otro sistema importante es el sistema del cuerpo de aceleración el cual lo reemplazamos, el convencional por un ITB, esto hace que tenga una entrada de aire directa a cada uno de los cilindros mejorando su inyección y por tal motivo el rendimiento del vehículo. Para el complemento de estos sistemas reemplazamos el sistema de encendido que constaba de una sola bobina para las cuatro bujías, ahora tiene cada bujía su propia bobina independiente mejorando el encendido notablemente.

# CAPÍTULO I

## 1. PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN

### 1.1 Antecedentes

El vehículo Chevrolet Corsa Wind posee un motor 1.4L con sistema de inyección a gasolina multipunto modelo 2001. Al mismo que se ha sometido a un proceso de programación de inyección mediante la ECU (Unidad de control electrónica). Ha sido desmontado el cableado original y la computadora original del vehículo. Se le ha implementado un sistema de inyección programable “Haltech® Sprint 500” consiguiendo con esto mejorar la inyección del motor. Ha sido correctamente programada la ECU “Haltech® Sprint 500”. Posteriormente fue efectuada la respectiva prueba del aumento de potencia.

Se verificó el estado del vehículo Corsa Wind y se pudo apreciar algunas características, entre ellas el desmontaje de algunas partes como: Asientos, sistema de calefacción, techo, piso, recubrimiento de puertas y habitáculo en general. Adicionalmente se verificó que se encuentra provista de dos asientos de competición para piloto y copiloto con cinturones de seguridad de cinco puntos y tacómetro analógico, finalmente una jaula antivuelco en el interior del vehículo para mejorar la seguridad el mismo. Todas estas partes se encontraron en perfecto estado.

### 1.2 Planteamiento del Problema

El vehículo Corsa Wind posee un motor 1400cc de 4 cilindros en línea y 79.3 HP (caballos de fuerza) y tiene modificado su sistema electrónico de inyección. Adicional a esto, el motor del vehículo tiene la posibilidad de ser repotenciado, a más de la gestión electrónica la parte mecánica. Un automóvil estándar como el Corsa Wind tiene la ventaja de poseer múltiples opciones de modificación, adaptación e implementación de piezas y componentes, mejorando los sistemas fundamentales del vehículo para aumentar y aprovechar su eficiencia térmica.

Con eficiencia térmica se hace referencia a un motor de combustión interna que aprovecha la energía calorífica, quemando el combustible, para realizar su trabajo, entonces mientras mejor queme su combustible mejor será su rendimiento. Sin embargo un motor de combustión interna no podrá jamás aprovechar el 100% de eficiencia térmica, es decir, no podrá utilizar todo el calor de la combustión para transformarlo en energía mecánica.

Un motor estándar aprovecha alrededor del 30% de eficiencia térmica para transformarla en motriz, el resto se disipa o se pierde en la atmósfera. El motor del vehículo Corsa Wind puede aumentar ese porcentaje de eficiencia, aprovechando la unidad de control electrónica programable de un 30% a un 60% o 70%. Los motores estándar están diseñados para hasta un límite de potencia, por los componentes que poseen, estos parámetros de fábrica pueden ser alterados, directamente transformando el motor del vehículo y haciéndole una puesta a punto.

### **1.3 Formulación del Problema**

¿Cómo lograr que el motor incremente su potencia modificando sus componentes?

### **1.4 Delimitación Temporal y Espacial**

#### **1.4.1 Temporal**

Este proyecto se llevó a cabo desde el mes de enero de 2015 hasta el mes de julio de 2016.

#### **1.4.2 Espacial**

Este proyecto se llevó a cabo en el taller “Autoservicios Palacios” en la ciudad de Ibarra.

## **1.5 Objetivos**

### **1.5.1 Objetivos Generales**

Repotenciación del Motor del Corsa Wind 1.4 de la Universidad Técnica del Norte.

### **1.5.2 Objetivos Específicos**

1. Investigar las características del motor para ejecutar modificaciones de admisión, escape, y distribución en el vehículo Corsa Wind 1.4 de la Universidad Técnica del Norte.
2. Modificar los componentes del motor.
3. Realizar pruebas de potencia y torque.
4. Comparar los resultados de potencia y torque con el motor modificado y sin modificar.
5. Realizar una simulación matemática con diferentes parámetros del motor Corsa Wind, mediante software.

## **1.6 Justificación**

El vehículo Chevrolet Corsa Wind ha realizado pruebas en un autódromo, es decir; motores con un rendimiento mejorado, implementación de piezas diferentes, adaptaciones, entre otros; en comparación con motores estándar.

Se tiene previsto realizar las modificaciones correspondientes al motor, con lo cual se tiene estimado un incremento de 20 a 25 HP en promedio al motor y una eficiencia que irá del 30 al 60% aproximadamente. Como optimizaciones: Torque y potencia del vehículo, mejora del encendido, de la aceleración y velocidad punta. Con lo cual se va a tener un vehículo al mismo nivel de otros que se dedican a competir. Esto quiere decir que si se requiere utilizar para una competencia, éste va a estar apto para ello.

Las modificaciones de motores estándar son bastante comunes en el parque automotor en el ámbito de las competencias, aplicando diferentes técnicas, adaptaciones e implementando sistemas que van mejorando con el pasar de los

años ya que va de la mano con la tecnología y cada día sorprende más con sus avances que brindan más opciones para mejorar el rendimiento de los vehículos.

## **CAPÍTULO II**

### **2. MARCO TEÓRICO**

#### **2.1 Repotenciación del motor.**

Para la repotenciación de un motor se podría decir que se puede incrementar su velocidad y su potencia sin tener que reemplazar o cambiar ninguno de sus componentes originales. Para que la repotenciación sea un éxito se debe mejorar desde la parte de la armazón hasta la parte eléctrica.

Todas las mejoras que se realizan deben ser explícitamente para poder lograr un incremento de potencia y con un menor consumo de combustible, para llegar a esto se puede usar alteraciones de materiales o armazón. Tomando en cuenta que cada día que pasa la tecnología avanza más y más rápido y con ello se puede encontrar muchas mejoras, las cuales se llegan a probar en las competencias en donde son los vehículos más rápidos los que se encuentran con más adecuaciones y una vez hechas las respectivas pruebas se llegan a poner todas estas repotenciaciones en vehículos en serie para la venta masiva.

Se puede asegurar que con los vehículos estándar o de línea la gente hoy en día no se conforma y siempre están buscando mejorar la tecnología y por ende el material del que están hechos la mayoría de componentes, siempre y cuando tomando muy en cuenta las ventajas y desventajas que podrían acarrear estos cambios.

Es necesario saber que cualquier modificación pensada debe ser muy estudiada y calculada debido que las fábricas o las empresas estudian minuciosamente cada una de las partes a ser reemplazadas o mejoradas para el rendimiento de los vehículos.

## 2.2. Modificaciones básicas

### 2.2.1 Kit de admisión directa

El kit de admisión directa consta en reducir la distancia por la cual viaja el aire, consta de un tubo redondo directo sin la caja donde se ubica el filtro, y consta con un filtro cónico en el inicio.

En la admisión directa para carburador o inyección, elimina el filtro y cajas originales con las cuales se puede llegar a ganar entre 3 a 5 HP con el aumento de paso de aire hacia el interior del motor hace que su reacción mejore considerablemente, con esto se aumenta la potencia pero a la vez aumenta el consumo de gasolina y tiene una vida útil larga ya que estos filtros son lavables. La admisión directa tiene como objetivo el aumento de caudal del aire al motor con una gran uniformidad (Funes, Motores para competición , 2004).

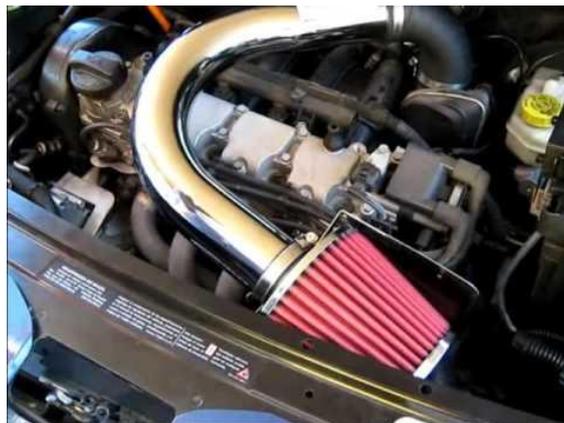


Figura 1. Sistemas de admisión directa de aire con filtro cónico.  
Fuente: (Fox con admisión directa, acelerando (filtro de aire), 2009)

### 2.2.2 Bujías de alto rendimiento

En las bujías se tiene en cuenta que en cuanto mayor sea el número de electrodos la combustión va a ser mucho mejor ya que la chispa se encuentra en más partes en toda la cámara de combustión. Se tiene mucho en cuenta que al aumentar el número de electrodos en 2, 3 o 4 se debe aumentar también la corriente para que las chispas que van a dar las bujías sean idénticas.

Las bujías soportan unos 1000°C en el momento de la explosión y cuando el grado térmico es el inadecuado hace que el motor consuma hasta 4Pts. más de gasolina por kilómetro, aumenta la contaminación del medio ambiente y logra la

corrosión del tubo de escape. Se tiene varias diferencias de conductividad según el material los cuales son los de Níquel, Cobre, Platino, Plata, Iridio. Entre todos estos el mejor material para una gran conductividad es el Iridio (Funes, Motores para competición , 2004).



Figura 2. Bujías de competición.  
Fuente: (Sabariego, 2014).

### 2.2.3 Cables de bujías

Los cables de bujía es un elemento por el cual se genera la chispa necesaria para el correcto encendido y funcionamiento del motor. A través de los cables de bujía es por donde circula la corriente de alto voltaje desde la bobina hacia las bujías.

Cuando no se tiene bobina y son de encendido computarizado el flujo va directamente a través de los cables hacia las bujías, se debe tener mucho cuidado que pueda haber estática electromagnética ya que se corre el riesgo que se pueda alterar equipos y sensores del motor. Se debe tomar en cuenta para un óptimo funcionamiento de los cables se requiere hacer un chequeo cada año y revisión que no tenga fugas ni nada parecido, para saber que no tenga fugas se puede comprobar encendiendo el motor en un lugar oscuro y estar pendientes de algún salto de chispa, esto puede provocar problemas con sensores o la computadora, mayor consumo de combustible por una combustión imperfecta (Armando, 2012).



Figura 3. Cables de bujías.  
Fuente: (Arroyo, 2014).

#### **2.2.4 Aditivos**

En aditivos se encuentran varios tipos los cuales pueden ser entre aditivos para gasolina, diésel y motor. Los aditivos para el motor ayudan para la lubricación de las piezas tanto fijas como móviles creando una película delgada la cual logra la prolongación de la vida útil del material y la protección del metal.

Cuando el vehículo está apagado los aditivos se quedan impregnados en las piezas móviles del motor para que nunca estén expuestas y se pueda producir un rozamiento de metal con metal lo cual puede causar el desgaste prematuro de los componentes del motor (bardahl, 2015).



Figura 4. Mejorador de octanaje de gasolina / Optimizador de lubricante de motor.  
Fuente: (Antonio, 2014).

#### **2.2.5 Centralitas electrónicas**

Las centralitas electrónicas o también llamadas unidades de control o actuadores se encuentran distribuidas en todo el vehículo cada una de estas centralitas cumplen una parte específica en el vehículo y tienen una gran cantidad de información.

Se tiene ECU programable y no programables, las programables se ajustan mejor al desempeño debido que se pueden regular el avance de encendido, la presión del turbo y más debido a los sensores y actuadores que se encuentran en el vehículo.

Cuando se programa el sistema de inyección se puede controlar la distribución del combustible en los inyectores que sirven para un mejor rendimiento del motor. Estas computadoras electrónicas tienen conexiones USB y las cuales se pueden controlar y cambiar con un PC. Estas ECU tienen calibraciones básicas de fábrica que ayudan a establecer el régimen del encendido del motor (actualidadmotor, 2012).



Figura 5. Computadora programable Haltech Sprint 500  
Fuente: (HALTECH, Computadora programable, 2012).



Figura 6. ECU no programable.  
Fuente: (HALTECH, Computadora programable, 2012).

### **Ventajas.**

Se obtiene un control preciso del punto de encendido. Se puede rastrear el punto de encendido, siempre logrando la máxima potencia. Se puede registrar el funcionamiento en tiempo real ya que se puede conectar a una laptop mientras el vehículo está en funcionamiento.

La ECU controla simultáneamente mapas de encendido e inyección que permiten mejorar la combustión del motor, logrando una alta eficiencia térmica. En el mundo de las carreras automovilísticas los sistemas de inyección programables han ido evolucionando impresionantemente, en la actualidad existe gran variedad de sistemas. (actualidadmotor, 2012).

### **2.2.6 Evacuación de gases de escape directa**

Los tubos de escape tienen como objetivo evacuar los gases de combustión o de escape lo más rápidamente posible, si se tiene una línea de escape que sea de 4 a 1 y una supresión de catalizador se va a aumentar el porcentaje de gases de escape evacuados y por ellos se podrá comenzar el siguiente ciclo de manera más rápida.

El múltiple de escape de cierta forma vendría a ser una prolongación de los conductos de la tapa, y se ha modificado la tapa, en lo que se refiere a válvulas diámetros y reglajes del árbol de levas se tendrá que tomar muy en cuenta que el nuevo escape cumpla con los requerimientos de rendimiento establecido.

Lograr un sistema de escapes para un motor no es muy fácil ya que se ha cambiado en su totalidad los parámetros de fábrica, se puede conseguir una aceleración para un régimen determinado pero se pierde velocidad o también se podría tener una buena velocidad pero poca aceleración (Funes, Motores para competición , 2004).



Figura 7. Despiece de sistema de evacuación de gases independiente.  
Fuente: (kanijo525, 2011).

## 2.3 Modificaciones técnicas

### 2.3.1 Modificación de la culata

Por procedimiento de maquinado, se puede: Rebajar la superficie de la culata. Primero se procede a limpiar por completo la culata en una piscina con ácido para retirar todo el óxido que pueda haber, después se monta en la máquina de maquinado y se procede al cepillado para rebajar la altura de la culata. Se puede montar pistones más altos a fin que sobresalgan del nivel del bloque. El objetivo de todo esto es aumentar la relación de compresión, con más compresión, más potencia en el motor. Se puede trabajar en cámaras que no sean esféricas ya que éstas poseen la forma más adecuada, eliminan los puntos calientes o aristas que es la mezcla comprimida con más fuerza en estos puntos provocando inflamación anticipada y el autoencendido o picado (Funes, Motores para competición , 2004).



Figura 8. Rectificado de la culata por proceso de maquinado.  
Fuente: (Mora, 2004).

### 2.3.2 Válvulas

Las válvulas tienen un funcionamiento simple el cual es de abrir y cerrar los conductos de admisión y escape. En el proceso de llenado de los cilindros la válvula como el casquillo cumple una función importante. En los motores de competición generalmente para las válvulas se comienzan con elementos ya diseñados, el diámetro de la alzada y número de válvulas dependerán de las prestaciones que pretenda con el motor.

Lo que se trata de conseguir con las válvulas es que el motor respire mejor y así tener un buen llenado de los cilindros. La velocidad del gas por la válvula tiene

que estar entre 95 m/s a 105 m/s, la velocidad media no debe pasar los 3,5 m/s, la alzada tiene que estar entre un 25% al 30% del diámetro de la misma (Funes, Motores para competicion , 2004).

Las holguras entre el vástago y su guía, así como las deformaciones del primero, se comprueban por medio de un comparador, cuyo palpado se pone en contacto con la periferia de la cabeza estando la válvula montada en su alojamiento. Una vez hecho esto se hace girar la válvula sobre su eje, observando si existen desviaciones de la aguja del comparador (Carlos Patricio, 2010).

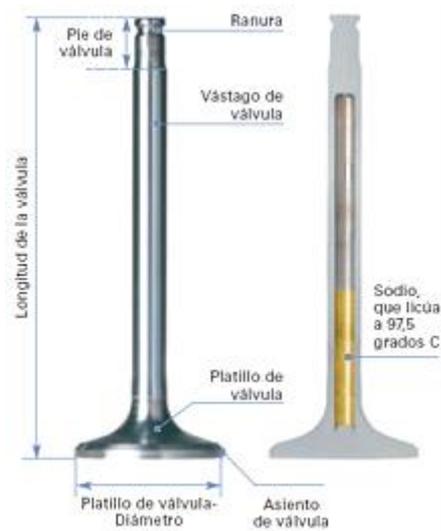


Figura 9. Válvulas de hierro cementado  
Fuente: (Meganeboy, 2014)

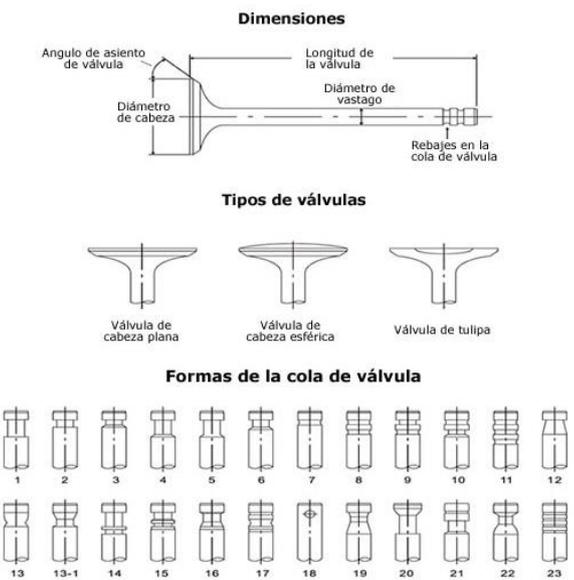


Figura 10. Tipos de válvulas cementadas.  
Fuente: (Meganeboy, 2014).

### 2.3.3 Sistema de distribución

Las levas son responsables en gran mayoría del rendimiento del motor, estas ayudan a determinar el número de revoluciones se tiene varios tipos de levas las cuales son:

- Tipo Circular: Las válvulas abren y cierran a velocidad moderada.
- Tipo Tangencial: Las válvulas abren con mayor aceleración.
- Tipo aceleración constante: Las válvulas se abren y cierran acelerando uniformemente (Dr.Croxwell, 2004).



Figura 11. Levas.

Fuente: (Dr.Croxwell, 2004)

### 2.3.4 Resortes de válvulas

El objetivo de los resortes de válvulas es cerrar las válvulas y mantenerlas presionadas en su asiento. La mínima carga tiene lugar cuando estas se encuentran cerradas. La depresión producida dentro del cilindro actúa sobre la válvula y tiende a separarlas de sus asientos. La presión de depresión es de 1,2 a 1,5 kg/cm<sup>2</sup> y el tiempo necesario para que la válvula cierre debe ser menor que el necesario para hacer girar el árbol de levas en el periodo correspondiente. Si se modifica o se cambia las levas es indispensable cambiar los resortes de válvulas para que no “floten” a altas revoluciones (Funes, Motores para competición , 2004).

El material empleado en la fabricación de muelles es acero de alta calidad con una gran resistencia a la torsión y un elevado módulo de elasticidad. La carga máxima y mínima que debe tener un resorte se calcula en función de la cilindrada unitaria del motor y del régimen máximo de funcionamiento (Meganeboy, 2014).

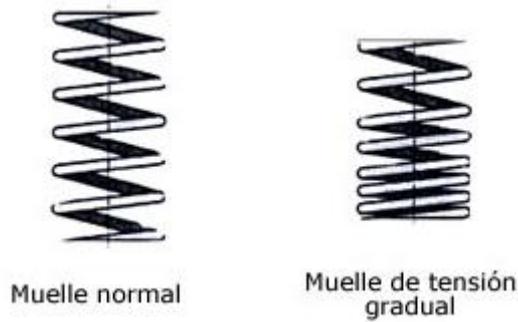


Figura 12. Resortes de válvulas de competición.  
Fuente: (Meganeboy, 2014).

### 2.3.5 Retenes

Retenes de válvulas se utilizan para evitar el paso del aceite del motor que lubrica los resortes y barras de balancines estos retenes evitan que el aceite entre en la cámara de combustión y cuando esto pasa hay que reemplazar los retenes para evitar que el vehículo bote humo blanco por el escape.

Al igual que los resortes de válvulas, son indispensables para altas revoluciones por su mayor resistencia y menos peso que los retenes originales, los mejores son los de Titanio (Funes, Motores para competición, 2004).

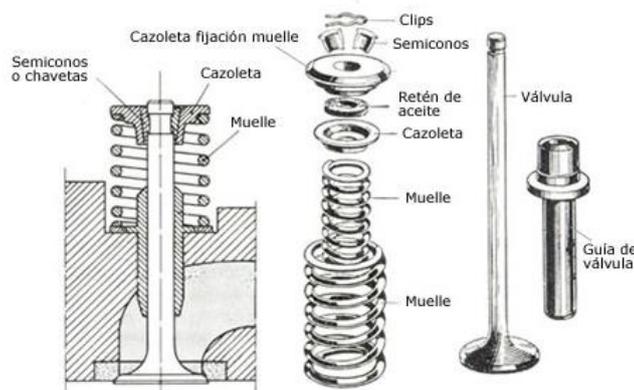


Figura 13. Resortes, propulsores retenes y sellos de válvulas de competición.  
Fuente: (Meganeboy, 2014).

### 2.3.6 Trucaje de pistones

Los pistones aparentemente son piezas simples y sencillas, pero es una de las piezas móviles que requiere más estudios. Los pistones cumplen con tres funciones las cuales son hacer pares móviles en el cilindro, transmitir la fuerza generada y no permitir que los gases de combustión se transmitan al cárter.

En la cabeza del pistón se encuentran mecanizadas ranuras para la ubicación de los rines para que se obtenga un sello hermético en la cámara de combustión. También se encuentran mecanizadas la cabeza del pistón de tal manera que al momento de la inyección el pistón fabrique un torbellino dentro del cilindro para poder tener un mejor llenado en la cámara de combustión.

También se puede hacer un trucaje alivianando peso al pistón creando orificios en la falda del mismo para poder ganar más rapidez desde el PMI al PMS esto se crea sin afectar el balance del mismo (mecanicoautomotriz, 2016).



Figura 14. Pistones alivianados.  
Fuente: (Marcelo, 2007).

### 2.3.7 Segmentos de pistón

Los segmentos a emplear a la hora de trucar un motor, deben ser de fundición centrifugada con gran coeficiente elástico a fin que presente un gran poder de adaptación en todos sus puntos de contacto con el diámetro interno del cilindro. Deben ser cromados en la superficie de roce para reducir el desgaste de los cilindros y el frenado de los émbolos.

Se tiene 3 tipos distintos de rines o segmentos de pistón los cuales son el anillo de fuego el cual es el que debe resistir toda la presión ejercida por la combustión, anillo de compresión este tiene un bisel en el diámetro interno, provoca la torsión de acción y ayuda a sellar y el anillo de control de aceite evita la transferencia del aceite.



Figura 15. Rines o segmentos de un émbolo.

### 2.3.8 Modificación cigüeñal

El cigüeñal es el eje principal del motor y obtiene por medio de la biela toda la fuerza generada en los cilindros, transforma el movimiento alternativo o lineal en movimiento circular. Para poder hacer cualquier modificación en el mismo hay que conocer los esfuerzos de torsión y de flexión este va creciendo mientras mayor es a medida que se incrementa el régimen de RPM y la relación de compresión.

Las únicas mejoras que se puede efectuar en este elemento son las siguientes: Reducción de peso en los contrapesos, equilibrado estático y dinámico, rectificando de las superficies de rodadura, endurecido de las muñequillas y cuellos (Funes, Motores para competición , 2004).

El cigüeñal es la pieza del vehículo entre las que tienen movimiento que gira a mayor velocidad y pesa más, no obstante está proyectado para durar sin ser reparado tanto como el automóvil (Carlos Patricio, 2010).



Figura 16. Cigüeñal alivianado de competición

### 2.3.9 Trucaje del volante de inercia

El volante del motor cumple un rol muy importante. Se sabe que una de cada cuatro carreras del ciclo produce trabajo, el objetivo del volante es almacenar la energía para luego devolverla en los tiempos muertos los cuales son en los tiempos de admisión, compresión y escape.

El trucaje del volante se puede hacer alivianando el peso con orificios pero siempre tomando en cuenta que cada orificio extra que se haga tiene que ser en lugares específicos que no dañen o comprometan el trabajo que va a desempeñar el volante (Funes, Motores para competicion , 2004).



Figura 17. Volante de motor alivianado  
Fuente: (Santiago, 2007)

### 2.3.10 Poleas de accesorios

Las poleas de accesorios cumplen la función de usar la energía del motor para cargar la batería, el aire acondicionado, entre otros. Se coloca para un vehículo de competencia poleas de aluminio y más grandes que las originales esto es lo que ayuda que consuman menos potencia del motor.

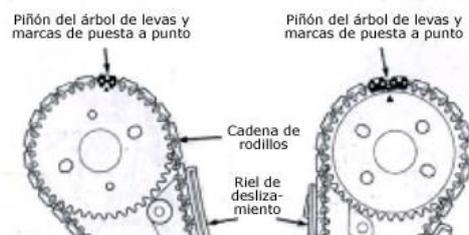


Figura 18. Poleas de twin cam  
Fuente: (Meganeboy, 2014)

### 2.3.11 Cojinetes de biela y bancada

Los cojinetes son en forma de media luna en donde trabajan la bancada del cigüeñal y los muñones de la biela, estos cojinetes nunca tienen contacto con el cigüeñal directamente metal con metal ya que entre ellas existe una cuña hidrodinámica lo cual significa que hay una película de aceite que soporta la carga de funcionamiento.

El material del que están hechos los cojinetes es de cobre con un recubrimiento llamado babbitt el cual tiene la característica de poder absorber el aceite o el lubricante y mantiene una película entre la superficie del cigüeñal y el metal (Funes, Motores para competición , 2004).



Figura 19. Cojinete de biela

### 2.3.12 Radiador de aceite

Mejora de lubricación y retención de aceite. Aumento de la lubricación, al aumentar la potencia y el número de revoluciones al transformar un motor, se aumenta su temperatura y desgaste esto obliga a mejorar el caudal del aceite a efectos de proporcionar a todos los elementos en movimiento una película de aceite fresco (radiador de aceite) y limpio que los proteja del desgaste y agarrotamiento.



Figura 20. Intercooler o radiador de aceite  
Fuente: (JordiVR6, 2010)

### **2.3.13 Recuperador de Aceite**

En autos con turbo o potenciados es frecuente que por la manguera de salida de gases elimine aceite, con los recuperadores de aceite se evita que este aceite usado se derrame en el piso.

El radiador de aceite tiene una forma y un sistema más reducido que el original de un motor el cual tiene como su función principal el de mantener el aceite en una temperatura constante y con un suministro óptimo. Esto quiere decir, que con temperaturas más reducidas el aceite se extiende su vida útil y a la vez la transmisión y el motor. El radiador de aceite cumple un gran trabajo en el vehículo para un buen funcionamiento por su disipación de calor.

Se puede tener muchos inconvenientes en el momento que el aceite no pueda disipar el calor de una manera eficaz. Y por esto es que el aceite deja de cumplir su función la cual es la de lubricar y enfriar las partes fijas y móviles del motor y pierde sus propiedades. El aceite caliente, calienta los tubos y estos a su vez calientan al aire o el agua, de este modo el aire o el agua se llevan el calor del aceite a la atmósfera o al radiador de agua del circuito de refrigeración. Para mejorar la eficiencia en el intercambio de calor entre el aceite, el agua o el aire, sobre los tubos metálicos se colocan unas aletas, también metálicas (Tilkiev, 2013).



Figura 21. Recuperador de aceite de competición  
Fuente: (Tilkiev, 2013)

### **2.3.14 Modificación Admisión**

En esta parte no se puede realizar ninguna modificación debido que las originales o las que se compara para estos casos son suficientes y no se requiere de mayor modificación.



Figura 22. Sistema mejorado de admisión tipo R  
Fuente: (Cano, 2016)

### 2.3.15 Sistema de encendido

El sistema de encendido o bobinas independientes se encuentran ubicadas sobre las bujías, estos sistemas de encendido se pueden encontrar en dos formas; en encendido independiente y encendido simultáneo.

Encendido independiente: Esto quiere decir que se usa bobina por cada cilindro y ya no se usa cables de bujías. Encendido simultáneo: En este tipo se usan una bobina cada dos cilindros lo cual quiere decir que genera una chispa simultánea en ambos cilindros a la vez (meganeboy, 2014).



Figura 23. Bobina independiente  
Fuente: (Bosch, 2012)

### 2.3.16 Sobrealimentación

Sobrealimentación de motores. Con estos elementos se forzarán la entrada de aire en los cilindros aumentando por consiguiente, la respiración y el rendimiento volumétrico, lo cual equivale a un aumento de cilindrada. Para conseguir este

objeto la relación de compresión de estos motores no debe ser aumentada, sino reducida puesto que al ser mayor el volumen de mezcla aire combustible precisa de mayor espacio en la cámara.



Figura 24. Motor twin turbo  
Fuente: (Franco, 2008)

### 2.3.17 Sistema de evacuación de gases de escape (Header)

El header es el sistema en el cual el escape de los gases del motor no se cruzan ni se desfogan en el mismo múltiple como son los sistemas convencionales, en el header se tiene tubos de escape para cada cilindro, y la salida independiente de los gases de escape en el orden de encendido respectivo, sin el acumulamiento de los gases de escape se obtiene una mayor eficiencia al dar rápido desahogo al motor por el aumento de velocidad de evacuación de los gases.



Figura 25. Header. Sistema de colector de gases de escape.



Figura 26. Header de 4 cilindros.  
Fuente: (Arroyo, 2014)

## **Glosario de términos**

### **Babbitt (metal de cojinete)**

Recubrimiento de cobre, el cual tiene la característica de poder absorber el aceite o el lubricante y mantiene una película entre la superficie del cigüeñal y el metal.

### **CKP**

Siglas correspondientes a crank shaft position o en español posición del cigüeñal, se refiere al sensor que determina su posición.

### **CMP**

Siglas correspondientes a CamShaft Position, se refiere al sensor de posición del árbol de levas.

### **Dinamómetro**

Máquina de pruebas a base de rodillos donde se asienta el eje motriz de un vehículo, las ruedas transmiten el movimiento a los rodillos y a través de un software se determina la potencia de las mismas.

## **DIS**

Siglas correspondientes a Direct Ignition System, sistema de distribución de corriente a las bujías, sin la utilización de distribuidor mecánico.

## **DOHC**

Siglas de Double Over Head Camshaft que indica que un motor dispone de una distribución con doble árbol de levas en la culata. Uno actúa sobre las válvulas de admisión y otro sobre las válvulas de escape. Esta configuración se utiliza en los motores dotados de cuatro válvulas por cilindro.

## **DOT**

La elección de los líquidos de frenos está clasificado con un número DOT, acrónimo de "Department Of Transportation", entidad que reúne un conjunto de oficinas y agencias gubernamentales norteamericanas con el objetivo de salvaguardar la seguridad de cualquier medio de transporte.

## **ECU**

La unidad de control de motor o ECU (sigla en inglés de engine control unit) es una unidad de control electrónico que administra varios aspectos de la operación de combustión interna del motor.

## **Header (término de competición)**

Sistema de tubos de escape de gases del motor independientes a cada cilindro.

## **IGF**

La señal IGF es usada por el ECM para determinar si el sistema de encendido está funcionando.

## **IGT**

La señal de IGT (ignition timing) es una señal de voltaje que enciende / apaga el transistor principal en el módulo de encendido.

## **ITB**

Individual throttle body, prácticamente un canal abierto a la atmósfera desde el motor para cada cilindro de manera independiente.

## **LabView™**

Es una plataforma y entorno de desarrollo para diseñar sistemas, con un lenguaje de programación visual gráfico. Recomendado para sistemas hardware y software de pruebas, control y diseño, simulado o real y embebido, pues acelera la productividad.

## **Octanos**

Porcentaje de octano que contiene la gasolina. Es una escala que mide la capacidad antidetonante del carburante (como la gasolina) cuando se comprime dentro del cilindro de un motor.

## **RPM**

Una revolución por minuto es una unidad de frecuencia que se usa también para expresar velocidad angular. En este contexto, se indica el número de rotaciones completadas cada minuto por un cuerpo que gira alrededor de un eje.

## **SOHC**

Siglas de Single Over Head Camshaft que se utiliza para denominar a los motores que tienen un único árbol de levas colocado en la culata.

## **Torx**

Es la marca de un tipo de cabeza de tornillo caracterizado por una forma estrellada de 6 puntas. Fue desarrollado por Textron Fastening Systems.

## **Turbulencia (combustión)**

Es la manera en la cual la mezcla se mueve dentro de la cámara de combustión con mejor turbulencia se obtiene mejor combustión.

## **Twin cam**

Hace referencia al sistema DOHC pero con la diferencia que ambas barras o árboles de levas pertenecientes a la culata son gemelos o idénticos.

## **VVT-I**

Sincronización variable de válvula inteligente, es una tecnología variable de la sincronización de la válvula del automóvil desarrollada por Toyota.

## **CAPÍTULO III**

### **3. METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN**

#### **3.1 Tipo de investigación**

##### **3.1.1 Investigación Bibliográfica.**

El proyecto es de investigación bibliográfica, porque se fundamenta en información de tipo bibliográfico tales como guías de montaje de piezas, manuales técnicos, información de repotenciación de motores, guía de programación Haltech, guías de programación de datos numéricos, entre otras, todo esto con el fin de alcanzar los objetivos planteados.

##### **3.1.2 Investigación Tecnológica.**

Este proyecto es de investigación tecnológica, se conseguirá datos de cómo realizar pruebas de potencia al vehículo, comparaciones con el estado actual, hasta qué punto se puede llegar a mejorar el motor de acuerdo con las leyes y normas que rigen en nuestro país.

#### **3.2 Métodos de investigación**

Para este tipo de investigación, se puede afirmar que se utilizará los siguientes métodos teóricos y prácticos.

##### **3.2.1 Pruebas de funcionamiento.**

Se realizarán varias pruebas de funcionamiento del vehículo, principalmente la prueba en un dinamómetro, una vez hechas las modificaciones en el motor, para obtener resultados de nuestro trabajo.

Adaptaciones tales como la optimización en el motor, adaptando los siguientes componentes: La culata del Corsa se reemplazará con la culata de un Chevrolet Aveo doble árbol de levas y 16 válvulas y se preparará con apertura de toberas y el cepillado de la base para la reducción del volumen de la cámara de

combustión, el sistema de admisión de combustible estándar del Corsa de inyección semi-secuencial, se programará para que funcione de manera secuencial, se va a implementar el sistema de admisión de aire ITB, se implementará el sistema de escape adaptado a la nueva culata con desfogue independiente de gases (header), serán reemplazados los pistones originales por pistones de mayor diámetro, se implementará un sistema de bobinas independientes para las bujías, se implementará el sistema Twin Cam, quiere decir, dos árboles de levas idénticos para abrir un total de 16 válvulas y se reemplazará el cigüeñal estándar con un cigüeñal nuevo que funcione eficientemente con los componentes que se han optimizado.

### **3.2.2 Método analítico sintético**

Este método servirá para desarrollar el marco teórico del proyecto, permitirá que se procese la información al momento de elaborar resúmenes, análisis, comparaciones de la información, extracción de aspectos importantes correspondientes al tema.

## **3.3 Técnicas e instrumentos**

### **3.3.1 Técnicas para incrementar la potencia de un motor**

#### **Aumentar la cilindrada**

Para esto hay dos caminos, o se agranda el diámetro del cilindro o se modifica el cigüeñal para darle mayor carrera. No se contempla aumentar el número de cilindros porque es bastante complicado. Al alargar la carrera se consigue mayor torque pero se disminuye el régimen de revoluciones máximas que se pueda girar. Es usual tomar como límite casi infranqueable la velocidad de 20 m/s a 21 m/s, para la velocidad media máxima de pistón, esto no quiere decir que no pueda girar más deprisa, quiere decir que si se mantiene por mucho tiempo, se va a romper. Otro inconveniente con la carrera es el hecho de tener que modificar las bielas, si se utiliza bielas más cortas aumenta la velocidad "instantánea" del pistón lo que desde todo punto de vista es inconveniente. (Las bielas tienen un movimiento complejo, 1/3 parte tiene movimiento alternativo y 2/3 partes movimiento de rotación. Mientras más cortas su situación es más crítica. Al

contemplar agrandar los cilindros se debe tener presente un mayor peso del pistón, y una superficie de rozamiento también mayor, lo que en principio atenta contra el rendimiento mecánico del motor. Se consigue mejor desempeño así la cilindrada obtenida sea la misma, por el segundo camino que por el primero. Ejemplo: Se tiene un motor de  $D_c = 80 \text{ mm}$   $C = 50 \text{ mm}$  (4 cil.), se quiere agrandar los cilindros a  $D_c = 88 \text{ mm}$  ¿Qué aumento de cilindrada se consigue? En el caso inicial es de  $1005,3 \text{ cm}^3$  y se lleva a  $1216,4 \text{ cm}^3$  (aumento  $211,13 \text{ cm}^3$ ) Las RPM máx. Que podría girar sería de  $12600 \text{ RPM}$  para lograr la misma cilindrada manteniendo el cilindro original, la carrera tendría que ser de  $60,5 \text{ mm}$  y las RPM máx. Serían de  $10500 \text{ rpm}$ . (Disminuyeron 2100 vueltas) Aquí se cumple una regla de oro de la mecánica que dice, lo que se gana en fuerza, se pierde en velocidad. Al tener cilindros más grandes se puede lograr una mejor alimentación sin sacrificar las RPM. Por otro lado, es más viable realizar ya que no hay que hacer grandes modificaciones en el motor.

### **Mejorar la eficiencia volumétrica**

- a. Contemplar el uso de un sistema de inyección electrónica de combustible para competición.
- b. Modificar el múltiple de admisión.
- c. Trabajar en la tapa de cilindros, conductos, válvulas, casquillos, cámara de combustión.
- d. Modificar el árbol de levas (cambiando los tiempos de apertura y cierre de las válvulas)
- e. Rediseñar el sistema de escape para lograr un mejor barrido de los gases producto de la combustión incluido el múltiple.
- f. Trabajar en el filtro de aire tratando que ofrezca la menor resistencia posible al paso del aire.

### **Mejorar la eficiencia térmica**

- a. Aumentar la relación de compresión (quemar un combustible en un espacio más reducido lo que aumenta la agitación molecular generando más presión).
- b. Eliminar puntos calientes que puedan ocasionar el fenómeno de autoencendido y detonación.
- c. Trabajar sobre el sistema de encendido

### **Mejorar el rendimiento mecánico**

Tiene que ver con la energía que se gasta para mover todos los mecanismos, aquí juega un papel fundamental el gran enemigo de la mecánica que es el rozamiento.

- a. Balancear y equilibrar los órganos de movimiento alternativo y de rotación.

### **Elevar el régimen de revoluciones**

- a. Alivianar piezas de movimiento alternativo y de rotación (Funes, 2004)

## CAPÍTULO IV

### 4. PROPUESTA

#### 4.1 Fundamentación tecnológica del problema

Se ha elaborado una guía práctica paso a paso para la repotenciación de un motor de combustión interna a gasolina de 4 cilindros y 16 válvulas que permita desarrollar con éxito el desmontaje, montaje y modificación de partes elementales para mejorar la eficiencia del motor.

Se han considerado como elementos importantes; no sólo por su perfecta adaptación, sino también porque estos elementos se rigen a especificaciones del fabricante; los elementos a continuación mencionados:

- a. Montaje de la culata adaptada al bloque de cilindros del motor del Corsa Wind 1.4L: Este elemento al poseer sistema ITB, sistema nuevo de admisión, inyectores de competición nuevos, doble árbol de levas, 16 válvulas; proporciona al motor un crecimiento considerable en lo que corresponde al sistema de alimentación tanto de aire en el ITB, como de combustible, gracias a la inyección semi-secuencial gestionada por la computadora programable Haltech, el regulador de presión y la sonda lambda que permite que se suministre la mezcla perfecta de aire-combustible.
- b. El header ha de cumplir la correcta evacuación de gases, más oportuna que un sistema de escape convencional, éste canaliza de mejor manera los gases de cada válvula de escape, hasta la atmósfera en el tiempo de escape del ciclo otto, y así con el desfogue y disminución de presión y temperatura permita un nuevo ciclo, el de admisión.
- c. El sistema de encendido mejora con la implementación del sistema DIS independiente, posee una bobina para cada elemento de encendido, la bujía se alimentará de cada bobina, y así producir mejor calidad de chispa.
- d. El cigüeñal al poseer mayor contrapeso proporciona mayor caída en el régimen de giro, así los pistones realizarán sus ciclos con mayor velocidad, así mismo posee mejor resistencia mecánica.

## 4.2 Diagnóstico del vehículo Corsa Wind

Tabla 1. Datos técnicos del vehículo

<b>DATOS TÉCNICOS DEL VEHÍCULO PRE-REPOTENCIADO</b>	
<b>ESPECIFICACIONES GENERALES</b>	
Marca	Chevrolet Corsa Wind
No. Cilindros	4
Distribución	SOHC
Cilindrada	1389 cc
Relación de compresión	1:9.5
Octanaje	95 octanos
Potencia	79.3 hp
Torque	100.6Nm@6000rpm
Velocidad Máxima	179 km/h
<b>a) MOTOR</b>	
Tipo	Delantero Transversal
Tracción	Delantera
Grado viscosidad aceite motor	20W50
Cantidad de litros del motor	3.25
Grado de viscosidad aceite caja	70W90
Cantidad en litros de la caja	1.6
<b>b) ENCENDIDO</b>	
Tipo	DIS
Orden de encendido	1-3-4-2
Bobina de encendido	AC DELCO
Resistencia	4700 ohm
<b>c) COMBUSTIBLE</b>	
Tipo	MPFI
Inyección	Multipunto
Presión	3.6-4 bar
Consumo en ciudad	5.2 km/L
Capacidad del depósito	44 L
<b>d) DIMENSIONES</b>	
Largo	3770 mm

Ancho	1570 mm
Alto	1420 mm
Peso	845 kg
Distancia entre ejes	2640 mm
<b>e) SUSPENSIÓN Y FRENOS</b>	
Suspensión delantera	Mc Phearson
Suspensión trasera	Semi-independiente
Frenos delanteros	Discos
Frenos traseros	Tambores
Líquido de frenos	DOT 4
Cantidad de líquido de frenos en litros	0.5

Fuente: (Puentestar O, 2014)

En esta tabla se puede encontrar los datos técnicos del Corsa Wind 1.4 antes de repotenciarlo o a su vez se podría decir estándar. En la sección a) se puede encontrar las especificaciones generales del vehículo entre las cuales están; Marca, número de cilindros, distribución, cilindrada, relación de compresión, octanaje, potencia, torque, velocidad máxima.

En el literal b) se puede encontrar las características del motor las cuales se tiene estas: Motor delantero transversal, tracción delantera, grado de aceite, cantidad en litros del motor, grado de aceite de caja, cantidad en litros de la caja, líquido de frenos tipo, cantidad en litros líquido de frenos.

En la sección c) se encuentra la parte del sistema de encendido las cuales son sistema de encendido, orden de encendido, bobina de encendido, resistencia.

En el literal d) el sistema de combustible y sus características las cuales son: sistema de combustible, inyección de combustible multipunto, presión de combustible, consumo en la ciudad, tanque de combustible. En la sección e) se encuentra las dimensiones estándar del vehículo como son: largo, ancho, alto, peso, distancia entre ejes. En el literal f) los sistemas de suspensión y frenos las cuales son: suspensión delantera, suspensión trasera, frenos delanteros, frenos traseros.

### 4.3 Desmontaje del motor:

Previamente al proceso de desmontaje del motor, cabe aclarar que no se ha realizado ninguna prueba al motor, ya que este proyecto toma como base los parámetros de diagnóstico del motor del trabajo de grado “Implementación de un sistema de inyección programable en el motor de un vehículo Chevrolet Corsa Wind 1.4”, de Puentestar O, Pozo M. (2014) (tesis de Ingeniería en Mantenimiento Automotriz). Universidad Técnica del Norte. Ibarra, Ecuador.

#### 4.3.1 Desmontaje de tapa-válvulas

Para iniciar se afloja los 8 pernos con un destornillador T-27 para retirar del tapa válvulas, estos están ajustados con un torque de 25-30 Nm. Una vez retirado los pernos se hace una revisión del empaque que esté en un buen estado, esto implica que el material no esté roto, rasgado o con desgaste, cualquier anomalía que elimine el cierre hermético que debe existir en éste; para no ser reemplazado, este empaque esta hecho de caucho.



Figura 27. Desmontaje tapa válvulas

#### 4.3.2 Desmontaje de banda de distribución y templador

Se debe tener en cuenta que no interrumpen elementos ajenos al área a trabajar, en éste caso la distribución, de forma que sea posible acceder a la correa y a ambas ruedas dentadas.

El número de elementos a desmontar varía mucho de un motor a otro, y en ocasiones incluye algunos del circuito de refrigeración, soportes de motor, entre

otros También es habitual tener que desmontar las poleas y la correa para el accionamiento de órganos auxiliares del motor.

Posteriormente, se debe proceder a posicionar adecuadamente las ruedas dentadas mediante un útil, o bien desplazando ligeramente el vehículo con una marcha larga insertada, según el caso existen diferentes sistemas para asegurar dicho posicionamiento. Generalmente, ambas ruedas disponen de marcas o referencias que han de coincidir simultáneamente. Otras formas de asegurar la posición, es mediante la utilización de pasadores o útiles de enclavamiento que actúan sobre las propias ruedas, sobre el árbol de levas e incluso, sobre el volante motor.



Figura 28. Fijación de las ruedas dentadas  
Fuente: (Villar, 2007)

Una vez posicionadas las ruedas, se debe actuar sobre el mecanismo tensor de forma que libere a la correa y sea posible su extracción. En caso de tener que girar el árbol de levas, el cigüeñal no puede estar en el PMS para evitar interferencias en el recorrido de las válvulas. La colocación de la correa nueva se realiza tras ejecutar una limpieza de la zona y de haber revisado que los rodillos derivadores y tensores están en correcto estado. Si se repone la correa usada, debe montarse de forma que gire en el mismo sentido que antes, habiendo comprobado antes que no presente aspectos como fisuras, roturas en el dentado, manchas de aceite o grasa, entre otros.



Figura 29. Sustitución de la correa dentada  
Fuente: (Villar, 2007)

El proceso de montaje se realiza en orden inverso, comenzando por la correcta regulación o colocación del tensor. Se debe verificar de nuevo la tensión tras dar dos vueltas completas al motor. Para esto, se emplean útiles específicos y como norma general, puede ser posible girar la correa 90° en el tramo más largo y con la mano. El procedimiento es similar en el caso que el sistema de distribución sea arrastrado por cadena o por ruedas dentadas. En ambos casos, las ruedas disponen de marcas que permiten el correcto posicionado de las mismas. En las intervenciones mencionadas, es imprescindible aplicar las normas de seguridad, entre las que destacan la desconexión de la batería y el empleo de las herramientas y útiles adecuados (Villar, 2007).



Figura 30. Tensor automático con marca de referencia  
Fuente: (Villar, 2007)

Para desmontar la banda de distribución se procede a aflojar dos tornillos T-15, después el perno del templador con una llave mixta  $\frac{3}{4}$ , la banda pierde tensión y se retira.



Figura 31. Desmontaje polea árbol de levas, banda y templador

#### **4.3.3 Desmontaje de distribuidor de encendido DIS,**

Para este desmontaje se procede a desconectar los cables de bujías, y con un dado retirar las bujías, una palanca de fuerza y un aumento largo mando  $\frac{1}{2}$  el cual puede ser 21mm (13/16) o 19mm (3/4) y a aflojar las bujías.



Figura 32. Desmontaje del distribuidor de encendido

#### **4.3.4 Desmontaje CKP.**

Para el desmontaje de éste se necesita un desarmador torx o llave torx número 10, y tan solo se afloja los pernos y se retira con mucho cuidado el sensor CKP.

#### **4.3.5 Desmontaje de cable de acelerador.**

Para el desmontaje del cable del acelerador se debe ubicar en el cuerpo de aceleración del vehículo, se acelera y desengancha el cable.

#### **4.3.6 Desmontaje de colector de admisión, depurador/filtro, cuerpo de aceleración, flauta de inyectores**

Se desconectan todos los sensores que obstaculicen el correcto desmontaje. Para el desmontaje de esto se debe tener mucho cuidado con la flauta de inyectores ya que esta está sujeta con seguros que son muy frágiles, se tiene que hacer presión y halar. Se debe aflojar dos pernos T-27 con un aumento mando  $\frac{1}{2}$  y una media vuelta, en el cual se encuentra sujeta la flauta de inyección.

El tubo de depuración de aire y filtro está sujeto al cuerpo de admisión, el cual se retira aflojando una abrazadera.



Figura 33. Desmontaje del sistema de admisión

#### **4.3.7 Desmontaje balancines**

Los balancines están sobrepuestos en la culata a estos se procede a retirar sin tener que aflojar ningún perno.



Figura 34. Desmontaje de balancines

#### 4.3.8 Desmontaje de colector de escape

Para el desmontaje se toma en cuenta que está ubicado en la culata y por eso mismo se desmonta primero la parte de abajo del colector de escape y después la parte que está ubicado en la culata. Con una llave de ½ pulgada se retiran 8 pernos.

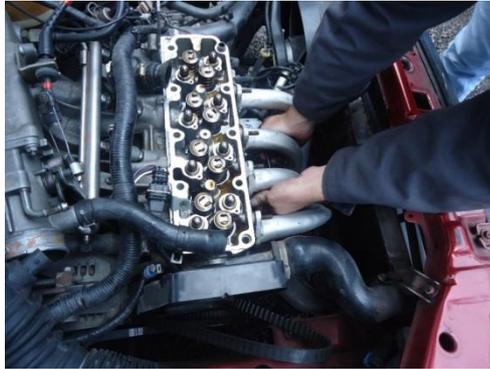


Figura 35. Desmontaje del sistema Header

#### 4.3.9 Desmontaje árbol de levas

El desmontaje del árbol de levas exige normalmente desmontar previamente, tanto la correa dentada o cadena, como las ruedas dentadas. El acceso al mismo es posible retirando la tapa de la culata y los componentes fijados a ella.

El árbol de levas puede estar fijado por la propia tapa, por lo que se ha de tomar la precaución de identificar la función de cada tornillo. Los que fijan el árbol se han de aflojar con el orden adecuado: Se comienza por los extremos y se realiza de forma alternada, de manera que los últimos tornillos en aflojar sean los centrales.



Figura 36. Desapriete de tornillos de fijación  
Fuente: (Villar, 2007)

Cuando la fijación se realiza mediante sombreretes, también es preferible aplicar este orden en su desmontaje. Es importante marcar cada uno de ellos para facilitar su identificación. El montaje se realiza de forma inversa, teniendo en cuenta la importancia de que cada uno de los componentes esté perfectamente limpio y aceitado, se corresponda con su posición y orientación y que los tornillos reciban el par de apriete prescrito (Villar, 2007).

Utilizando un extractor de dos o tres patas se coloca en los huecos de la polea, con el perno que sujeta la polea colocado pero no ajustado, el extractor va sobre el perno y se ha de empezar a ajustar el extractor hasta poder escuchar un ruido.

#### **4.3.10 Desmontaje bomba de agua, mangueras de agua**

Se retira los pernos ubicados en la parte inferior izquierdo, las mangueras también son retiradas, la bomba y las mangueras están provistas de abrazaderas las cuales al ser apretadas estas seden y se pueden retirar las mangueras.



Figura 37. Desmontaje de mangueras y bomba de refrigeración

#### **4.3.11 Desmontaje de la culata**

Para realizar el desmontaje de la culata se deja a temperatura ambiente y posteriormente se debe sacar la tapa del reservorio de agua de refrigeración, después se requiere retirar los 10 pernos de la culata con un dado T-30, en esto se debe tomar precauciones en no dañar ningún perno ya que estos están con ajuste y se puede correr el riesgo de malograrlos. Se revisa el estado de la junta de la culata para dar un diagnóstico del motor, se reemplazará necesariamente. Se revisa desgaste de cilindros, picado, restos de carbonilla, fisuras, o cualquier deterioro para determinar la solución.



Figura 38. Desmontaje de la Culata

#### 4.3.12 Desmontaje del conjunto block de cilindros, cárter, cigüeñal.

Para desmontar el conjunto completo los cuales son block de cilindros, cárter y cigüeñal primero se tiene que desmontar todo lo que esté alrededor del block de cilindros, una vez hecho esto se prosigue a sacar el block con todos sus componentes. Después de haber sacado el block de cilindros del vehículo se procede a ubicarlos en una base de blocks el cual facilitará el trabajo porque se va a tener mayor movimiento y facilidad al desmontar sus componentes.

Se empieza retirando los pernos del cárter para sacar la tapa del mismo después se afloja los pernos de la tapa de la biela y se retira los cojinetes metálicos, una vez hecho todo esto en todos los pistones se continua con el siguiente paso el cual es retirar los pistones dándole la vuelta al block de cilindros se mueve el volante del motor y se procede a sacar uno por uno los pistones con unos ligeros golpes en la parte donde se ubicaban las tapa de las bielas.

Finalmente una vez retirados todos los pistones del block nos queda únicamente el cigüeñal el cual para retirar se tiene que aflojar los semi-cárteres o rodamientos que tiene en los extremos, una vez hecho esto se usa un martillo de plástico o un extractor y así se puede sacar sin ningún contratiempo.



Figura 39. Desmontaje del cárter y cigüeñal

#### 4.4 Modificación a elementos del motor Corsa Wind 1.4L

Tabla 2. Elementos implementados al vehículo

Nº	Ítem	Características
1	Culata Chevrolet Aveo	Chevrolet Aveo, Doble árbol de levas, 16 válvulas, preparado, abierto toberas y cepillado, levas preparadas.
1	Sistema ITB	Cuerpos de aceleración para cada cilindro.
1	Header	Acero inoxidable.
1	Kit de inyectores	Inyectores marca Denso.
1	Juego de Bobinas	Marca Denso.
1	Kit de bandas de distribución y templadores	
8	Cojinetes de biela y bancada	
4	Empaques	Cárter, culata, tapa válvulas, múltiples, bombas.
1	Bomba de Aceite	
1	Bomba de Agua	
1	Cigüeñal	
4	Pistones y rines	Medida estándar original
4	Siliconas	Marca Abro
4	Lubricantes (litros)	Marca Roshfrans 10W30
1	Regulador de presión de la flauta	
1	Disco de embrague y rulimán	
1	Kit de cajuelas	
1	Kit de manómetros	Medidor de presión de lubricante, medidor de amperaje de batería, medidor de temperatura del refrigerante
1	Riel del asiento corredizo	
1	Contra ventilador	

En este cuadro se encuentra los elementos implementados, la cantidad y la marca del mismo para la repotenciación del vehículo Corsa Wind 1.4L encontrar: Culata Chevrolet Aveo, Sistema ITB, Header, Kit de inyectores, juego de bobinas, kit de bandas de distribución y templadores, cojinetes de biela y bancada, empaques, bomba de aceite, bomba de agua, cigüeñal, pistones y rines, siliconas, lubricantes, disco de embrague y rulimán, kit de cajuelas, kit de manómetros todos estos implementos son nuevos.

#### **4.4.1 Cambio de cigüeñal**

Para proceder a poner el nuevo cigüeñal se debe ubicar bien los semi-cárteres para no tener inconvenientes y así como se desmonta se vuelve a montar con la diferencia que el nuevo tiene mayores contrapesas las cuales van ayudar a ganar mayor potencia.

Se sabe que el cigüeñal está expuesto a esfuerzos de flexión y de torsión, pero el nuevo cigüeñal tiene el doble de contrapesas las cuales aproximadamente pesan 2.5 kg más cada una y van ayudar a que el desplazamiento sea más rápido y con mayor fuerza.

En total se va a obtener un peso aproximado de unos 10kg más que en el cigüeñal anterior debido que tiene ocho contrapesas en su totalidad para una mayor potencia.

La función específica del cigüeñal es la de transformar al movimiento rectilíneo en movimiento circular, tomando en cuenta que el extremo de la biela es opuesta al bulón del pistón y conecta con la muñequilla, la cual con la fuerza ejercida por la combustión hace que el pistón en el otro extremo genere el par motor inmediato.

En su generalidad el cigüeñal está creado por aleaciones las cuales ayudan a soportar los esfuerzos más altos a los que se encuentra sometido, estos cigüeñales también tienden a poseer varios conductos u orificios los cuales sirven para el paso de lubricante. Tomando en cuenta el material del cigüeñal se tiene unos regímenes de dureza las cuales no se debe superar por motivos de seguridad, los cuales son de 40 Rockwell "C" (40 RHC) esto se debe, que cuanto más duro el material o la aleación más frágil se transforma la pieza y se podría llegar a romper debido a los grandes esfuerzos y torsiones sometidos.

En otros tipos de motores como los pueden ser en V o en los tipo Bóxer el cigüeñal es según el número de cilindros no los usuales que son de tres apoyos los cuales ya no se usan o el de cinco apoyos el cual es el más común en la actualidad.



Figura 40. Cigüeñales. Comparación de cigüeñal antiguo con el cigüeñal nuevo

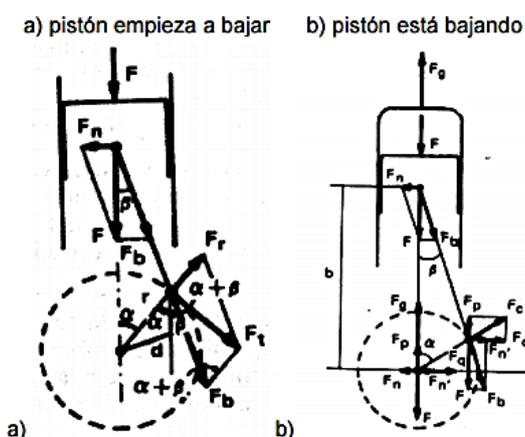


Figura 41. Diagrama de fuerzas pistón-cigüeñal  
Fuente: (Burgos B., 2008)

El pistón está expuesto a una serie de fuerzas, por el lado de los gases de alta presión de los mismos genera fuerzas axiales y de inercia que son variables en dirección y magnitud; por otro lado, las fuerzas laterales empujan al pistón contra la pared del cilindro, esto genera calentamiento irregular del elemento.

La forma del pistón es compleja, en general es cilíndrico, no es completamente macizo y la parte superior o corona posee generalmente tres ranuras en las que se colocan los anillos.

En los pistones de motores de combustión interna, existen principalmente fuerzas de compresión, la que es producto de la mezcla aire-combustible en la etapa de expansión, la que realiza el cilindro, y la de biela, en el ciclo de compresión y escape.

#### 4.4.2 Rectificada de camisas de cilindro

Estas están rectificadas con  $\varnothing=0.098\text{mm}$  y estas se proceden a realizárselas en maquinaria industrial en un laboratorio especializado. En la mayoría de los casos las camisas son de fundición ácido-resistente de alta aleación de acero 38XM10A. Se ha realizado la rectificación de camisas, mediante proceso de maquinado, se elimina material sobrante de la superficie de las camisas, por medio de un torno de alta precisión, es indispensable la alta exactitud en dimensiones a rectificar en el trabajo, ya que una falla mínima representa grandes falencias al momento de poner en marcha nuestro motor, se conoce que éste trabaja a elevadas temperaturas y revoluciones. El material a remover está sometido a elevadas temperaturas, posibles fisuras, ralladuras, óxido, humedad, corrosión, picado o agrietamiento, muchos de estos defectos en el material no son visibles, de tal manera que para descartar cualquiera de ellos se realiza el proceso mencionado.

Con camisas de cilindro nuevas y rectificadas, se ha implementado pistones nuevos con aleación de aluminio, silicio y manganeso, de mayor diámetro 77.612 mm y menor altura de falda: 44mm, éste aspecto aumentará el volumen de cilindro y con mayor volumen mayor ingreso y combustión de la mezcla.



Figura 42. Rectificado de camisas de cilindro  
Fuente: (Unidos, 2014)

*Modos de aumentar la durabilidad de las camisas:*

La duración de las camisas se puede aumentar de los siguientes modos:

- a) Instalando un termostato en el sistema de refrigeración, en cuyo caso el desgaste de la camisa disminuye en 2 veces por término medio.

- b) Utilizando ventilación en el cárter para desalojar los gases que llegan a él desde los cilindros.
- c) Empleando filtros de papel de depuración fina.
- d) Depurando el aire en dos etapas.
- e) Colocando delante del radiador persianas mandadas por un termostato independiente.

### **Cepillado de la Culata**

Operación de cepillado o de rectificando de la culata realizada para reducir el volumen de la cámara de combustión y, por tanto, aumentar la relación de compresión. De esta última depende la presión que se alcanza antes del encendido, al final de la carrera de compresión y, como consecuencia, también la presión desarrollada durante la combustión. El aumento de la relación de compresión, dentro de límites aceptables, conduce al aumento de la potencia sin otras operaciones, a excepción de una reducción del avance de encendido (el encendido es retrasado), necesaria en algún caso. Sin embargo, surgen algunos inconvenientes inmediatos, como: Una tendencia a la detonación y al autoencendido y, por tanto, la necesidad de emplear gasolina con un número de octano más alto, una mayor sollicitación sobre los cojinetes de bancada y de biela, una temperatura más elevada, sobre todo en la culata, un funcionamiento más difícil del motor acompañado por vibraciones más intensas y, finalmente, un mayor esfuerzo requerido al motor de arranque (Giga, 2016).

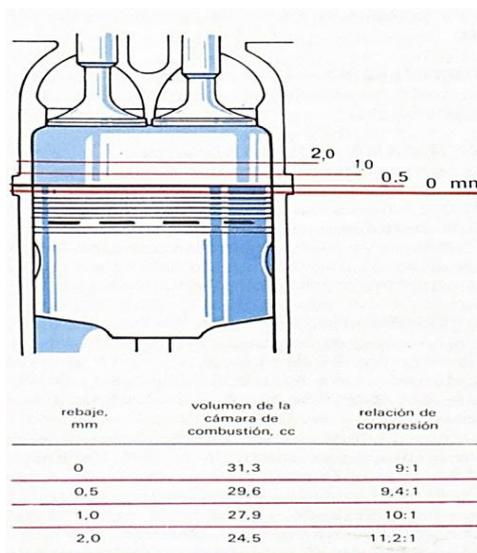


Figura 43. Aumento de relación de compresión en función de los rebajes a la cámara. (Giga, 2016)

La culata del Corsa Wind 1.4L, mediante proceso de maquinado, ha sido sometido a una rebaja de 0.5 mm de su superficie, lo que representa un aumento de la compresión al volumen de la cámara. Ubicado el pistón en PMS y cerradas las válvulas de admisión y escape se obtuvo una relación de compresión de 1: 9.9, esto representa un aumento de 0.4 en la relación de compresión.

#### **4.4.3 Cambio de cojinetes biela/bancada**

En estas se procede a montar las nuevas bielas a 200.17Nm y los cojinetes de las mismas con un torque de 267Nm.

Las ventajas de estos sistemas respecto a los rodamientos de los motores de dos tiempos, y de muchos mono-cilíndricos de cuatro, se enfoca en una menor altura y en una lubricación mejor, que permite grandes periodos de uso sin ningún mantenimiento; algo bastante difícil en los rodamientos, que deben ser sustituidos obligatoriamente cada cierto tiempo. Basados en presión hidráulica. Los cojinetes actúan a base de inyectar aceite a presión entre ellos y los muñones interiores, su funcionamiento sigue un proceso denominado lubricación hidrodinámica, en el cual, el muñón interior que gira arrastra el aceite desde la zona de entrada hasta la de mayor presión, de modo que en este punto la presión del aceite impide el contacto entre las piezas.

Los cojinetes están compuestos por dos piezas iguales que forman cada una de ellas un semicírculo metálico realizado en un material de bajo coeficiente de fricción, sobre el que además se superpone una aleación llamada metal blanco, compuesta por varios metales con muy bajo coeficiente de fricción con el acero, pero con una escasa resistencia. Por ello la importante sustitución de los mismos están sometidos a fuertes fuerzas de rozamiento a esto se debe su importante lubricación y su desgaste evidente en motores que ya están listos para ser reparados.



Figura 44. Cojinete de biela

#### 4.4.4 Cambio Pistones/rines

Para el cambio de pistones se debe sacar el bulón el que se ajusta a la biela, con esto se hace el cambio del pistón y se pone los rines a 45 grados de diferencia cada uno para que no haya fugas y se procede a colocar una prensa rines para introducir el pistón en el cilindro. Los rines o aros poseen una letra la cual debe ir siempre hacia arriba. El pistón siempre posee una flecha que indica que ese lado va hacia el escape. Para un mejor trabajo se derrama un poco de lubricante así los elementos disminuyen rozamientos. El prensa rines abarca el diámetro del pistón y se ajusta con una llave especial que viene con la herramienta, ésta se ajusta hasta alcanzar las dimensiones del cilindro y de ésta manera poder meter el pistón con los nuevos rines dentro de la camisa con unos golpes no fuertes en la superficie de la cabeza del pistón una vez ingresado éste al bloque se retira el prensa-rines.

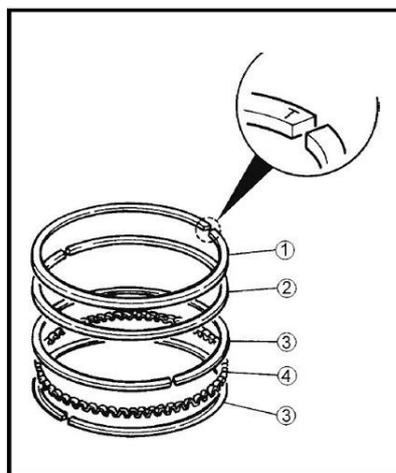


Figura 45. Orden de colocación de aros del pistón (meganeboy, 2014)



Figura 46. Colocación de pistones con la ayuda de un prensa-rines



Figura 47. Colocación de rin de compresión

#### 4.4.5 Como se deben colocar los rines o segmentos del pistón:

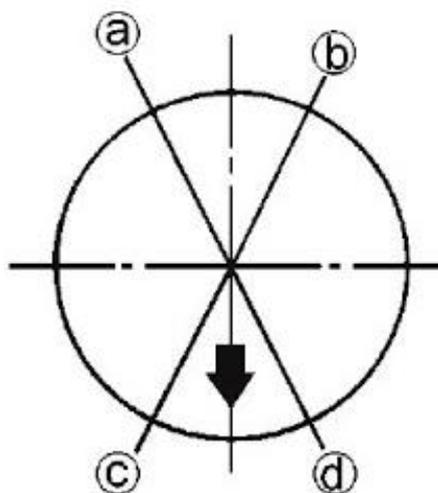


Figura 48. Gráfico de posicionamiento de segmentos del pistón  
(meganeboy, 2014)

Las letras indican donde deben estar las aberturas de los anillos

a-Abertura de anillo superior

b-Abertura de anillo de aceite inferior

c-Abertura de anillo de aceite superior

d-Abertura de anillo secundario

Los ángulos:

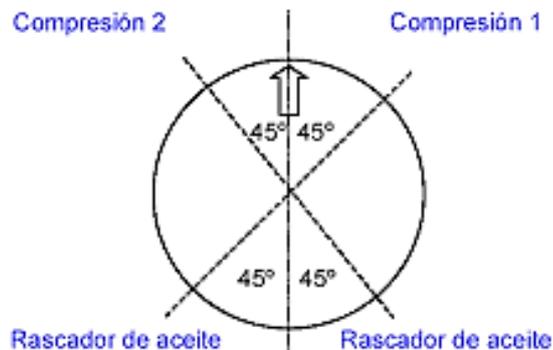


Figura 49. Ángulos de posicionamiento de segmentos del pistón (meganeboy, 2014)

Diámetro del pistón  $\varnothing = 77.612\text{mm}$

Altura del pistón = 44mm

Radio del bulón = 11.5mm

Se han de colocar los anillos en éste orden:

- Primero el anillo de fuego.- Es de coloración más clara y es más grueso, se lo llama de fuego por estar en primer lugar al contacto con la combustión directa en las cámaras del motor.
- Segundo el anillo de compresión.- Prácticamente es el que ayuda al sellado hermético de la cámara, es de color oscuro.
- Tercer anillo el de aceite.- Posee un elemento de forma irregular estático y dos elementos que lo cubren a cada lado, éste anillo permite el paso del lubricante a través de los anillos y el pistón.

Los pistones estándar del motor del Corsa Wind poseen una falda o altura de 59.24mm, se han implementado pistones nuevos con una altura de 44mm y de material de alta resistencia a menor peso, con una aleación de aluminio-cobre, silicio y manganeso, deflectores en su superficie capaces de crear mejor mezcla de comburente y combustible, mejor cobertura en todos los puntos de la cámara

de combustión. Su peso actual es de 400gr lo que brinda mejor agilidad y por ende mejor desempeño del motor.

Modificar un pistón de serie es de dudosa efectividad, a nivel nacional se consiguen pistones forjados que tienen mayor resistencia que los fundidos y son especialmente diseñados para competición (lograr las mismas prestaciones con un pistón original es imposible).

Como diferencias con un pistón de calle se puede mencionar:

- a. Tiene un solo aro de compresión
- b. No tiene faldas
- c. Los apoyos del perno están más cerca
- d. Perno más corto, más liviano, y de mejor resistencia a los esfuerzos
- e. Todos se fabrican forjados
- f. Alojamiento del perno lo más alto posible para evitar el cabeceo.

#### **4.4.6 Cambio de sistema de admisión**

En este sistema se reemplaza el sistema de admisión tubular por los ITB de 38mm de radio los cuales proporcionan mayor cantidad de aire atmosférico independiente a cada cilindro con un mayor rendimiento del mismo. En los ITB se tiene de varias medias las cuales varían entre 30mm hasta 45mm aproximadamente dependiendo de la abertura del conducto de admisión, este funciona mecánicamente con un cable que se encuentra ubicado en el medio del ITBS el cual está conectado al pedal del acelerador y provoca la apertura simultanea de las mariposas para el ingreso de aire el cual entra directamente a cada uno de los cilindros. Los ITBS en su mayoría están hechos de un material liviano el cual es aluminio y tienen unos conductos se pueden crear artesanalmente con mangueras o a su vez adquirir los originales que también son de aluminio los cuales pueden dar un plus más, ya que el aire que ingresa puede ingresar con mayor facilidad y velocidad.

#### **4.4.7 Cambio de la culata**

La culata nueva que se va a montar es del doble de válvulas en comparación con el anterior. Éste lleva 16 válvulas y para el montaje se tiene que colocar el empaque nuevo de la culata este solo se usa una sola vez, después de esto se engrasa los pernos de la culata en la punta y en la cabeza después de esto se ajusta los pernos de la culata en forma indistinta y con el torque requerido para un buen ajuste.

Características.-La cabeza del cilindro va unida con diez pernos secuenciados en dos filas de cinco. Cuando se hace referencia a las especificaciones de torque de la culata, la primera fila se ha de secuenciar 9-5-1-3-7, y la segunda fila 10-6-2-4-8, con los pernos 9 y 10 lo más cerca de la parte delantera del motor y los tornillos 1 y 2 frente a la otra.

Especificaciones del torque en pernos.- Los pernos de la culata se han apretado en cinco pasos. Para el primer paso, cada perno debe apretarse en la secuencia de 1 a 10 con 80Nm de torque. Los siguientes cuatro pasos apretar los tornillos de la culata, se basan en los grados del perno, se gira más que el par aplicado al perno.

Siguiendo la misma secuencia de 1 a 10, ajustar cada perno de 60 grados, y luego repetir el proceso dos veces más, para un total de tres de 60 grados.

Secuencia de Apriete.- Por quinto paso para apretar los tornillos de la culata del apriete cada tornillo otros diez grados, siguiendo la misma secuencia de 1 a 10 como antes. La nueva culata tiene algunas ventajas como el posicionamiento de la bujía que es al centro, lo que es mejor al mantener la misma distancia hacia todos los puntos del pistón, esto evita el “picado” o detonaciones. Facilita la turbulencia de la mezcla al posicionar las levas inclinadas hacia el centro. Permite mejor llenado de cilindro y mejor intercambio de gases.

En lo que corresponde a válvulas, las más grandes pesan más que las pequeñas, para controlar el exceso de peso a medida que se abren de golpe, en

el cierre se hace difícil. El resorte tiene que ser más rígido. Un resorte más rígido significa más energía tiene que ser gastada para superar la presión de la válvula. Aunque dos válvulas más pequeñas pesan lo mismo que una válvula grande, con los balancines y los resortes adicionales que realmente pueden llegar a un peso, esto se compensa con menos masa que hay que superar al abrir y cerrar las válvulas.



Figura 50. Culata de competición con sistema ITB

#### 4.4.8 Cambio de Bobinas

Las bobinas independientes o sistema de encendido DIS el cual es llamado así ya que no usa un distribuidor este es diferente al sistema de encendido común, con la eliminación del distribuidor o elemento mecánico se suprime el riesgo de que sufran desgastes o averías las diferentes partes.

Estas bobinas independientes se componen de un bobinado primario, uno secundario y el núcleo de hierro, su carcasa con material de aislamiento, y resina epoxi de dos componentes, el núcleo de hierro posee hojas de acero individuales. Está provisto también de unas tarjetas para crear la energía necesaria para la que la bujía cree la chispa necesaria para una combustión óptima.



Figura 51. Culata Twin Cam con bobinas independientes

Tiene varias ventajas las cuales son: El control que tiene sobre la generación de la chispa esto ayuda a que no se produzca ningún fallo de encendido que se ocasiona por la baja calidad de la chispa que hace que no haya una inflamación de la mezcla. Se reduce notablemente las interferencias eléctricas del distribuidor la cual da una mayor fiabilidad del trabajo del motor, también se reducen los cables de alta tensión y en algunos casos se llega a eliminar estos cables.

#### 4.5 Diagnóstico de los componentes desmontados del vehículo

Tabla 3. Estado de los componentes del vehículo

Máquina	Sistema/Parte	Estado	Medidas/características
Chevrolet corsa Wind.	Motor	9 / 10	Cilindraje 1.389 L
	Combustible		Gasolina
	Culata	8/10	Válvulas, guías y resortes con deterioro normal
	Distribución (bandas)	8/10	Tipo OHC, árbol de levas en buen estado, balancines, propulsores, válvulas en buen estado, banda de distribución con evidente desgaste.
	Potencia		79.3 Hp
	Encendido	7/10	Tipo DIS, bujías con carbonilla, residuos de combustible.
	Lubricante	4/10	3.5 L, lubricante quemado, en deterioro
	Cojinetes	6/10	Cojinetes con desgaste
	Juntas	7/10	Conjunto de juntas con deterioro evidente
	Bomba de agua	4/10	Bomba con óxido excesivo
	Bomba de aceite	5/10	Baja presión de aceite
	Cigüeñal	9/10	Cigüeñal en buen estado
	Block de cilindros	9/10	Buen estado
	Pistones	9/10	Buen estado, leve carbonilla en la cabeza
Bielas	9/10	Buen estado	

En esta tabla se tiene el estado que se encuentran los componentes antes de ser repotenciado en la cual se puede observar que casi todos los componentes se encuentran en un estado óptimo, esto quiere decir en un 8 y 9/10, el resto de componentes se encuentran en un estado deteriorado, es decir de un 7/10 para abajo lo cual preocupa mucho y deben ser reemplazados para no interferir en el

funcionamiento óptimo del motor y no tener inconvenientes en el momento de la competencia o de las pruebas necesarias a realizar.

#### **4.6 Repotenciación**

Es bien sabido que el diseño de vehículos por los fabricantes se crea por medio de una necesidad específica del mercado, después en los siguientes departamentos de ingeniería se van creando todos los elementos componentes teniendo como mayor objetivo: La seguridad, confort, durabilidad, contaminación ambiental, practicidad, consumo, entre otros.

Estos automóviles tienen el objetivo de ofrecer al usuario una extensa vida útil, sin mayores percances y teniendo un mantenimiento adecuado. Tomando en cuenta la parte de la competición, muchos de estos objetivos pasaran a segundo plano, ya que el principal objetivo es crear mejores prestaciones, el motor ya no será tan silencioso y elástico como el de un vehículo normal, la suspensión de un vehículo de competición ya no será tan placentero como el de un vehículo estándar, así se tendrá un sinnúmero de elementos que se podría indicar.

El momento en el que se cambia o modifica una pieza, ésta casi siempre afectará a otra y la finalidad de realizar cambios con respecto al original es lograr los objetivos esperados.

Las fábricas tienen como bancos de pruebas a las competencias para el diseño e incorporación de piezas y juegos de motores que a la larga serán aplicados para los vehículos fabricados en masa.

Para realizar un vehículo de competición se necesita valorar el campo en donde va a estar desempeñado el cual puede ser rally, pista, piques, entre otros. El momento en que se crea un vehículo de competición se inició de un vehículo estándar, en el cual se debe asesorar en la teoría y el soporte técnico que específica el fabricante, se puede modificar y hasta qué punto son aplicables estas modificaciones. Esto se hace siempre y cuando no se tenga un vasto conocimiento de lo que se está tratando de mejorar.

Se ha de preguntar si se está creando o innovando cada vez que se hace una repotenciación a un vehículo por el hecho que los fabricantes no lo hayan hecho primero, la respuesta es que no, porque dicho motor repotenciado no va a durar los mismos kilómetros que el motor estándar de fábrica.

Se debe tomar en cuenta que cada parte o pieza tiene un límite de esfuerzo para lograr una mayor potencia en el vehículo y se tiene que aprovecharla de la mejor manera y realizando un trabajo conveniente en la transmisión, culata, admisión, o partes que se quiere repotenciar.

Para la repotenciación se debe tomar en cuenta que se va a modificar o a reemplazar gran parte de las piezas que vienen de fábrica las cuales fueron creadas para un uso diferente al que se quiere dar, porque no es lo mismo un vehículo de rally que un vehículo de carretera.

#### **Calibración Corsa Wind 1.4**

Tabla 4. Calibraciones Corsa Wind 1.4

Marca	Chevrolet
Modelo	Corsa 1.4 L
Motor	B14 NZ
Año	2002
Cilindros	4
Cilindrada	1389 cc
Diámetro del cilindro	77.612 mm / 3.05 pulg
Carrera del cilindro	73.4 mm / 2.88 pulg
Ángulo árbol de levas admisión	217°
Ángulo árbol de levas escape	240°
Presión en el cilindro	187 psi
Relación de compresión	1:10.5
Válvula de admisión	1.3-1.4 mm / 0.05-0.055 pulg
Válvula de escape	1.7-1.8 mm / 0.066-0.07 pulg
Torque tapa de cilindros (culata)	1)18 2)60° 3)60° 4)60° Lbs/pie 1)25 2)60° 3)60° 4)60° Nm

	1)2.55 2)60° 3)60° 4)60° Kg.m
Torque de bancada	37-42 Lb.pie 50-57 Nm 5.1-5.8 Kg.m
Torque de biela	T15:21 T40:18+30° Lb.pie
	T15:28 T40:25+30° Nm
	T15:2.85 T40:2.55+30° Kg.m
Torque Volante	1)26+30°+15° Lb.pie 1)35+30°+15° Nm 1)25+30°+15° Kg.m
Presión Bomba aceite	53 Lb.Pulg <sup>2</sup>
Orden de encendido	1-3-4-2
Avance de encendido	-

Fuente: (América, 2005)

## 4.7 Cálculos

### 4.7.1 Fuerza – Trabajo – Potencia

Es cuando se aplica una fuerza a una cierta distancia para producir un “giro”, cuando se quema el combustible dentro del motor este genera una fuerza que desplaza el pistón hacia abajo y mueve el cigüeñal. La distancia entre esa fuerza y el centro de giro se denomina “radio del cigüeñal”, es decir la mitad de la carrera (la distancia del centro del muñón de la biela al centro del muñón de bancadas). El producto de esta fuerza por el radio del cigüeñal se denomina par motor “torque” o “momento torsor”. Es la capacidad que tiene un motor para producir un trabajo mecánico.

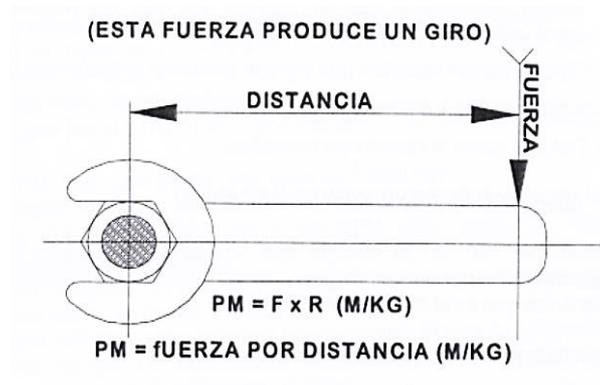


Figura 52. Par motor representado por una palanca.  
Fuente: (Funes, 2004)

$$PM = F \times R$$

Donde,  
PM: Par Motor  
F: Fuerza  
R: Distancia

$$PM = 136. Nm = 13.92Kgm$$

Se procede a transformar las unidades de Nm a Kgm:

$$PM = 136.5 Nm = 13.92 Kgm$$

Reemplazamos R:

$$R = 132.45 mm$$

$$136.5Nm = F \times 132.45 mm$$

$$136.5Nm = F \times 132.45 mm$$

Se despeja F:

$$F = \frac{136.5Nm}{0.13245m}$$

$$136.5Nm / 0.13245m = F$$

$$F = 1030.58N$$

$$F = 1030.58 \text{ N}$$

$$PM = \text{Fuerza} \times \text{Distancia}$$

PM= Fuerza por Distancia (M/kg)

Trabajo Ecuación

$$T = F(2 \times \pi \times R)$$

$$T = PM(2 \times \pi)$$

$$T = 13.92(2 \times \pi)$$

$$T = 87.46 \text{ [Kgm]}$$

Se ha de considerar  $\pi = 3.1416$

$$T = F \times (2 \times \pi \times R)$$

$$T = PM(2 \times \pi)$$

$$T = 13.92(2 \times \pi)$$

$$T = 87.46 \text{ [Kgm]}$$

Potencia Ecuación

$$P = \frac{T \text{ [kgm]}}{t \text{ [s]}}$$

$$t = 60s$$

$$P = 1.46 \left[ \frac{\text{Kgm}}{\text{s}} \right]$$

$$P = T / t \text{ Kgm / s}$$

$$P = 1.46 \text{ Kgm / s}$$

#### 4.7.2 Cilindrada del Motor

En una misma unidad de tiempo se genera más energía en forma de calor de manera directamente proporcional al número de cilindros que tenga el motor. El pistón, en su desplazamiento del PMS al PMI deja libre un volumen que se tiene que llenar de gas combustible. Se puede definir a la cilindrada unitaria como el volumen de un cilindro delimitado por su diámetro y por la carrera del pistón.

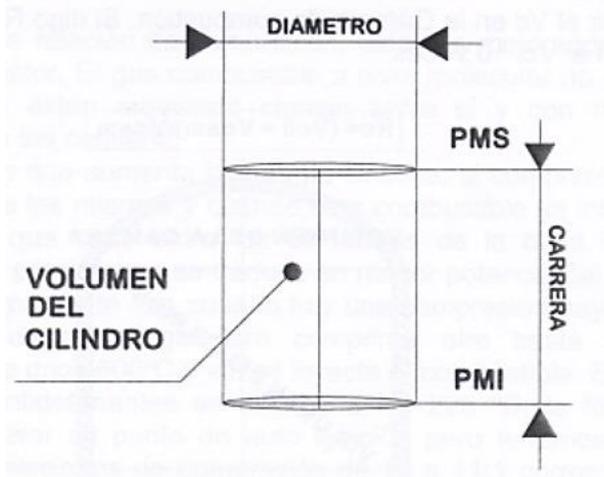


Figura 53. Volumen del cilindro

Fuente: (Funes, 2004)

$$Cil.Total = Cilindrada unitaria \times N^{\circ} cilindros (1) \quad [cm^3]$$

Para ello se ha de calcular primero la cilindrada unitaria con los datos de las tablas:

$$Cil. Unitaria = \frac{3,1416 * (Dc)^2}{4} \times Carrera \quad [cm^3]$$

Considerando que: Dc (diámetro del cilindro), tiene el valor de 7,7cm la cilindrada unitaria resulta:

$$Cil. Unitaria = 347.2511cm^3$$

Se reemplaza en (1)

$$Cil.Total = 347.2511cm^3 \times 4$$

$$Cil.Total = 1389cm^3$$

### 4.7.3 Relación de compresión

Es una relación entre dos volúmenes, el del cilindro y el de la cámara. Cantidad de veces que se puede comprimir el  $V_c$  en la cámara de combustión. Por ejemplo si digo  $R_c = 9.5:1$  esto significa que comprimí el  $V_c$  9.5 veces.

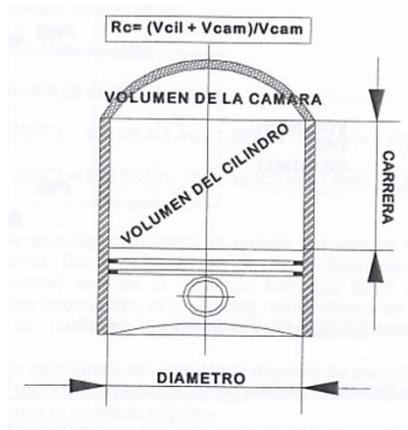


Figura 54. Relación de compresión:  $R_c$ .  
Fuente: (Funes, 2004)

$$R_c = \frac{V_{cil} + V_{cam}}{V_{cam}}$$

De la fórmula de  $R_c$  se despeja el volumen de la cámara de combustión ( $V_{cam}$ ).

$$V_{cam} = \frac{V_{cil}}{R_c - 1} [cm^3]$$

$$V_{cam} = \frac{209.17}{8.5}$$

$$V_{cam} = 24.6082cm^3$$

Dónde:

$R_c$ : Relación de compresión

$V_{cil}$ : Volumen del cilindro

$V_{cam}$ : Volumen de la cámara

#### 4.7.4 Conducto de admisión

El volumen del gas que circula por segundo por este canal es proporcional al volumen aspirado por el pistón. Si se designa por la  $V_g$  a la velocidad del gas por la adm. Y a  $Sc$  a la sección del conducto considerada, se cumple que:

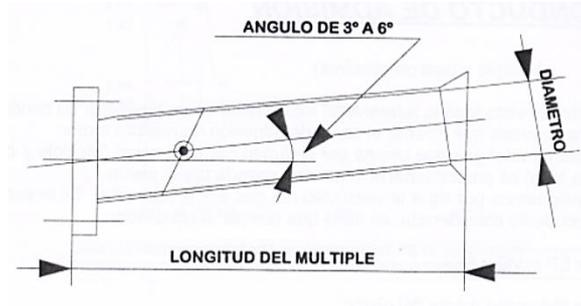


Figura 55. Conducto de admisión.  
Fuente: (Funes, 2004)

$$VP \times SP = VG \times SC$$

$$21 \times 47.54 = 80 \times SC$$

$$SC = \frac{21 \times 47.54}{80}$$

$$SC = 12.479$$

Dónde:

$V_p$ = Velocidad media del pistón

$S_p$ = Superficie del pistón

$V_g$ = Velocidad del gas por la admisión. Este valor tiene que estar comprendido entre 60 a 80 m/s.

$S_c$ = Sección del conducto considerado

$V_p \times S_p$  = caudal que teóricamente necesito para llenar el cilindro a un régimen establecido.

$V_g \times S_c$  = Caudal que tiene que circular por la admisión para lograr el llenado en ciertas condiciones preestablecidas.

#### 4.7.5 Múltiple de escape

Evacúa el sistema de gases residuales de la combustión, se considerará el múltiple como una prolongación de los conductos de la tapa. Si un motor de 4 cilindros con un árbol de levas cuyo diagrama de escape es AAE 70°, RCE 30°

La ecuación quedaría:

$$TE = (AAE + 180^\circ + RCE) = 70^\circ + 180^\circ + 30^\circ = 280^\circ$$

$$\frac{280^\circ}{4} = 70^\circ$$

Dónde:

AAE: Ángulo de apertura de escape

RCE: Retraso de Cierre de escape

TE: Tiempo de duración de la carrera de escape

Longitud del múltiple (medido desde la válvula)

$$LM = \frac{12980 \times (AAE + 180^\circ + RCE)}{RPM \times 6}$$

$$LM = 12980 \times \frac{280}{42000}$$

$$LM = 865.3$$

LM: Longitud del múltiple

RPM correspondientes a la máxima potencia

Diámetro de los caños del múltiple

$$DCM = 2 \times \sqrt{\frac{Cil. unitaria \times 2}{LM \times 3,1416}}$$

$$DCM = 38.3$$

DCM: Diámetro de los caños del múltiple

### **Diámetro del caño de salida**

$$DEE = 2 \times \sqrt{\frac{\text{Cilindrada total}}{LM \times 3,1416}}$$

$$DEE = 54.1$$

DEE: Diámetro del conducto de salida

### **4.7.6 Cálculos en las Válvulas**

Intervienen directamente en el llenado de cilindros. En los motores de competición, generalmente el trucaje de las válvulas se parte de elementos que están ya diseñados por lo que en las consideraciones técnicas que se hará prescindirá de su cálculo estructural.

El diámetro, la alzada y el nº dependerán de las prestaciones que se requiera en el motor que se está trabajando.

La velocidad del gas por la válvula tiene que estar comprendida entre 95 m/s a 105 m/s.

La velocidad media no debe pasar los 3,5 m/s.

La alzada tiene que estar entre un 25% al 30% del diámetro de la misma.

Para calcular la sección de paso del fluido utilizar la siguiente fórmula:

$$FP = 0.784 \times (D2 - d2) \times He \times \text{Cos}A$$

$$FP = 0.784 \times [(4.5)^2 - (0.8)^2] \times 1 \times \text{cos}45^\circ$$

0.784 es un valor constante

D= diámetro de la válvula

d= diámetro del vástago

He= alzada

A= ángulo del asiento = 45°

$$FP = 13.338$$

$$FP = 0.784 \times [(4.5)^2 - (0.8)^2] \times 1 \times \cos 45$$

$$FP = 10.8906 \text{ cm}^2$$

La sección de paso se incrementó en  $2.447 \text{ cm}^2$

La alzada (He) se calcula con la siguiente fórmula:

$$He = \frac{FP}{0.7854} [(D)^2 - (d)^2] \cos A$$

$$He = 0.76 \text{ cm}$$

#### 4.7.7 Válvula de escape

La velocidad del gas por la válvula de escape tiene que estar comprendida entre 110 a 120 m/s.

El diámetro de la misma se calcula como el 85% de la válvula de admisión

$$D_{vesc} = D_{vadm} \times 0.85$$

$D_{vesc}$  = Diámetro válvula de escape

$D_{vadm}$ : Diámetro válvula de admisión

Supongamos una válvula de admisión de diámetro 40mm de la cabeza

$$D_{vesc} = 4.5 \times 0.85 = 38.25 \text{ mm}$$

La temperatura del gas por la válvula depende de la relación de mezcla y de la Rc. Esta varía entre 800 a 1200°C.

#### 4.7.8 Resortes de válvulas

La finalidad de los resortes de válvulas es, cerrar las mismas y mantenerlas presionadas en sus asientos. La mínima carga tiene lugar cuando estas se encuentran cerradas (carga de colocación). La depresión producida dentro del cilindro actúa sobre las válvulas y tiende a separarlas de sus asientos, por lo tanto, el resorte deberá contrarrestar esta fuerza. La presión de depresión (PD) es en el orden de 1,2 a 1,5 Kg/cm<sup>2</sup>.

Como la presión es igual a la fuerza por unidad de superficie se puede calcular cual será la carga mínima necesaria para que la válvula no se despegue del casquillo.

*Así se tiene una fórmula como ejemplo:*

Tengo una válvula de  $D_{vadm} = 38 \text{ mm}$  y  $D_{vesc} = 33 \text{ mm}$  ¿cuál será la carga mínima de colocación?

$$F_{min} = 0.7854 \times (3.8)^2 \times 1.5 = 17kg \quad (\text{Admisión})$$

$$F_{min} = 0.7854 \times 3.3^2 \times 1.5 = 13kg \quad (\text{Escape})$$

*En la práctica, al valor teórico se incrementa un 50% por lo que en nuestro ejemplo quedaría:*

$$F_{min} = 17 + 50\% = 25.5Kg \quad (\text{Admisión})$$

$$F_{min} = 13 + 50\% = 19.5 \quad (\text{Escape})$$

#### **4.7.9 Fuerza normal del cigüeñal**

La fuerza efectiva que actúa sobre el pistón, (diferencia entre la fuerza generada por la presión de la mezcla aire-combustible que es quemada en la cámara de combustión y la fuerza de inercia), genera por la oblicuidad de la biela una fuerza lateral de módulo (Burgos B., 2008).

$$F_n = F_e \times \tan(\beta) \quad (1)$$

Dónde:

**F<sub>n</sub>**: Fuerza normal a las paredes del cilindro

**F<sub>e</sub>**: Fuerza efectiva en la cabeza del pistón

**β**: Oblicuidad de la biela, ángulo entre ésta y el eje vertical del cilindro en el PMS.

**F<sub>e</sub>**: La fuerza efectiva se considerará como al fuerza aplicada a la cabeza del pistón en este caso expresada en Newton [N].

Para calcular esta fuerza, se necesita saber el área de la superficie del pistón y la presión aplicada.

$$F_e = P \times A \quad (2)$$

Donde P: presión y A: área del pistón

La presión en el cilindro ha sido medida como 187 psi que equivale a 1 289 000 Nm<sup>2</sup>.

Como dato, se ha tomado en cuenta el radio del pistón (r) igual a 0.038 m. El área se calcula con la siguiente fórmula

$$A = \pi \times r^2$$
$$A = \pi(0.038m)^2$$
$$A = 0.0045m^2$$

Se reemplaza en (2):

$$F_e = 1\,289\,000Nm^2 \times 0.0045m^2$$
$$F_e = 5\,800.5\,N$$

A continuación se sustituye en (1), se ha de considerar a  $\beta$ , como 19°

$$F_n = F_e \times \tan(\beta)$$
$$F_n = 5\,800.5\,N \times \tan(19)$$
$$F_n = 1\,997.272\,N$$

#### 4.7.10. Fuerza de inercia del cigüeñal

Esta fuerza es proporcional a la masa de las piezas animadas de movimiento alternativo y a las aceleraciones. En los PMS y PMI, esta es máxima. Una forma de equilibrarlas medianamente, es por la disposición de los pistones, cuando el pistón está subiendo y llega al PMS se le pega un tirón para que baje, lo mismo ocurre en el PMI. En un motor de 4 cilindros, el pistón del cilindro N°1 y N°4 están a 180° con respecto al N°2 y N°3. En un 6 cilindros cada 120°, en un 8 cilindros cada 90°, y así sucesivamente.

Esta disposición obedece a, como se dijo anteriormente tratar de equilibrar las fuerzas de inercia que se generan (lo cual no se consigue por completo debido a la oblicuidad de las bielas).

$$F_i = \frac{P \times (V_t)^2}{g \times r} Kg$$

*Dónde:*

P= Peso de todos los elementos en movimiento alternativo. (Pistón, perno, aros, más 1/3 parte de la biela)

La biela tiene un movimiento complejo, 1/3 parte tiene movimiento alternativo y 2/3 partes movimiento de rotación.

Para el cálculo de la fuerza de inercia, se toma el peso de la parte con movimiento alternativo.

V<sub>t</sub>= velocidad tangencial (la misma que la del pistón)

V<sub>t</sub>= (3.1416 x RPM x r) / 30 m/s

V<sub>t</sub>= ω x r m/s (velocidad angular por radio del cigüeñal)

r= radio del cigüeñal (m)

g= aceleración de la gravedad (9.81 m/s<sup>2</sup>)

#### **4.7.11 Fuerza centrífuga del cigüeñal**

La fuerza centrífuga de las masas con movimiento circular es originada por las piezas del motor que giran alrededor de su eje, sus efectos están medianamente equilibrados por los contrapesos del cigüeñal. Estas masas en movimiento son: Muñón de biela, 2/3 partes del peso de la biela y en general, todas las piezas que no sean simétricas con respecto a su eje de giro. Esta fuerza tiende a separar las masas, que giran alrededor de un punto fijo (bancadas).

Al girar una masa alrededor de un punto fijo se genera esta fuerza, más grande cuanto más rápido gire dicha masa. Si es liberada, ya sea porque se cortó la cuerda o se suelta, la masa sale despedida en dirección normal (se separa del centro de giro). En el motor sucede exactamente lo mismo, todos los elementos que giren alrededor del eje de bancadas producirán la fuerza centrífuga. Si se pregunta a cualquier entusiasta de los motores ¿cómo hago para alivianar el

cigüeñal?, lo primero que se le ocurre es cortar los contrapesos, y es lo que no se debe hacer.

*Para el cálculo de la fuerza centrífuga se ha de utilizar la siguiente fórmula:*

$$F_c = m \times \omega^2 \times r \quad \text{Kg}$$

m= masa de las piezas con movimiento circular (muñón de biela y 2/3 de parte de la misma)

$\omega$ = velocidad angular

r= radio del cigüeñal (m); r= 0.60m

P= m/g

M= P/g (peso/gravedad)

Fc= masa x velocidad angular al cuadrado x radio del cigüeñal. Para su equilibrado se tiene que cumplir la condición:

$$M \times R = M1 \times R1$$

#### **4.7.12 Cálculo del consumo específico de combustible**

Se lo expresa con BSFC (Brake specific fuel consumption) es la eficiencia de combustible en cualquier motor primario que quema combustible y produce rotación.

$$BSFC = \frac{r}{P}$$

$$BSFC = \frac{r[\frac{g}{s}]}{P[Nm]}$$

Donde:

r: Tasa de consumo de combustible en gramos por segundo

P: Par motor en Nm

Se ha de suponer que el vehículo avanza a una velocidad de 50km/h y que recorre una distancia de 3.8km que es la distancia que rinde el motor Corsa Wind por cada litro de combustible.

Entonces:

$$3.8km \times \frac{3600s}{50km} = 273.6s$$

Significa que en 273.6 segundos el vehículo recorre 3.8 km.

Ahora es necesario saber cuántos gramos el vehículo consume en un segundo.

Primero es importante aclarar que la densidad de la gasolina que ha sido utilizada (sin plomo de 95 octanos) es 0.76 g/cm<sup>3</sup>, por lo tanto un litro de gasolina equivale a 760 gramos.

$$1s \times \frac{760g}{273.6s} = 2.77g$$

$$r = 2.77g/s$$

A 50 km/h se tiene un torque o par motor de 134,361Nm @ 4200rpm (Figura 56. Tabla de Parámetros del motor Corsa Wind 1.4)

Se reemplaza en BSFC:

N.m= Joule= watt/s

$$BSFC = \frac{2.77g}{134.361Nm}$$

$$BSFC = 0.0206\left[\frac{g}{J}\right]$$

$$BSFC = 0.0206\left[\frac{g}{w} \cdot s\right]$$

## 4.8 Características y funciones de los elementos implementados al vehículo Corsa Wind 1.4L

### 4.8.1 Sistema DOHC, Twin Cam, o Doble árbol de levas bajo en la culata.

Un motor DOHC o double overhead camshaft (en español significa doble árbol de levas a la cabeza) es un tipo de motor de combustión interna que usa dos árboles de levas, ubicados en la culata, se encarga de abrir las válvulas de escape y admisión en el motor aprovechando el movimiento del cigüeñal. Es la evolución del sistema SOHC (simple overhead camshaft) o simple árbol de levas sobre la cabeza. Algunas industrias automotrices lo llaman “Twin Cam”

El motor de árbol simple se encarga de maniobrar la admisión y escape por medio de las válvulas, el sistema doble maneja las válvulas de mejor manera aprovechan mejor la apertura de levas para optimizar los tiempos del motor, en la mayoría de motores un árbol controla las válvulas de admisión y el otro árbol las de escape. Los motores con sistema DOHC son más potentes que los de árbol simple, ya que al poder maniobrar las válvulas con dos juegos de levas se controla mejor los tiempos del motor, la cantidad de mezcla ingresante y el desfogue de gases.

Tiene algunas ventajas como el posicionamiento de la bujía que es al centro, lo que es mejor al mantener la misma distancia hacia todos los puntos del pistón, esto evita el “picado” o detonaciones. Facilita la turbulencia de la mezcla al posicionar las levas inclinadas hacia el centro. Permite mejor llenado de cilindro y mejor intercambio de gases (BOSCH, 2014)

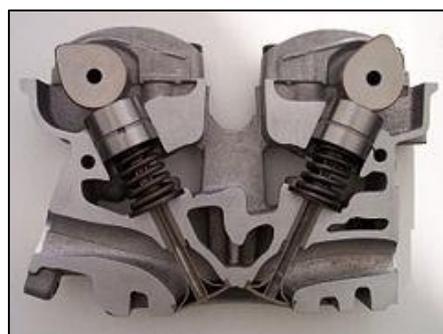


Figura 57. Corte transversal de una culata con doble árbol de levas.  
Fuente: (Wikipedia, 2010)

#### 4.8.2 Comparación entre 1 árbol de levas (SOHC) y un doble árbol de levas (DOHC)

DOHC (Dual Over Head Cam) vs SOHC (Single Over Head Cam) son fundamentalmente dos maneras de configurar el tren de válvulas. En la configuración del tren de válvulas hay árboles de levas, elevadores, balancines, válvulas y resortes. Las válvulas se abren a intervalos de 25 veces por segundo a 3000RPM. Si el tren de válvulas es pesado, cuando el árbol de levas levanta el tren de válvulas sólo se seguirá hasta el resorte de la válvula, esto se puede superar con resortes más fuertes (lo que significa que es más pesado), esto aumenta el peso adicional ya que es uno de los requisitos de energía para abrir la válvula.

Las levas están impulsadas por el cigüeñal, utilizando un cinturón o una cadena que se llama una correa o cadena de distribución. Si la correa dentada / cadena de cierres y el árbol de levas deja de girar, el pistón regresa a la cámara de combustión y este podría golpear las válvulas que estén en ese momento abiertas. Esto es muy costoso. Es por eso que siempre se debe cambiar la correa dentada o cadena en el intervalo especificado por el fabricante del vehículo.

SOHC se refiere a un único árbol de levas. En los años pasados DOHC, era conocido como OHC, sin necesidad de distinguir entre un árbol de levas simple o doble. En SOHC, el árbol de levas está situado en la culata, por encima de las válvulas. Las válvulas se abren y cierran bien directamente con una cuña entre la leva y el vástago de la válvula, o por medio de un balancín. Configuraciones de la válvula del motor SOHC suelen tener las válvulas de 2 o 3 por cilindro. También es posible tener 4 válvulas por cilindro con SOHC, pero se traduce esto en una complicada combinación de balancines.



Figura 58. Culata Corsa SOHC (Single overhead camshaft)

DOHC se refiere a un doble árbol de levas. Este sistema utiliza dos árboles de levas en la culata. Dos levas por cilindro significa que un motor DOHC V con 4 árboles de levas, ya que tiene 2 bancos de culatas. Esto permite al fabricante poder implementar fácilmente 4 válvulas por cilindro de configuración. La mayoría de las veces también permite que el motor alcance las más altas revoluciones en menor tiempo. También permite una mejor colocación de las válvulas en una configuración optimizada que le brinda el máximo rendimiento. Pero la desventaja de esta configuración es el peso, y una mayor complejidad. Se necesita más material para conducir dos árboles de levas. La razón principal para usar DOHC es tratar de usar más válvulas por cilindro. Si una instalación puede permitir SOHC 4 válvulas por cilindro, con un motor DOHC no traerá muchos más beneficios que de un motor SOHC y el peso adicional se convierte en una carga. Los motores DOHC también permiten que la bujía deba ser colocada en el centro de la cámara de combustión. Esto promueve una combustión eficiente. Con el motor SOHC, el árbol de levas por lo general está ubicado en medio de la cabeza de válvulas, está distribuido en válvulas admisión y válvulas de escape, sin permitir a la bujía de su ubicación óptima.

Al final, un motor SOHC 16 válvulas tienen un mejor esfuerzo de torsión en el extremo más bajo que los resultados del tren de válvulas del motor DOHC, en su peso y en la parte baja del par. Sin embargo, a altas revoluciones, el par del motor DOHC de 16 válvulas y potencia de pico sería mayor. Esa es la disyuntiva. Con la cantidad de válvulas en igualdad de condiciones, SOHC tiene mejor par motor de baja carga debido que el paquete de tren de válvulas DOHC es más ligero, mientras que el motor DOHC tiene una mejor alimentación de alta carga.



Figura 59. Culata Aveo DOHC (Dual overhead camshaft)

Otros beneficios del motor DOHC es que más fácil de implementar tecnologías de sincronización de válvulas variable (VVT Variable Valve Timing, SUZUKI) y también se puede instalar mejor con poleas de leva ajustable. Si se tuviese que poner las levas de alto perfil en el motor DOHC, el perfil de leva también puede ser más que un motor optimizado SOHC porque se puede jugar con la forma del lóbulo ya que es más fácil con árboles de levas por separado para el calado de válvulas de admisión y válvulas de escape.

#### **4.8.3 Modificación del cigüeñal:**

El cigüeñal es el elemento que constituye el eje principal del motor y recibe por intermedio de la biela, la fuerza generada por la inflamación del gas contenido dentro del cilindro actuando sobre el pistón. Transforma el movimiento alternativo del conjunto Biela-pistón en movimiento de rotación. Antes de realizar modificaciones en el mismo, es de vital importancia conocer los esfuerzos a que está sometido, estos van a ser de torsión y flexión, tanto mayores a medida que se incrementa el régimen de RPM y la relación de compresión. Como es sabido, si se quiere que el motor gire a mayor número de vueltas, se tiene que alivianar las piezas constitutivas del mismo, pero la pregunta es ¿cómo? Y ¿dónde? Veamos: En el cigüeñal, se generan dos tipos de cargas. Una, como ya se dijo, producto de la combustión de la mezcla, y otra, son las cargas dinámicas que aparecen cuando este elemento comienza a girar. Las piezas que se hallan sometidas a movimiento alternativo en el motor en la cual su velocidad pasa de un valor igual a cero en el PMS a un valor máximo para luego volver a anularse en el PMI, sus masas en movimiento dan origen a esfuerzos que cambian constantemente de sentido y que reaccionando en sus apoyos (muñones de bancadas), tienden hacer seguir al conjunto del motor en el movimiento originado por ellas. Es muy importante conocer el valor de dichos esfuerzos. Las piezas móviles que producen estas cargas son: Las bielas, los pistones con sus pernos y aros y los muñones de biela (aficionadosalamecanica, 2014).

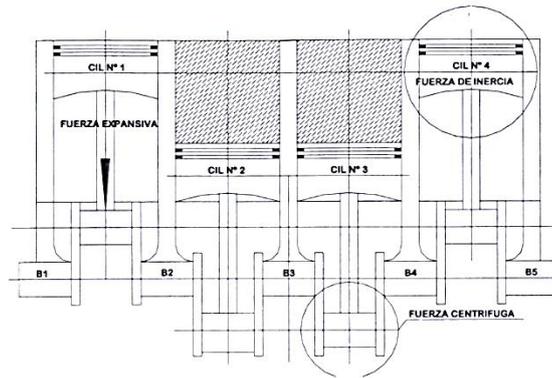


Figura 60. Distribución de cargas sobre el cigüeñal (fuerza expansiva, fuerza de inercia, fuerza centrífuga).  
Fuente: (Funes, 2004)

El cigüeñal que se ha modificado, tiene las mismas dimensiones que su antecesor pero posee más contrapesas; dos por cada muñón de biela; que el estándar, con el objetivo de aumentar su caída por el peso y así que aumente el giro del cigüeñal. Anteriormente estaba provisto de un solo contrapeso por cada muñón de biela. Se ha colocado el cigüeñal con un torque de 45 lbf. Para muñón de biela y 60 lbf para muñón de bancada.

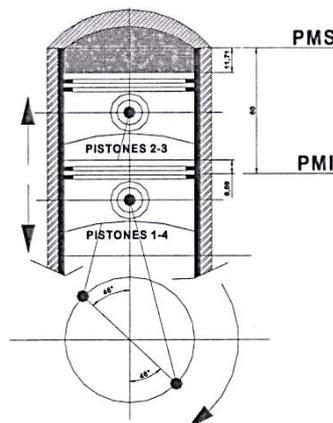


Figura 61. Posición de los pistones 1-4 y 2-3 a 46° del cigüeñal  
Fuente: (Funes, 2004)

#### 4.8.4 Sistema ITB o cuerpos de aceleración individuales

Es un sistema de admisión de aire del motor ITB significa individual trottle body, prácticamente un canal abierto a la atmósfera desde el motor, el Corsa Wind al ser un motor de cuatro cilindros le corresponden cuatro cuerpos de admisión de aire, teniendo en cuenta el sistema de admisión normal solo existe una manera en la que el aire entra al motor que es por el carburador o por el

sistema de depurador de aire (en el caso de los vehículos inyectados) después de este depurador, viene lo que se conoce como múltiple de admisión o intake manifold en inglés, entre los cuatro conductos de admisión de la culata y ahí el aire pasa a través de las válvulas de admisión hacia la cámara de combustión. Bien aclarado, eso el sistema de admisión por ITB elimina todo esto y coloca un cuerpo de admisión para cada pistón multiplicando por cuatro la entrada de aire al motor, por lo que es un canal directo a la atmósfera, maniobrado por el acelerador abre o cierra las cuatro mariposas del sistema al mismo tiempo (Robin626T, 2014).



Figura 62. Sistema ITB cuatro cilindros con inyectores y flauta.

#### **4.8.5 Sistema de bobinas independientes**

Sistema de encendido DIS (Direct Ignition System) independiente. El sistema de encendido tipo DIS es un sistema sin la necesidad de distribuidor mecánico, de esta forma eliminan los desgastes mecánicos que este elemento demandaba y reduce la probabilidad de averías. Como ventajas se puede destacar que la generación de la chispa se produce con mayor control, esto le da más tiempo para que se genere el campo magnético que hará prender a la bujía y así que se produzca la combustión, de esta manera se reduce las posibilidades de no existir la calidad suficiente de chispa en altas RPM. Además ya se eliminan las interferencias eléctricas y los cableados ya que la bobina va incluida en la bujía. Ya que hay mejor control de encendido se puede mejorar el avance de encendido de manera más precisa. En este sistema en concreto se instaló el dispositivo de encendido de la bujía con la bobina en el mismo elemento eliminando los cables de alta tensión, utiliza una bobina por cada cilindro. Independiente la bobina de este sistema de encendido utiliza un diodo de alta tensión para un rápido corte del encendido en el bobinado secundario.

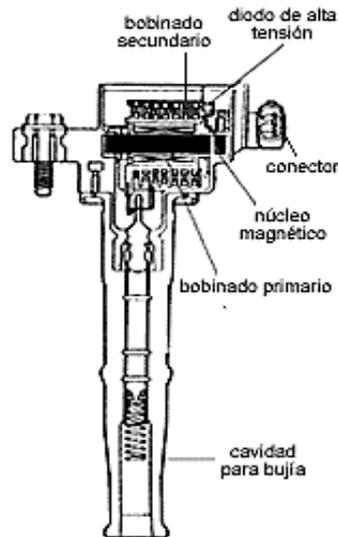


Figura 63. Bobina y módulo de encendido, integrados en el mismo conjunto.  
Fuente: (Meganeboy, 2016)

Esta bobina tiene el módulo de encendido integrado en su interior. Al conector de la bobina llegan 4 hilos cuyas señales son:

*Batería.*

IGT. La señal de IGT (ignition timing) es una señal de voltaje que enciende / apaga el transistor principal en el módulo de encendido.

IGF. La señal IGF es usada por el ECM para determinar si el sistema de encendido está funcionando.

*Masa.*

La ECU puede distinguir que bobina no está operativa cuando recibe la señal IGF. Entonces la ECU conoce cuando cada cilindro debe ser encendido.



Figura 64. Culata con las bobinas independientes

El sistema DIS con encendido "independiente" tiene la ventaja de una mayor fiabilidad y menos probabilidad de fallos de encendido. El problema que tienen las bobinas integradas con el módulo de encendido es que no es posible medir la resistencia de su bobinado primario para hacer un diagnóstico en el caso que existan fallos en el encendido.

#### **4.8.6 Header:**

Se reemplazó el múltiple de escape estándar por uno de 4 a 1, de ésta manera se obtiene el mejor desfogue de gases de escape, mejor respiración del motor, ya que los gases de evacuación salen directamente al tener cada válvula de escape su propio conducto de eliminación directa de gases a la atmósfera. Mientras más se agilite el ciclo de combustión interna del motor, más eficiencia tendrá el mismo y una manera de agilizar esto es acelerar el tiempo del escape de gases, así no quedan atrapados y empieza de inmediato un nuevo ciclo en el motor.

#### **4.8.7 Programación Haltech**

Es una computadora programable en tiempo real de inyección de combustible y sistema de encendido, diseñado para controlar la mayoría de los motores de encendido, ya sea de 1, 3, 4, 6, 8, o 12 cilindros, 1-2 rotores, de aspiración natural, sobrealimentados o turboalimentados.

El sistema Haltech optimiza el rendimiento del motor a través de las siguientes capacidades: Control de encendido estático, control de combustible, control de velocidad.

El sistema patentado HALTECH prácticamente elimina la entrada de números. Se procede simplemente a manipular gráficos de barras, presionando las flechas del PC (computadora personal) corriendo automáticamente la programación del software.

Al manipular las barras permite aumentar o disminuir la capacidad de combustible entregado o avance de encendido en puntos de carga y RPM. El proceso se repite para todos los puntos de cargas en cada rango de RPM. (HALTECH, Haltech, 2012)

#### 4.8.8 Accesorios:

- ECU ordenador programable.
- Cable programador USB.
- Cables de conexión.
- Manual de instalación.
- CD de instalación del software para programación.

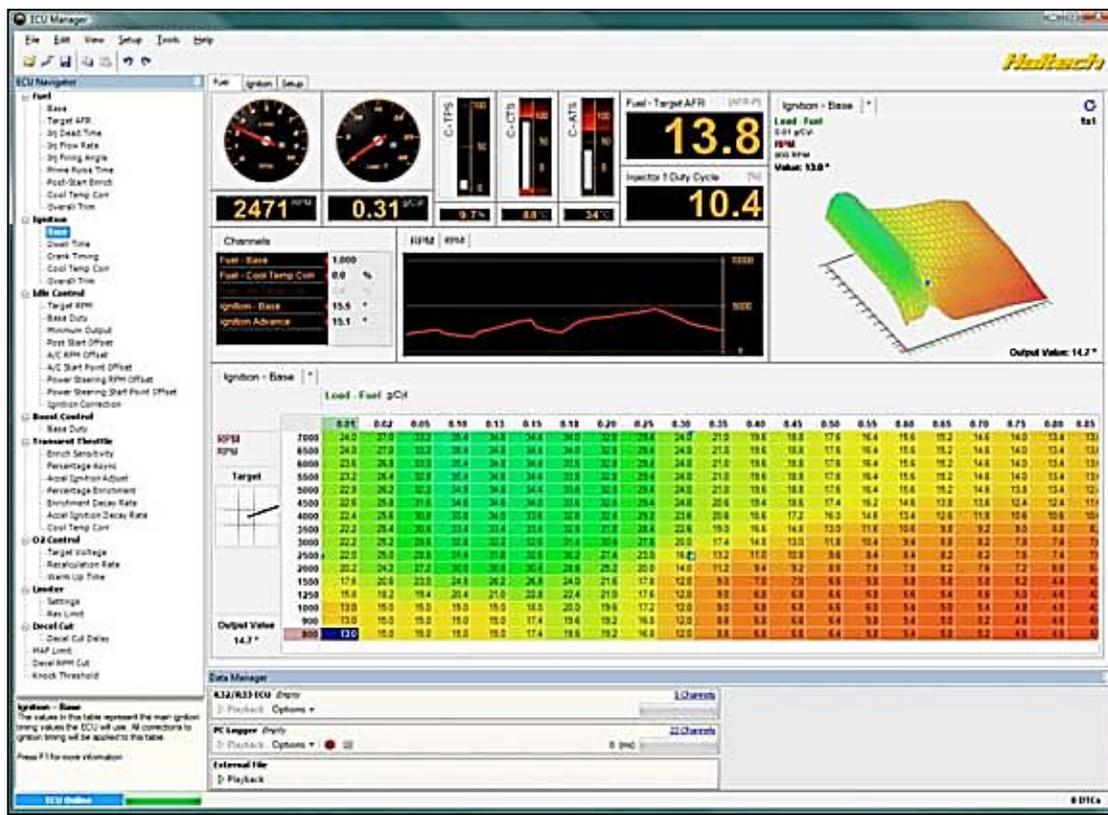


Figura 65. Software del sistema de inyección programable HALTECH Fuente. (HALTECH, Computadora programable, 2012)

#### 4.9 Pruebas en el motor

Para realizar las pruebas, el motor tiene que estar a temperatura normal de funcionamiento 85-90°C.

#### 4.9.1 Prueba en el banco dinamométrico.

La medición de la potencia del motor en condiciones estándar se realiza en el banco dinamométrico. El banco dinamométrico es utilizado para la medición de potencia, su fundamento parte del principio de inercia.



Figura 66. Corsa Wind 1.4L sobre rodillos del Banco Dinamométrico

Consta de cuatro rodillos sobre los cuales se colocan las ruedas motrices del automóvil, en el caso del elemento de prueba serían las ruedas delanteras. Solidariamente los rodillos giran con un momento de inercia conocido. Existe un sensor que toma la velocidad de giro de los rodillos y envía en forma sistemática una información de velocidad a la computadora. (Para este banco, sólo es admisible la medición computarizada).

Se procede a acelerar el motor hasta el corte de inyección de manera que los rodillos conectados con la computadora reciben directamente la transmisión de fuerza de las ruedas motrices y realiza un informe a diferentes regímenes en el monitor.

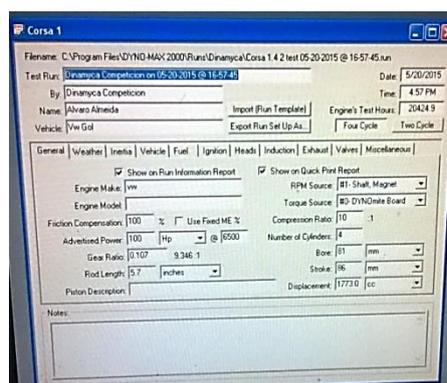


Figura 67. Ingreso de datos en el software del dinamómetro

La computadora memoriza esta información. Luego hará el cálculo de las diferencias de velocidad que fue recibiendo, y con la base de tiempo que fueron enviadas puede calcular la aceleración instantánea, con este momento de inercia

del sistema rodillo- volante, puede hacer cálculos de potencia y torque en el cigüeñal y en la rueda impulsora.



Figura 68. Corsa Wind 1.4L sobre rodillos del Banco Dinamométrico

#### 4.9.2 Curva de potencia

El programa permitirá hacer comparaciones de las curvas de potencia de pérdida como también las curvas de potencia en el motor y en la rueda impulsora.

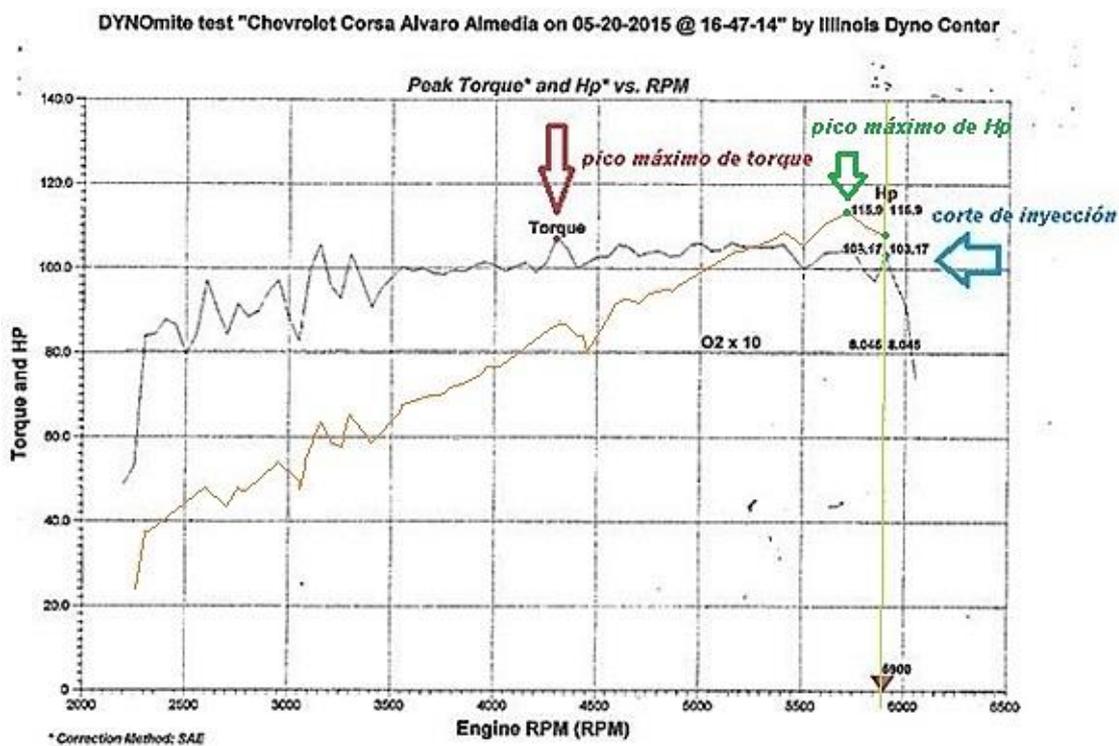


Figura 69. Test aplicado al Corsa Wind 1.4L. HP @ RPM

Fuente: (Competition, 2015)

Se puede apreciar en este gráfico una línea irregular que representa la curva de torque en función de las revoluciones por minuto del motor Corsa Wind 1.4L. La gráfica arranca en 2200 RPM con un torque de 50hp, al acercarse a las 2300RPM se observa un cambio brusco, una alza en la curva de la gráfica hasta

los 83hp. A las 2300RPM sube hasta casi 90hp y desciende a las 2500 RPM a los 80hp, vuelve a subir a casi 100hp a las 2700 RPM posteriormente se manifiesta un alza y baja de torque, de nuevo alza y de nuevo desciende hasta que se estabiliza a partir de las 3500 RPM, pero no es entonces donde a las 4300 RPM sufre el mayor pico de torque del gráfico donde alcanza el torque máximo de 115.9 hp con un nivel de oxígeno de 8.045 partículas en los gases de evacuación, está señalado con un punto y flecha roja. A partir de este punto se establece la curva entre los 105 a 110 hp, hasta descender a las 5800 RPM donde los inyectores dejan de inyectar el caudal normal de combustible y cae la curva en función del torque, a esto le llamamos corte de inyección, está señalado con un punto y una flecha azul los inyectores reducen su atomización de combustible, la cual fue programada para la seguridad y protección del motor, si no existiera el corte de inyección, los inyectores seguirían inyectando más combustible conforme el régimen del motor sigue en aumento, se produciría sobrecalentamiento, ya que la cámara de combustión a altas RPM trabaja a unos 300 a 500°C donde se fundiría el metal, ni el sistema de refrigeración ni el electro-ventilador podrán absorber tan altas temperaturas. El corte de inyección se gestiona a través del sensor de temperatura del motor, el sensor de temperatura del refrigerante (ECT) y la ECU quien recibe la señal y ordena a los inyectores dejar de suministrar combustible.

# Illinois Dyno Center

1010 N.High Street  
 Port Byron, Ill 61275  
 (309) 523-2061

DYNOMite Test Run: Chevrolet Corsa Alvaro Almedia on 05-20-2015 @ 16-47-14

Date: 5/20/2015

Correction Method: SAE

RPM (RPM)	Hp (Hp)	O2 (A/F)	Torque (ft-lb)
2200	20.66	8.045	48.80
2300	37.36	8.045	83.82
2400	40.11	8.045	87.78
2500	37.83	8.045	79.46
2600	47.97	8.045	96.92
2700	43.42	8.045	84.47
2800	47.17	8.045	88.45
2900	52.19	8.045	94.47
3000	50.35	8.045	88.06
3100	58.75	8.045	99.58
3200	58.34	8.045	95.75
3300	64.87	8.045	103.29
3400	58.76	8.045	90.78
3500	65.12	8.045	97.73
3600	68.11	8.045	99.37
3700	69.66	8.045	98.87
3800	72.04	8.045	99.56
3900	74.74	8.045	100.65
4000	76.67	8.045	100.68
4100	78.38	8.045	100.40
4200	79.25	8.045	99.10
4300	87.94	8.045	107.42
4400	83.77	8.045	100.00
4500	88.00	8.045	102.71
4600	92.57	8.045	105.70
4700	92.22	8.045	103.05
4800	95.20	8.045	104.17
4900	96.20	8.045	103.11
5000	101.0	8.045	106.06
5100	101.5	8.045	104.51
5200	104.3	8.045	105.34
5300	106.1	8.045	105.16
5400	108.9	8.045	105.90
5500	104.8	8.045	100.09
5600	110.7	8.045	103.81
5700	113.1	8.045	104.26
5800	109.7	8.045	99.32
5900	115.9	8.045	103.17
6000	104.6	8.045	115.0

Figura 70. Tabla de Parámetros del motor Corsa Wind 1.4L

Fuente: (Competition, 2015)

En esta tabla se encuentra especificado el momento exacto de la prueba realizada en el dinamómetro en la cual se encuentra las RPM, Hp, O2 y torque, se puede observar que en la tabla se empieza desde las 2200 RPM con un 20.66Hp

y 40.80 de torque y en el tope máximo que es las 5900 RPM se obtiene 115.9Hp y 103.17 de torque.

#### 4.10 Comparación de estado anterior y actual del vehículo Corsa Wind 1.4L

##### 4.10.1 Análisis

Tabla 5. Análisis comparativo

Variable/ Sistema	Parámetro		Observación
	Antes	Actual	
Chevrolet Corsa Wind	1.4L	1.4L	Misma cilindrada con mejor eficiencia.
Número de cilindros	4	4	No varía.
Distribución	OHC	DOHC	Aumento de dos válvulas más por cada cilindro.
Cilindrada	1389cc	1493cc	Aumento de 3.4% a la cilindrada total.
Relación de compresión	9,5:1	9,9:1	Reducción de la cámara de combustión.
Octanaje	95	95	No varía.
Potencia	79.3 HP	115 HP	Considerable aumento de potencia, en un 32%
Torque o par motor:	100.6Nm a 5900 rpm	139.87Nm a 5900 rpm	Con la mejora de torque obtenemos mejor aceleración. Aumento de torque en un 29%
Velocidad máxima	192 km/h	192 km/h	No se ha modificado cono y corona en la transmisión, la velocidad máxima no varía.
Sistema de encendido	DIS Orden de encendido:1-3-4-2	DIS independiente Orden de encendido:1-3-4-2	No varía
Bobina de encendido:	AC DELCO	Bobinas independientes GM	
Resistencia	5700 ohm	5700 ohm	
Aceleración de 0 a 100km/h	14.5 s	11.21 s	Disminución del tiempo de un 23%

En este análisis comparativo se puede observar que se encuentra el sistema a analizar, los parámetros anteriores y los nuevos, además algunas observaciones

en las cuales se puede encontrar que el vehículo tiene una mayor eficiencia que lo que tenía antes y tomando en cuenta que sigue teniendo la misma cilindrada.

#### 4.11 Programación

Mediante programación, con la ayuda del software LabView™ versión 2012, se ha obtenido un programa ejecutable, que contiene once parámetros que se pueden calcular de cualquier motor de combustión interna por medio del ingreso de datos.

Contiene una portada con dos botones, el primer botón llamado “Stop” o en español “Detener”, se ha de utilizar para detener el proceso de ejecución en el que se va a encontrar el programa.



Figura 71. Portada del programa ejecutable

El segundo botón llamado “Índice”, al dar clic en él se accede a otra pantalla que contiene once botones de parámetros del motor, los cuales son:

Par-Trabajo-Potencia

Cilindrada

Relación de compresión

Conducto de admisión

Múltiple de escape

Cálculos en las válvulas

Válvula de escape

Resortes de válvulas

Fuerza efectiva en el cigüeñal

Fuerza de inercia en el cigüeñal

Fuerza centrífuga del cigüeñal

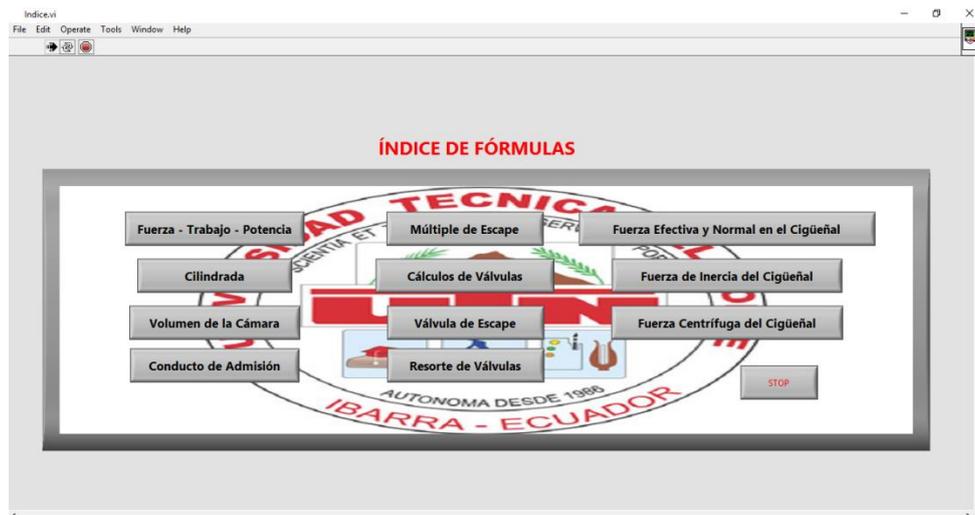


Figura 72. Índice de fórmulas o parámetros

### **Par-Trabajo-Potencia**

En esta ventana se han de ingresar los valores de par motor, distancia y fuerza para obtener la fuerza, el trabajo y la potencia del motor.

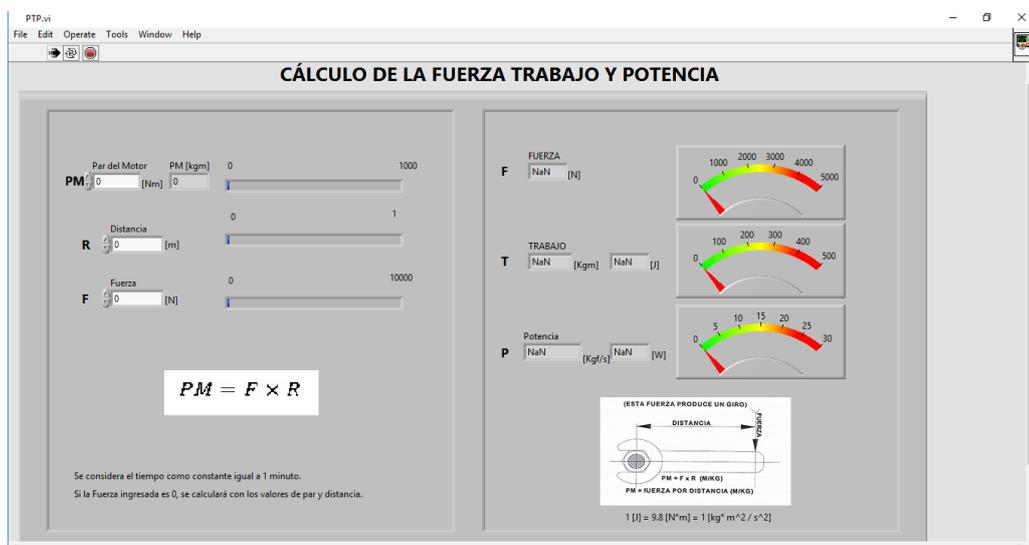


Figura 73. Cálculo de la fuerza-trabajo-potencia

## Cilindrada

La ventana de cálculo de la cilindrada muestra el ingreso de datos de diámetro de cilindro y la carrera del pistón. Se calcula cilindrada unitaria y cilindrada total.

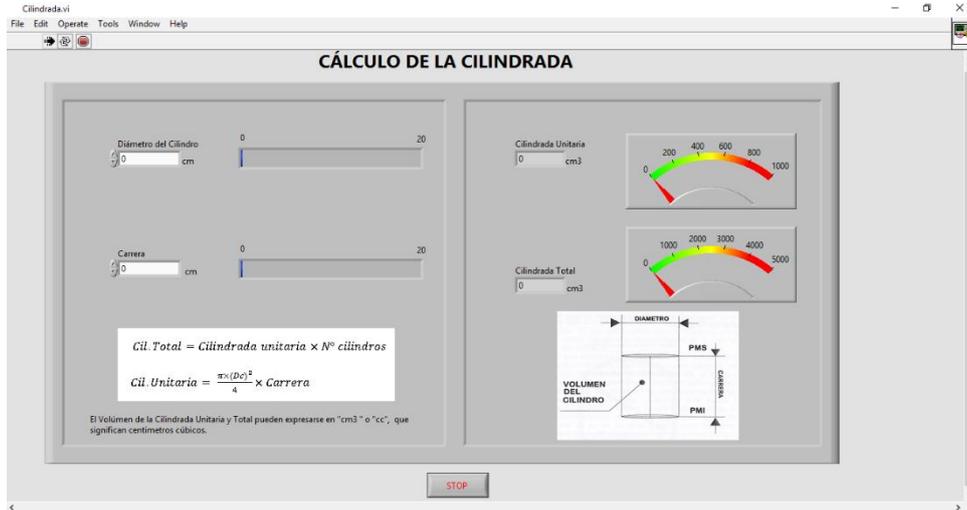


Figura 74. Cálculo de la cilindrada

## Volumen de la cámara

Para el cálculo de volumen de la cámara se deben ingresar los datos de la relación de compresión y el volumen del cilindro, para así obtener el volumen de la cámara de combustión.

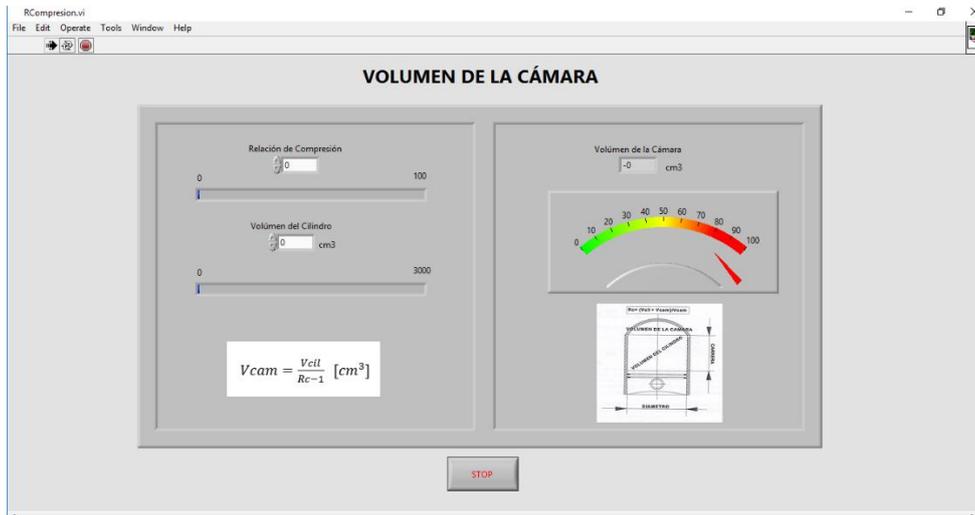


Figura 75. Cálculo del volumen de la cámara

## Conducto de admisión

En la ventana de conducto de admisión se deben ingresar los valores de velocidad media del pistón, superficie del pistón y velocidad del gas para obtener la sección del conducto.



Figura 76. Cálculo del conducto de admisión

## Múltiple de escape

En la ventana de múltiple de escape se deben ingresar los valores de ángulo de apertura de escape, ángulo de retraso de cierre de escape, número de cilindros, revoluciones por minuto y la cilindrada unitaria. Con estos valores se puede calcular el tiempo de duración de la carrera de escape, longitud del múltiple, el diámetro de los conductos del múltiple y el diámetro del conducto de salida.



Figura 77. Cálculos del múltiple de escape

### Cálculos de válvulas

En la ventana de cálculos de válvulas de deben ingresar los datos de diámetro tanto de la cabeza de válvula como del vástago, la alzada y el ángulo de asiento de válvula. Con estos datos se obtiene la sección de paso de la mezcla.

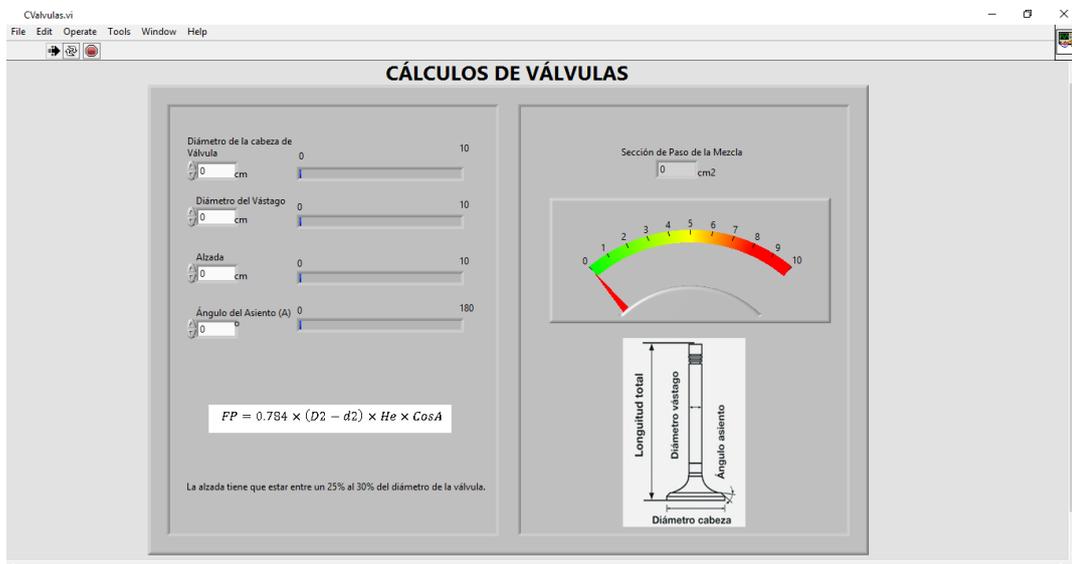


Figura 78. Cálculos de las válvulas

## Válvula de escape

Para calcular el diámetro de la válvula de escape, se debe ingresar el diámetro de la válvula de admisión, está expresado en mm.



Figura 79. Cálculo de la válvula de escape

## Resortes de válvulas

Para calcular la fuerza mínima requerida en los resortes de admisión y escape debemos ingresar los valores de los diámetros de válvulas, tanto los de admisión como los de escape.

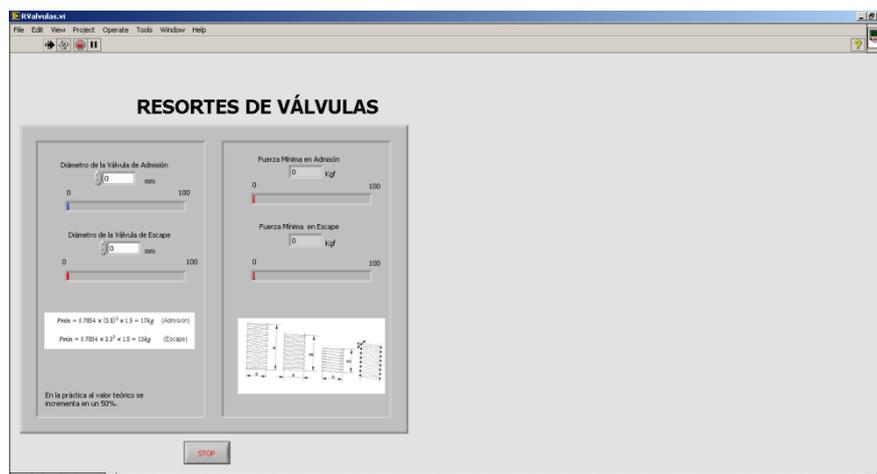


Figura 80. Cálculos de resortes de válvulas.

## Fuerza efectiva y fuerza normal del cigüeñal

Para calcular la fuerza efectiva del cigüeñal y la fuerza normal a las paredes del cilindro, se debe ingresar los siguientes valores: Presión aplicada a la cabeza del cilindro o “la compresión”, diámetro del cilindro y ángulo de oblicuidad de la biela que es el ángulo que se forma entre la vertical y el brazo de la biela.

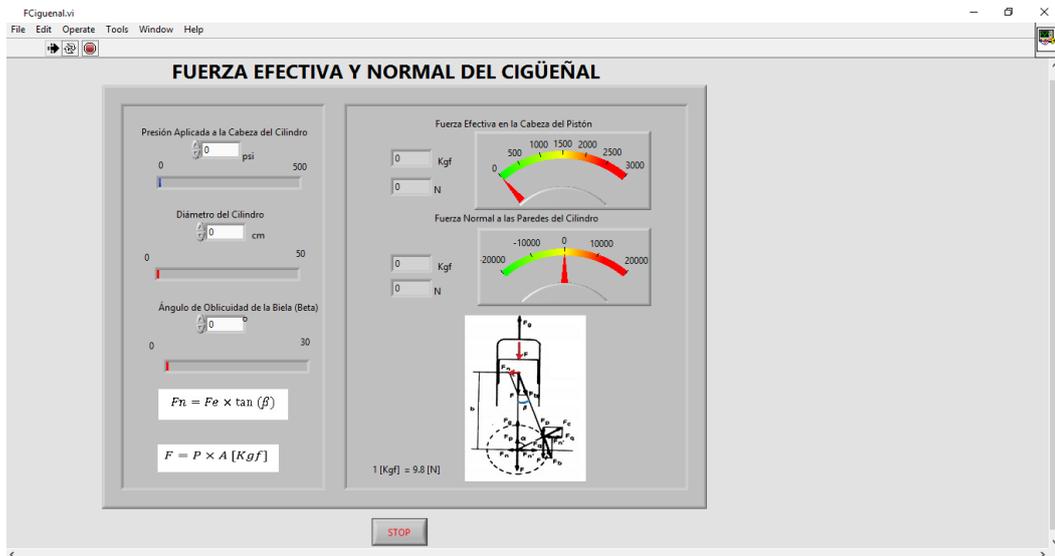


Figura 81. Cálculos de la fuerza efectiva y fuerza normal del cigüeñal.

## Fuerza de inercia

Para obtener la fuerza de inercia y velocidad tangencial aplicada al cigüeñal, se deben ingresar los parámetros de revoluciones por minuto del cigüeñal, el radio, su velocidad (en el caso que se sepa el dato) y la masa de los elementos en movimiento alternativo (pistón, perno, aros y 1/3 de parte de la biela).

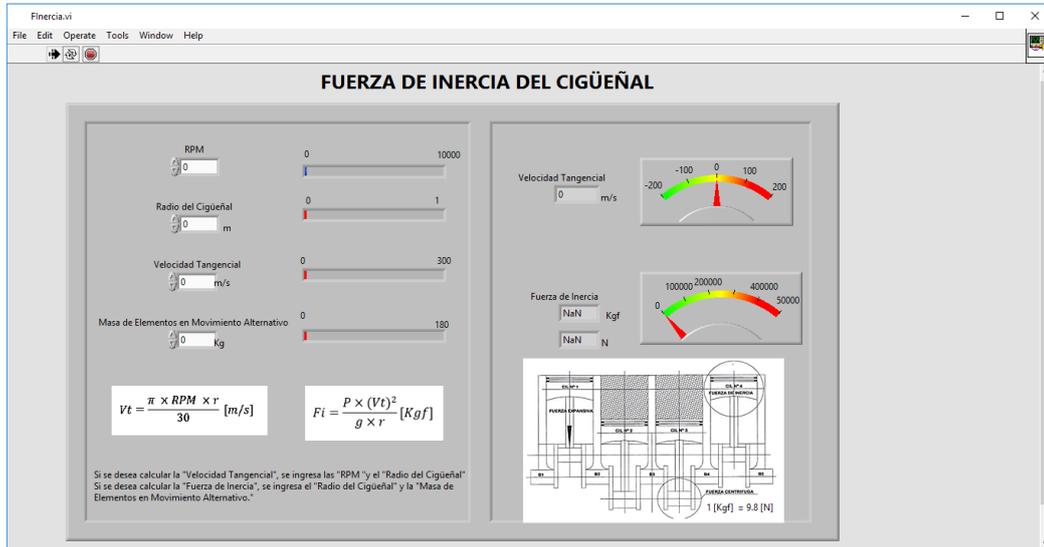


Figura 82. Cálculo de la fuerza de inercia y velocidad tangencial.

## Fuerza centrífuga del cigüeñal

Para calcular la fuerza centrífuga del cigüeñal, se debe ingresar: la masa en kg, la velocidad angular, que se obtiene al transformar el régimen de giro del cigüeñal de RPM a radianes sobre segundo, y el radio.

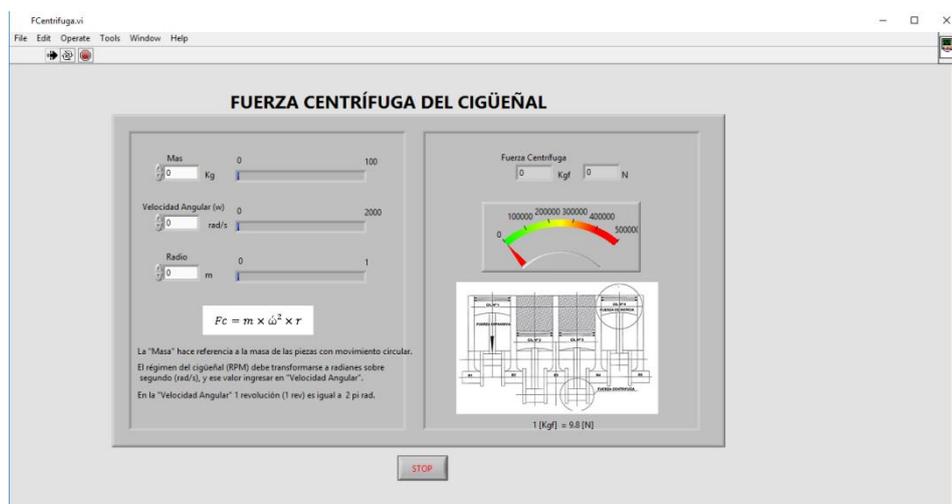


Figura 83. Cálculo de la fuerza centrífuga del cigüeñal

## 5. CAPÍTULO V

### 5. Conclusiones y Recomendaciones

#### 5.1 Conclusiones

Se ha podido obtener características específicas de las partes a modificar del motor, tales como el cigüeñal de mayores dimensiones, esto quiere decir que tiene el mismo largo, pero el doble de contrapesas, las cuales tienen un peso de 2.5kg cada una. En la admisión también se ha logrado un mayor rendimiento con mayor entrada de aire al motor, esto gracias al sistema ITB, de 38mm de radio en la entrada de los cuerpos de aceleración implementados en los conductos de admisión.

El consumo de combustible se ha elevado en un 27.1%, ya que el motor estándar del Corsa Wind tenía un consumo de 5.2km/L. Al haberse modificado: el régimen de inyección semi-secuencial de combustible por medio de la computadora programable Haltech®, la entrada de aire por el sistema de cuerpos de aceleración independientes, y el aumento del 3,4% de la cilindrada; El motor ha resultado con un consumo en ciudad de 3.8km/L.

Existen dos tipos de sistemas de escape, se ha tomado en cuenta el sistema que proporciona una mayor aceleración sacrificando la velocidad, esto partiendo de las 2500RPM. El que el otro tipo de sistema nos proporciona mayor velocidad final sacrificando la aceleración. En este caso previa la modificación del motor, se obtuvo una aceleración de 0 km/h a 100 km/h en 14.5 segundos y posterior a la modificación se obtuvo un resultado de 11.21 segundos.

La culata del vehículo estándar del corsa 1.4L poseía un solo árbol de levas, después de una investigación y análisis minucioso se llegó a la conclusión de que la culata del vehículo Chevrolet Aveo 1.6 L tiene las mismas dimensiones y se puede reemplazar por la culata estándar. En el nuevo culata se puede encontrar 16 válvulas esto quiere decir que tiene el doble de válvulas, las cuales tienen como medidas 4.5 cm de diámetro y 0.8 cm de vástago, por ende el trabajo a realizarse va a ser el doble y posee algunas ventajas, tales como: la posición de

las bujías en el centro, la cual hace que tenga la misma distancia en todos los puntos del pistón ya que esto es de mucha ayuda para prevenir el picado.

En las modificaciones del motor se ha realizado el mecanizado del bloque de cilindros con lo cual se ha rectificado las camisas, y se obtiene un mayor diámetro del cilindro, la tolerancia de corte es de 0.098 mm, también se ha colocado pistones nuevos de 77.612 mm de diámetro y 44 mm de falda, esto se realiza porque el vehículo va a ser sometido a mayor esfuerzo y como consecuencia a mayores temperaturas, es la razón por la cual es preferible implementar componentes nuevos y livianos.

Se ha logrado elevar la potencia cepillando la culata, se le ha disminuido su altura en 0.5 mm, con esto la cámara de combustión se pierde altura y el vehículo gana más potencia con una nueva relación de compresión de 1: 9.9.

Las pruebas de potencia y torque se han realizado en un banco de pruebas dinamométrico en la ciudad de Quito, con lo cual se han obtenido los siguientes resultados: a 5900rpm, 115.9 hp, de velocidad, y 139.88Nm de torque. Con estos resultados llegamos a la conclusión de que en potencia se ha obtenido un aumento de un 32% y en torque un aumento de 29%.

## **5.2 Recomendaciones**

Revisar todas las conexiones que estén bien blindados, polaridades y cables conectados antes de encender el vehículo porque pueden afectar a la ECU de un posible corto circuito.

Mantener un correcto mantenimiento al vehículo repotenciado con el chequeo permanente ya que estos están sometidos a enormes esfuerzos y desgastes al exigirle más que a un vehículo de ciudad.

Para mejorar la refrigeración del motor, debemos tomar en cuenta que al obtener el motor mayor potencia, también se obtiene mayor temperatura, la refrigeración adecuada es importante, para evitar una falla grave en el motor, con el uso del correcto refrigerante de alta calidad para vehículos de competencia con un punto de congelamiento a  $-2^{\circ}\text{C}$  y el punto de ebullición a 15 psi o  $122^{\circ}\text{C}$ .

Se puede aumentar el grado de ventilación con el uso de un contra-ventilador ubicado en la parte anterior del radiador. O en su defecto retirar la persiana, faros o cualquier componente que obstaculice la ventilación forzada del vehículo.

En el caso de adicionalmente mejorar el sistema de refrigeración se puede modificar el radiador por uno de mayor capacidad, esto nos ayuda a que el refrigerante estabilice su temperatura más rápido, tomando en cuenta la capacidad del motor.

Una vez terminadas las conexiones hacer varias comprobaciones en los sensores y actuadores para poder evitar fallas en el vehículo. Se puede utilizar como herramienta un osciloscopio, con esto ver las señales electrónicas.

Este tipo de proyectos deben realizarse cumpliendo las normas de seguridad industrial, dependiendo el trabajo a realizarse tal como utilizar ropa adecuada de trabajo, utilizar protección auditiva, visual, utilización de guantes, calzado correcto, entre otros.



## ANEXO 1

Gráfica de torque en función de régimen del motor en RPM, datos arrojados por el banco dinamométrico.

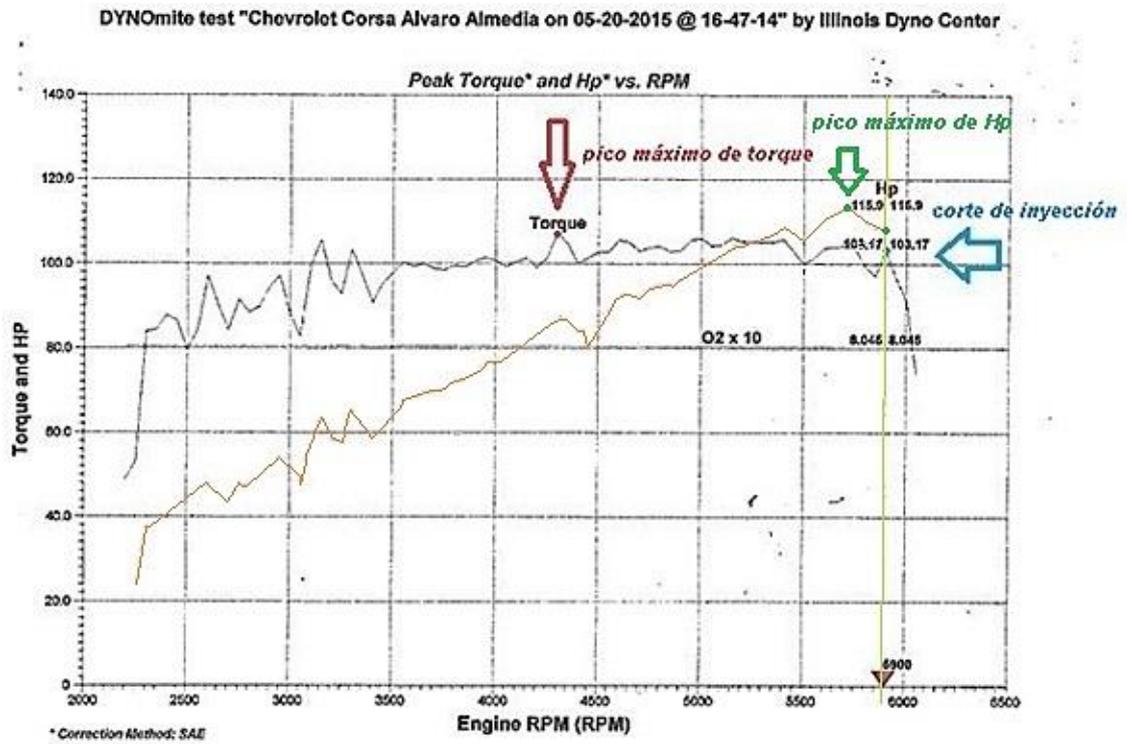


Tabla de parámetros diagnosticados en el banco de pruebas.

## Illinois Dyno Center

1010 N.High Street  
Port Byron, Ill 61275  
(309) 523-2061

DYNomite Test Run: Chevrolet Corsa Alvaro Almedia on 05-20-2015 @ 16-47-14

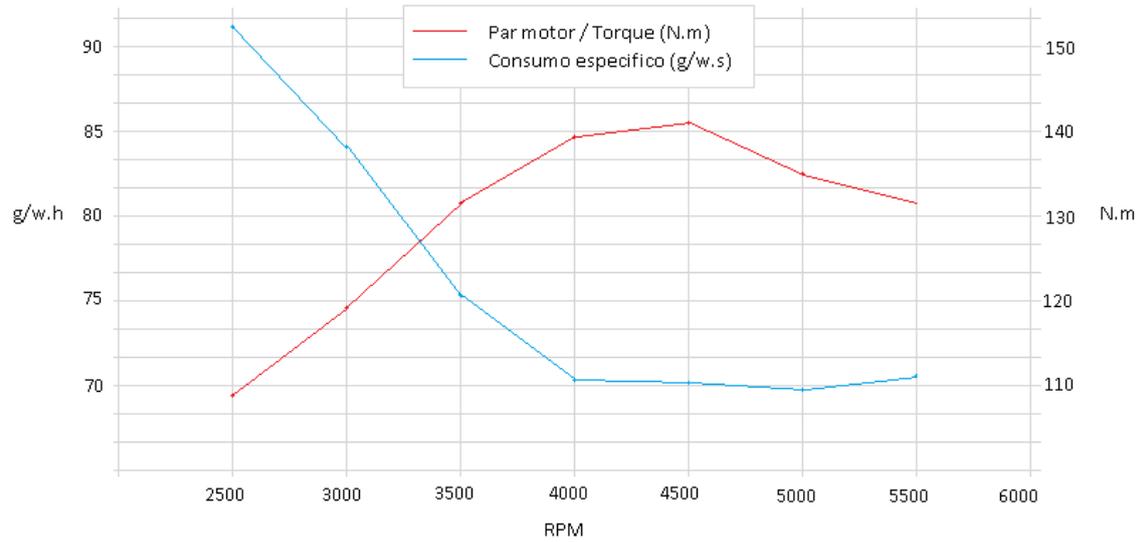
Date: 5/20/2015

Correction Method: SAE

RPM (RPM)	Hp (Hp)	O2 (A/F)	Torque (ft-lb)
2200	20.66	8.045	48.80
2300	37.36	8.045	83.82
2400	40.11	8.045	87.78
2500	37.83	8.045	79.46
2600	47.97	8.045	96.92
2700	43.42	8.045	84.47
2800	47.17	8.045	88.45
2900	52.19	8.045	94.47
3000	50.35	8.045	88.06
3100	58.75	8.045	99.58
3200	58.34	8.045	95.75
3300	64.87	8.045	103.29
3400	58.76	8.045	90.78
3500	65.12	8.045	97.73
3600	68.11	8.045	99.37
3700	69.66	8.045	98.87
3800	72.04	8.045	99.56
3900	74.74	8.045	100.65
4000	76.67	8.045	100.68
4100	78.38	8.045	100.40
4200	79.25	8.045	99.10
4300	87.94	8.045	107.42
4400	83.77	8.045	100.00
4500	88.00	8.045	102.71
4600	92.57	8.045	105.70
4700	92.22	8.045	103.05
4800	95.20	8.045	104.17
4900	96.20	8.045	103.11
5000	101.0	8.045	106.06
5100	101.5	8.045	104.51
5200	104.3	8.045	105.34
5300	106.1	8.045	105.16
5400	108.9	8.045	105.90
5500	104.8	8.045	100.09
5600	110.7	8.045	103.81
5700	113.1	8.045	104.26
5800	109.7	8.045	99.32
5900	115.9	8.045	103.17
6000	104.6	8.045	115.0

## ANEXO 2

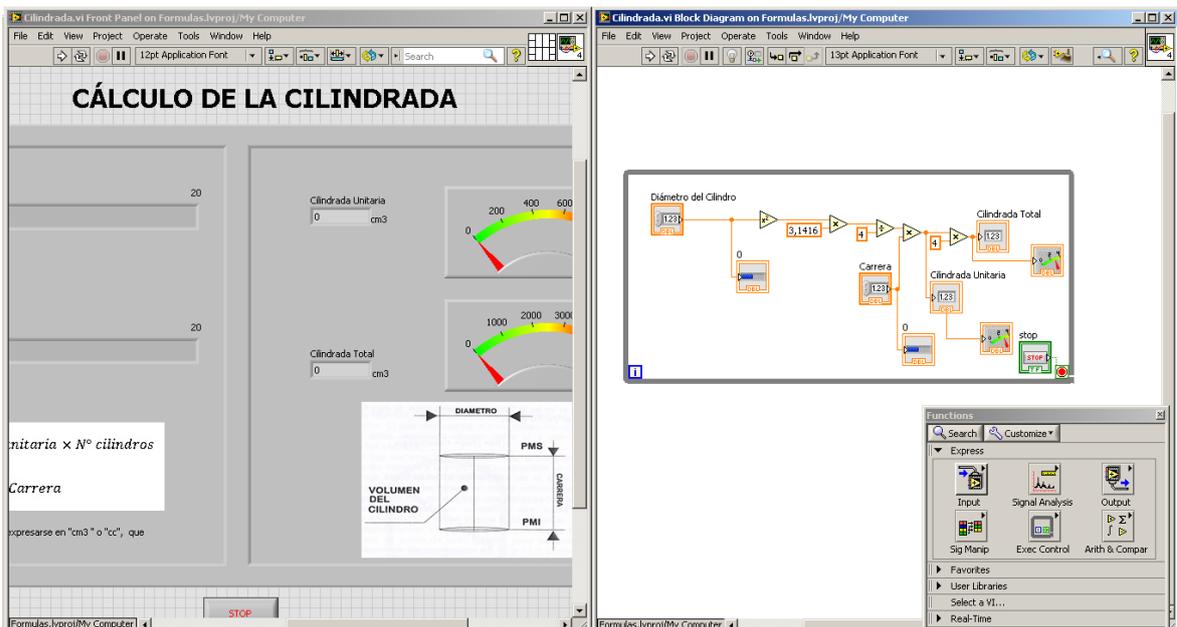
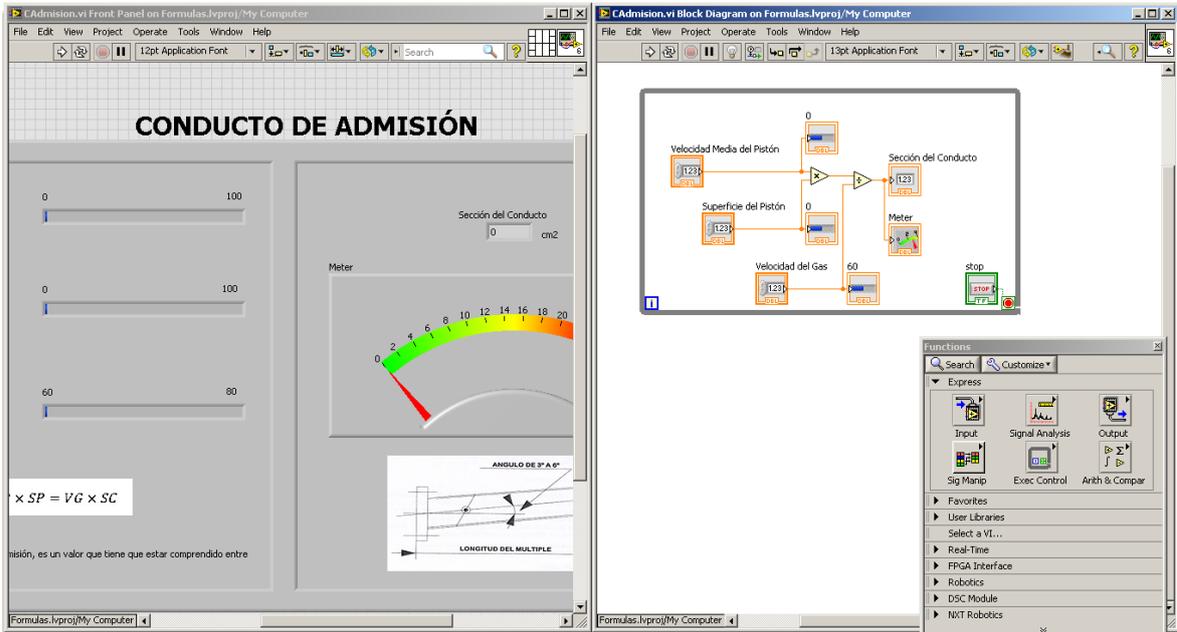
Curva de consumo específico de combustible por hora del motor Corsa Wind  
1.4L repotenciado:



RPM	Torque(N.m)	Hp	Consumo específico/seg	Consumo específico/h
2500	107,73	37,83	0.0257	92.52
3000	119,39	50,35	0.0232	83.52
3500	132,504	65,12	0.0209	75.24
4000	136,503	76,67	0.0202	72.72
4500	139,25	88	0.0198	71.28
5000	143,79	101	0.0192	69.12
5500	135,703	104,8	0.0204	73.44
6000	155,91	104,6	0.0177	63.72

## ANEXO 3

Ventanas de programación (Block de diagramas) ejecutable en LabVIEW™ de diferentes parámetros del motor:



### CÁLCULOS DE VÁLVULAS

Sección de Paso de la Mezcla  
0 cm<sup>2</sup>

$4 \times (D_2 - d_2) \times H_e \times \cos A$

entre un 25% al 30% del diámetro de la válvula.

### Cálculos de Válvulas - Block Diagram

### FUERZA CENTRÍFUGA DEL CIGÜEÑAL

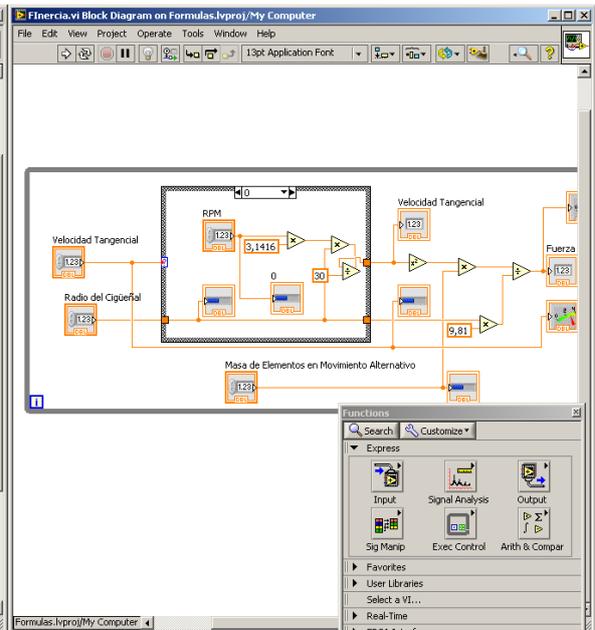
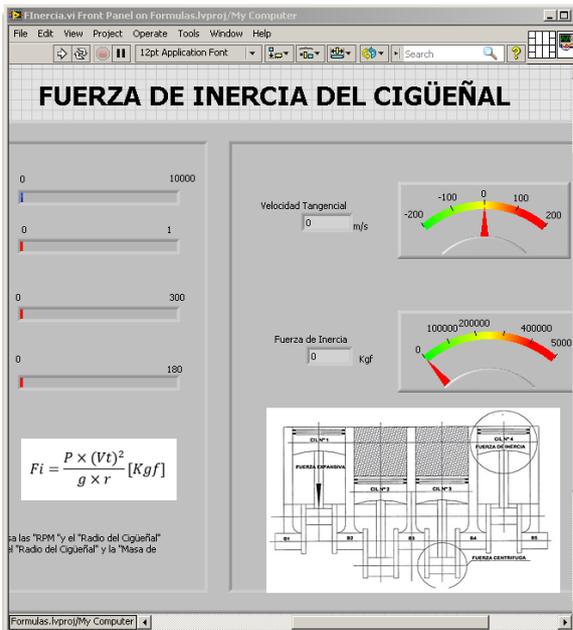
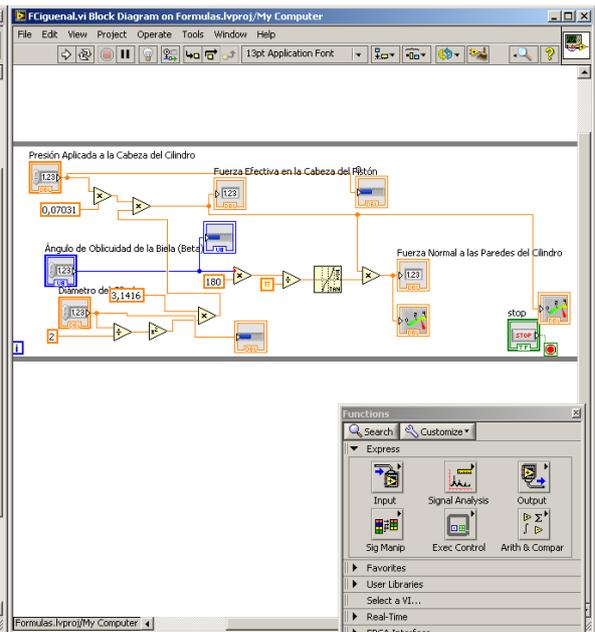
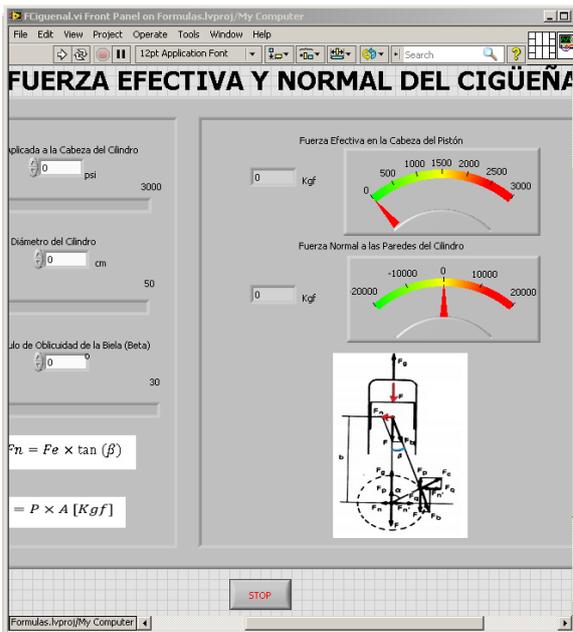
Fuerza Centrífuga  
0 kgf

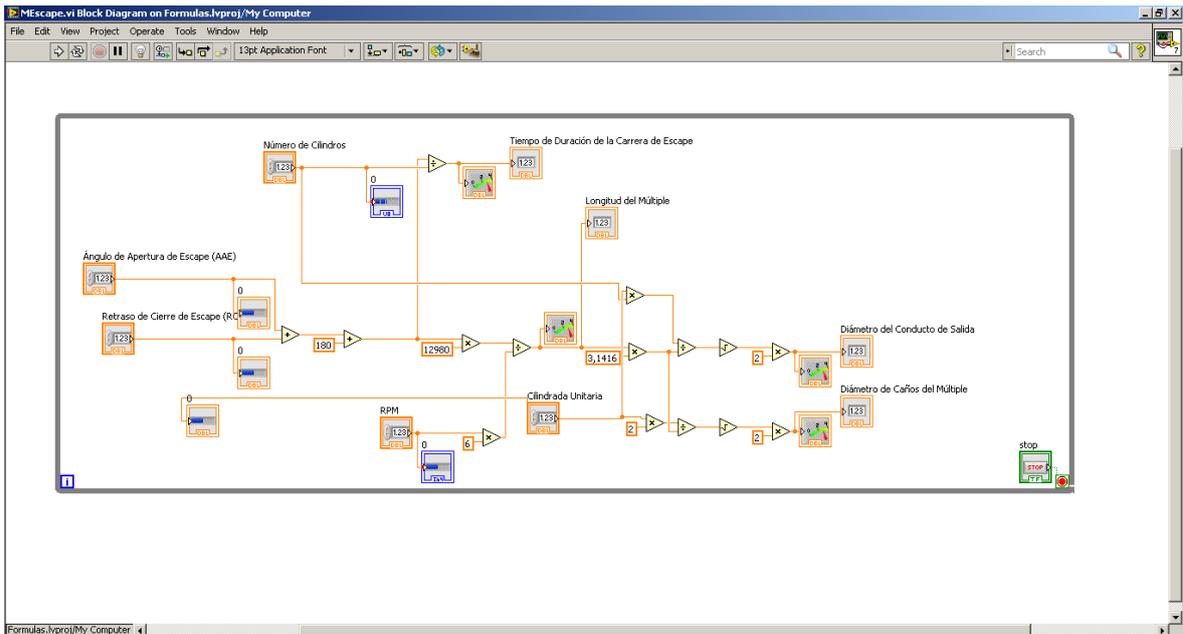
$F_c = m \times \omega^2 \times r$

Referencia a la masa de las piezas con movimiento circular.  
RPM (RPM) debe transformarse a radianes sobre ese valor ingresar en "Velocidad Angular".  
Angular 1 revolución (1 rev) es igual a 2 pi rad.

**STOP**

### Fuerza Centrífuga del Cigüeñal - Block Diagram





PTP.vi Front Panel on Formulas.lvproj/My Computer

### CÁLCULO DE LA FUERZA TRABAJO Y POTEN

1000  
1  
10000

FUERZA  
0 [N]

TRABAJO  
0 [kgm]

Potencia  
0 [kgf/s]

1000 2000 30  
0 100 200 30  
5 10 15

R

(ESTA FUERZA PRODUCE UN GIRO)

DISTANCIA

PM = F x R (MIKG)  
PM = FUERZA POR DISTANCIA (MIKG)

PTP.vi Block Diagram on Formulas.lvproj/My Computer

The diagram shows inputs 'Distancia', 'Fuerza', and 'Par del Motor'. 'Distancia' and 'Fuerza' are multiplied together. The result is then multiplied by a constant 0,8. The output is 'TRABAJO'. 'Par del Motor' is multiplied by a constant 9,8 to get 'PM [kgm]'. 'TRABAJO' is then multiplied by 'PM [kgm]' to get 'Potencia'. A 'stop' button is at the bottom right.

### VOLUMEN DE LA CÁMARA

Volumen de la Cámara  
0 cm<sup>3</sup>

[cm<sup>3</sup>]

STOP

### RCompression.vi Block Diagram

Volumen del Cilindro

Relación de Compresión

Volumen de la Cámara

STOP

### RESORTES DE VÁLVULAS

Diámetro de la Válvula de Admisión

Fuerza Mínima en Admisión

Diámetro de la Válvula de Escape

Fuerza Mínima en Escape

$F_{min} = 0.7854 \times (3.8)^2 \times 1.5 = 17kg$  (Admisión)  
 $F_{min} = 0.7854 \times 3.3^2 \times 1.5 = 13kg$  (Escape)

En la práctica al valor teórico se incrementa en un 50%.

STOP

### RValvulas.vi Block Diagram

Diámetro de la Válvula de Admisión

Diámetro de la Válvula de Escape

Fuerza Mínima en Escape

Fuerza Mínima en Admisión

### VÁLVULA DE ESCAPE

Díámetro de la Válvula de Admisión

0 mm

0 100

$D_{vesc} = D_{vadm} \times 0.85$

El Diámetro de la Válvula se calcula como el 85% de la Válvula de Admisión, por lo tanto se multiplica por 0.85.

Díámetro de la Válvula de Escape

0 mm

STOP

### Válvula de Escape Block Diagram

The block diagram shows a multiplier block with the constant 0.85. The input is labeled 'Díámetro de la Válvula de Admisión' and the output is labeled 'Díámetro de la Válvula de Escape'. A stop button is also present in the diagram.

## ANEXO 4

Tabla de masa y dimensiones de elementos en movimiento:

ELEMENTO	MASA	RADIO	DIAMETRO	ALTURA
CIGÜEÑAL	12,48 kg 27,5 lb	67,5 mm	135 mm 42,65 mm (muñón biela) 55 mm (muñón bancada)	
PISTON	0,33 kg 0,72 lb	38,806 mm	77.612 mm	44 mm
BULON		8,875 mm	17,75 mm	57,5 mm
BIELA	0,44 kg 0,98 lb			130mm
ANILLOS	0,08 kg 0,18 lb			