

**UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA**

**SEDE CUENCA**

**CARRERA DE INGENIERÍA MECÁNICA AUTOMOTRÍZ**

**“ESTUDIO DE LAS CONDICIONES DE FUNCIONAMIENTO DEL  
MOTOR ARMFIELD VOLKSWAGEN CM11”.**

**TESIS DE GRADO PREVIA A LA  
OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE INGENIERO  
MECÁNICO AUTOMOTRÍZ.**

**AUTORES:**

DIEGO FABRICIO NASPUD URGILES.

MIGUEL ANGEL SARMIENTO TIXI.

**DIRECTOR:**

ING.NESTOR RIVERA CAMPOVERDE.

**CUENCA, DICIEMBRE 2014**

## DECLARATORIA DE RESPONSABILIDAD

Nosotros, Diego Fabricio Naspud Urgiles y Miguel Ángel Sarmiento Tixi, declaramos bajo juramento que el trabajo descrito es de nuestra autoría; que no ha sido previamente presentado para ningún grado o calificación profesional; y que hemos consultado las referencias bibliográficas que se incluyen en este documento.

A través de la presente declaración cedemos nuestros derechos de propiedad intelectual correspondientes a este trabajo, a la Universidad Politécnica Salesiana, según lo establecido por la ley de Propiedad Intelectual, por su Reglamento y por la normatividad institucional vigente.

Firma:



Diego Fabricio Naspud Urgiles



Miguel Ángel Sarmiento Tixi

## **CERTIFICACIÓN**

Que el siguiente trabajo de tesis: **“ESTUDIO DE LAS CONDICIONES DE FUNCIONAMIENTO DEL MOTOR ARMFIELD VOLKSWAGEN CM11”**, para la carrera de Ingeniería Mecánica Automotriz de la Universidad Politécnica Salesiana, sede Cuenca, realizado por los estudiantes Diego Fabricio NaspudUrgiles y Miguel Ángel Sarmiento Tixi, fue dirigido por mi persona.

**Cuenca, 03 de Diciembre del 2014**



---

Ing. Néstor Rivera

## **AGRADECIMIENTO**

Agradezco de todo corazón a Dios y a la Virgen Santísima de la Nube por ser el pilar fundamental en mi vida estudiantil y por brindarme la salud y el carácter necesario para culminar este trabajo.

A mi padre Jorge que me apoyo durante toda mi carrera estudiantil.

De manera muy especial quiero agradecer a mi mamita Piedad Urgiles, porque ha sido la inspiración en mi vida para poder culminar con éxitos este trabajo.

A mi tía Carlota Urgiles, gracias ñaña por apoyarme en los momentos difíciles de mi vida y no dudar nunca de mí.

A mis hermanos Andrés, Esteban y Santiago, por ser las personas que estuvieron siempre a mi lado, en los duros momentos de mi vida, pero a pesar de eso salimos adelante y me dieron la fuerza para llegar a ser lo que hoy estoy logrando.

A mi esposa Mayita Balladares, gracias amor por llegar en el momento justo de mi vida a darme tu apoyo y nunca dejarme caer.

Al Ingeniero Néstor Rivera, por sus conocimientos impartidos en las aulas y por su ayuda durante el desarrollo de este trabajo.

A la Dra. Mary Vergara por su ayuda durante el desarrollo de este trabajo.

A todos mis amigos del grupo, gracias por su ayudarme durante el desarrollo de este trabajo.

***Diego Naspud U.***

## **AGRADECIMIENTO**

Agradezco a Dios por la salud brindada, a mi familia por brindarme su apoyo, su tiempo la confianza y dedicación durante esta etapa de mi vida.

A mi director de tesis Ing. Néstor Rivera Campoverde por compartir sus conocimientos, opiniones y experiencias adquiridas.

A la Dra. Mary Vergara por sus comentarios y recomendaciones para el desarrollo de este proyecto.

Al establecimiento y servidores Sr. Hernán Álvarez e Ing. Cristian Pulla por su cooperación para acceder al uso del laboratorio del banco Dinamométrico y materiales a utilizar.

**Miguel Sarmiento Tixi**

## **DEDICATORIA**

La culminación de este trabajo va dedicado con inmenso amor a mi mamita Piedad Urgiles por ser la persona más importante de mi vida y la razón principal para el desarrollo de este trabajo, ya que gracias a su apoyo incondicional y sus enseñanzas nunca me di por vencido, a pesar de mis problemas y cuando me vi caído supiste darme las fuerzas necesarias para levantarme y seguir adelante. Gracias mamita por estar siempre a mi lado y nunca dudar de mí, siempre creíste en tu hijo y aquí está el resultado de tu confianza. Siempre fuiste mi ejemplo a seguir y me enseñaste que en la vida nunca hay que darse por vencido a pesar de los problemas, que con ganas y esfuerzo todo se puede lograr.

Quiero dedicar también este trabajo a la persona que desde que entro a mi vida siempre me dio todo su apoyo incondicional y desinteresado, a la persona que me ayudo a crecer como persona y se convirtió en lo más importante en mi vida, gracias Mayita Balladares por ser la esposa maravillosa y tierna, por acompañarme y apoyarme para convertirme en un profesional. TE AMO. Finalmente este trabajo va dedicado para mi futuro hijo/a aunque no te tengo en brazos y desde que supe que ibas a venir a este mundo te convertiste en una de las razones principales para lograr este objetivo.

Atentamente:

Tu Hijo, Tu esposo y tu padre.

***Diego Naspud U.***

## **DEDICATORIA**

A mi madre Isabel por el esfuerzo, dedicación y apoyo en los momentos buenos y malos de esta etapa de mi vida.

A mi hermano Adrián por estar a mi lado en cada etapa de mi vida y dedicarme su tiempo.

A mi familia materna por el apoyo incondicional ya son parte fundamental de mi vida.

**Miguel Sarmiento Tixi**

# INDICE DE CONTENIDOS

1	Capítulo I .....	1
1.1	COMPONENTES DE LA MEZCLA.....	2
1.1.1	LA GASOLINA .....	2
1.1.2	EL AIRE.....	10
1.2	CONDICIONES DE LA MEZCLA .....	10
1.2.1	LA DOSIFICACIÓN .....	10
1.2.2	LA VAPORIZACIÓN .....	11
1.2.3	LA HOMOGENEIDAD.....	11
1.2.4	UNIFORMEMENTE REPARTIDA.....	12
1.3	CLASIFICACIÓN DE LOS SISTEMAS DE UN MOTOR.....	12
1.3.1	SISTEMA DE LUBRICACIÓN.....	12
1.3.2	SISTEMA DE INDUCCIÓN DE AIRE.....	14
1.3.3	SISTEMA DE ALIMENTACIÓN DE COMBUSTIBLE .....	15
1.3.4	SISTEMA DE ENCENDIDO.....	18
1.4	GASES DE ESCAPE DE LOS MOTORES OTTO .....	19
1.4.1	Gases no contaminantes .....	20
1.4.2	Contaminantes no tóxicos.....	21
1.4.3	Contaminantes tóxicos.....	21
1.4.4	CO (Monóxido de Carbono %).....	22
1.4.5	CO <sub>2</sub> (Dióxido de Carbono %) .....	23
1.4.6	HC (Hidróxidos de Carbono ppm).....	23
1.4.7	O <sub>2</sub> (Oxígeno) .....	23
1.4.8	NO <sub>x</sub> (Óxidos de Nitrógeno) .....	24
1.4.9	Relación Lambda .....	24
1.4.10	NIVELES MÁXIMOS PERMISIBLES PARA LA EMISIÓN VEHICULAR.....	26
1.5	ELEMENTOS PARA MEJORARLA POTENCIA, CARGA, EFICIENCIA Y CONCENTRACIÓN DE GASES CONTAMINANTES EN EL MOTOR. ....	26
1.5.1	SISTEMA DE LUBRICACIÓN .....	27
1.5.2	SISTEMA DE INDUCCIÓN DE AIRE.....	27
1.5.3	SISTEMA DE ALIMENTACIÓN DE COMBUSTIBLE .....	28
1.5.4	SISTEMA DE ENCENDIDO.....	30
2	CAPITULO 2.....	32



2.1	DISEÑO EXPERIMENTAL .....	33
2.1.1	Etapas de un diseño experimental.....	33
2.1.2	Principios básicos de un diseño experimental.....	35
2.1.3	Clasificación de un diseño experimental.....	36
2.2	ELABORACIÓN DEL DISEÑO DE EXPERIMENTOS.....	37
2.2.1	Planeación:.....	37
3	CAPITULO 3.....	46
3.1	FASE EXPERIMENTAL.....	47
4	CAPITULO 4.....	72
4.1	Diseño factorial 1 con la combinación de combustible tipo 1 y 2.....	73
4.1.1	ANÁLISIS DE LA POTENCIA.....	75
4.1.2	ANÁLISIS DE LA CARGA.....	76
4.1.3	ANÁLISIS DE LA EFICIENCIA .....	78
4.1.4	ANÁLISIS DEL CO (%) .....	80
4.1.5	ANÁLISIS DEL HC (ppm).....	81
4.1.6	ANÁLISIS DEL CO <sup>2</sup> .....	83
4.2	Diseño factorial 2 con la combinación de combustible tipo 1 y 3.....	85
4.2.1	ANÁLISIS DE LA POTENCIA.....	86
4.2.2	ANÁLISIS DE LA CARGA.....	88
4.2.3	ANÁLISIS DE LA EFICIENCIA .....	89
4.2.4	ANÁLISIS DEL CO (%) .....	91
4.2.5	ANÁLISIS DE HC (ppm).....	92
4.2.6	ANÁLISIS DE CO <sub>2</sub> (%) .....	94
4.3	Diseño factorial 3 con la combinación de combustible tipo 2 y 3.....	96
4.3.1	ANÁLISIS DE LA POTENCIA.....	97
4.3.2	ANÁLISIS DE LA CARGA.....	99
4.3.3	ANÁLISIS DE EFICIENCIA .....	100
4.3.4	ANÁLISIS DE CO (%) .....	102
4.3.5	ANÁLISIS DE HC (ppm).....	104
4.3.6	ANÁLISIS DE CO <sub>2</sub> (%) .....	105
5	CAPITULO 5.....	108
5.1	INTRODUCCION.....	109
5.2	CONOCIMIENTOS TEÓRICOS PREVIOS .....	110
5.3	CONOCIMIENTO SOBRE LOS INSTRUMENTOS.....	110

5.4	MATERIALES Y ELEMENTOS NECESARIOS PARA REALIZAR PRÁCTICA .....	111
5.5	INSTRUMENTACIÓN NECESARIA .....	111
5.6	ESPECIFICACIONES DE LOS EQUIPOS E INSTRUMENTOS UTILIZADOS. ....	111
5.7	PUESTA A PUNTO DE EQUIPOS DE MEDICIÓN Y CONTROL .....	114
5.7.1	Puesta a punto de la interface OBD-II y la aplicación "DASHCOMMAND". ....	114
5.7.2	Puesta a punto del Analizador de gases marca OROTECH QGA 6000. ....	116
5.8	PROCEDIMIENTO PARA REALIZAR LA PRÁCTICA .....	116
5.9	ACTIVIDADES A REALIZAR.....	119
5.10	PREGUNTAS.....	120
5.11	PRESENTACIÓN DEL INFORME .....	120
6	CONCLUSIONES .....	121
7	RECOMENDACIONES .....	123
8	BIBLIOGRAFÍA.....	124
9	ANEXOS .....	125
	ANEXO 1 .....	126
	NORMA TÉCNICA ECUATORIANANTE INEN 2 203:2000: GESTIÓN AMBIENTAL AIRE VEHÍCULOS AUTOMOTORES DETERMINACIÓN DE LA CONCENTRACIÓN DE EMISIONES DE ESCAPE EN CONDICIONES DE MARCHA MÍNIMA O "RALENTI". PRUEBA ESTÁTICA. ....	126
	ANEXO 2 .....	135
	NORMA TÉCNICA ECUATORIANANTE INEN 2 204:2002: GESTIÓN AMBIENTAL. AIRE. VEHÍCULOS AUTOMOTORES. LÍMITES PERMITIDOS DE EMISIONES PRODUCIDAS POR FUENTES MÓVILES TERRESTRES DE GASOLINA.....	135
	ANEXO 3 .....	148
	NORMA TÉCNICA ECUATORIANANTE INEN 439:1984: COLORES, SEÑALES Y SÍMBOLOS DE SEGURIDAD. ....	148
	ANEXO 4 .....	149
	GUIA DE PRACTICAS .....	149

## INDICE DE TABLAS

Tabla 1.1. Composición química de la gasolina.....	3
Tabla 1.2 Peso del aire y la gasolina .....	3
Tabla 1.3 Características de la gasolina extra .....	5
Tabla 1.4 Detalle de especificaciones en la gasolina.....	6
Tabla 1.5 Requisitos de la gasolina extra .....	8
Tabla 1.6 Normas INEN para gasolinas de 89 octanos .....	9
Tabla 1.7. Requisitos de la gasolina súper. ....	9
Tabla 1.8 Componentes del petróleo.....	17
Tabla 1.9. Distribución de la energía química contenida en la gasolina. ....	17
Tabla 1.10. Resumen de los componentes de los gases de escape .....	22
Tabla 1.11. Niveles permisibles para la emisión vehicular.....	26
Tabla 1.12. Características del etanol .....	30
Tabla 2.1. Factores de entrada con sus niveles preseleccionados.....	39
Tabla 2.2. Factores de entrada con sus niveles seleccionados. ....	39
Tabla 2.3. Matriz del diseño de experimentos.....	41
Tabla 2.4. Diseño factorial en la combinación 1 y 2.....	43
Tabla 2.5. Diseño factorial en la combinación 1 y 3.....	43
Tabla 2.6. Diseño factorial en la combinación 2 y 3.....	44
Tabla 3.1. Resultado del experimento 1. ....	48
Tabla 3.2. Resultados del experimento 2.....	49
Tabla 3.3. Resultados del experimento 3.....	50
Tabla 3.4. Resultados del experimento 4.....	51
Tabla 3.5. Resultados del experimento 5.....	52
Tabla 3.6. Resultados del experimento 6.....	53
Tabla 3.7. Resultados del experimento 7.....	54
Tabla 3.8 Resultados del experimento 8.....	55
Tabla 3.9. Resultados del experimento 9.....	56
Tabla 3.10. Resultados del experimento 10.....	57
Tabla 3.11. Resultados del experimento 11.....	58
Tabla 3.12. Resultados del experimento 12.....	59
Tabla 3.13. Resultados del experimento 13.....	60
Tabla 3.14. Resultados del experimento 14.....	61
Tabla 3.15. Resultados del experimento 15.....	62
Tabla 3.16. Resultados del experimento 16.....	63
Tabla 3.17. Resultados del experimento 17.....	64
Tabla 3.18. Resultados del experimento 18.....	65
Tabla 3.19. Resultados del experimento 19.....	66
Tabla 3.20. Resultados del experimento 20.....	67
Tabla 3.21. Resultados del experimento 21.....	68
Tabla 3.22. Resultados del experimento 22.....	69
Tabla 3.23. Resultados del experimento 23.....	70
Tabla 3.24. Resultados del experimento 24.....	71
Tabla 4.1. Factores de entrada con sus niveles seleccionados. ....	74

Tabla 4.2. Datos de las medias obtenidas en la combinación de combustible tipo 1 y 2.....	74
Tabla 4.3. Factores de entrada con sus niveles seleccionados. ....	85
Tabla 4.4. Datos de las medias obtenidas en la combinación de combustible tipo 1 y 3.....	86
Tabla 4.5. Factores de entrada con sus niveles seleccionados. ....	96
Tabla 4.6. Datos de las medias obtenidas en la combinación de combustible tipo 2 y 3.....	96
Tabla 5.1. Variables de entrada y sus respectivos niveles. ....	109
Tabla 5.2. Especificaciones técnicas del banco motor Armfield Volkswagen cm11. ....	112
Tabla 5.3. Especificaciones técnicas del Analizador de gases marca OROTECH QGA 6000.....	113
Tabla 5.4. Especificaciones técnicas de la interface OBD-II y la aplicación "DASHCOMMAND". .....	113

## INDICE DE FIGURAS

Fig. 1.1 Composición química de la gasolina.....	4
Fig. 1.2 <i>Configuración del Heptano (C7H16)</i> .....	4
Fig. 1.3 Configuración del Octano (C8H18), Nonano (C9H20) .....	5
Fig. 1.4 Configuración del Decano (C10H22).....	5
Fig. 1.5. Sistema de lubricación.....	12
Fig. 1.6. Sistema de inducción de aire.....	14
Fig. 1.7. Componentes del sistema de alimentación de combustible.....	16
Fig. 1.8. Influencia de la relación de aire en la emisión de gases de escape. ....	19
Fig. 1.9. Relación estequiometría ideal. ....	25
Fig. 1.10. Modelo de filtro de aire a ser implementado .....	28
Fig. 1.11. Tornado para filtro de aire.....	28
Fig. 1.12. Mejorador de octanaje .....	29
Fig. 1.13. Etanol utilizado en el motor .....	30
Fig. 1.14. Bujías utilizadas para mejorar la potencia del motor.....	31
Fig. 4.1. Gráfico de la potencia de efectos normales (absolutos).....	75
Fig. 4.2. Gráfico de la potencia según el diagrama de Pareto.....	75
Fig. 4.3. Gráfico de la interacción AC. ....	76
Fig. 4.4. Gráfico de cubo.....	76
Fig. 4.5. Gráfico de la carga de efectos normales .....	77
Fig. 4.6. Gráfico de la carga según el diagrama de Pareto. ....	77
Fig. 4.7. Gráfico de los efectos de las interacciones. ....	77
Fig. 4.8. Gráfico de cubo.....	78
Fig. 4.9. Gráfico de la eficiencia de efectos normales.....	78
Fig. 4.10 Gráfico de eficiencia según el diagrama de Pareto. ....	79
Fig. 4.11. Gráfico de los efectos de las interacciones. ....	79
Fig. 4.12. Gráfico de cubo.....	79
Fig. 4.13. Gráfico del CO (%) de efectos normales.....	80
Fig. 4.14. Gráfico del CO (%) según el diagrama de Pareto.....	80
Fig. 4.15. Gráfico de los efectos principales.....	81
Fig. 4.16. Gráfico de cubo.....	81
Fig. 4.17. Gráfico del HC (ppm) de efectos normales.....	82
Fig. 4.18. Gráfico de los HC (ppm) según el diagrama de Pareto.....	82
Fig. 4.19. Gráfico de los efectos principales.....	82
Fig. 4.20. Gráfico de cubo.....	83
Fig. 4.21. Gráfico del CO <sup>2</sup> (%) de efectos normales.....	83
Fig. 4.22. Gráfico del CO <sup>2</sup> (%) según el diagrama de Pareto. ....	84
Fig. 4.23. Gráfico de los efectos principales.....	84
Fig. 4.24. Gráfico de cubo.....	84
Fig. 4.25. Gráfico de la potencia de efectos normales.....	86
Fig. 4.26. Gráfico de la potencia según el diagrama de Pareto.....	87
Fig. 4.27. Gráfico de los efectos de las interacciones. ....	87
Fig. 4.28. Gráfico de cubo.....	87
Fig. 4.29. Gráfico de la carga de efectos normales .....	88

Fig. 4.30. Gráfico de la carga según el diagrama de Pareto. ....	88
Fig. 4.31. Gráfico de los efectos de las interacciones. ....	89
Fig. 4.32. Gráfico de cubo. ....	89
Fig. 4.33. Gráfico de la eficiencia de efectos normales. ....	89
Fig. 4.34. Gráfico de la eficiencia según el diagrama de Pareto. ....	90
Fig. 4.35. Gráfico de los efectos principales. ....	90
Fig. 4.36. Gráfico de cubo. ....	90
Fig. 4.37. Gráfico del CO (%) de efectos normales. ....	91
Fig. 4.38. Gráfico del CO (%) según el diagrama de Pareto. ....	91
Fig. 4.39. Gráfico de los efectos principales. ....	92
Fig. 4.40. Gráfico de cubo. ....	92
Fig. 4.41. Gráfico del HC (ppm) de efectos normales. ....	92
Fig. 4.42. Gráfico del HC (ppm) según el diagrama de Pareto. ....	93
Fig. 4.43. Gráfico de los efectos principales. ....	93
Fig. 4.44. Gráfico de cubo. ....	93
Fig. 4.45. Gráfico del CO <sup>2</sup> (%) de efectos normales. ....	94
Fig. 4.46. Gráfico del CO <sup>2</sup> según el diagrama de Pareto. ....	94
Fig. 4.47. Gráfico de los efectos principales. ....	95
Fig. 4.48. Gráfico de cubo. ....	95
Fig. 4.49. Gráfico de la potencia de efectos normales. ....	97
Fig. 4.50. Gráfico de la potencia según el diagrama de Pareto. ....	97
Fig. 4.51. Gráfico de los efectos de las interacciones. ....	97
Fig. 4.52. Gráfico de los efectos principales. ....	98
Fig. 4.53. del diagrama de bloques. ....	98
Fig. 4.54. Gráfico de la carga de efectos normales. ....	99
Fig. 4.55. Gráfico de la carga según el diagrama de Pareto. ....	99
Fig. 4.56. Gráfico de los efectos de las interacciones. ....	100
Fig. 4.57. Gráfico del diagrama de bloques. ....	100
Fig. 4.58. Gráfico de la eficiencia de efectos normales. ....	101
Fig. 4.59. Gráfico de la eficiencia según el diagrama de Pareto. ....	101
Fig. 4.60. Gráfico de cubo. ....	101
Fig. 4.61. Gráfico del CO (%) de efectos normales. ....	102
Fig. 4.62. Gráfico del CO (%) según el diagrama de Pareto. ....	102
Fig. 4.63. Gráfico de los efectos de las interacciones. ....	103
Fig. 4.64. Gráfico de los efectos individuales. ....	103
Fig. 4.65. Gráfico del diagrama de bloques. ....	103
Fig. 4.66. Gráfico del HC (ppm) de efectos normales. ....	104
Fig. 4.67. Gráfico del HC (ppm) según el diagrama de Pareto. ....	104
Fig. 4.68. Gráfico de los efectos de las interacciones. ....	104
Fig. 4.69. Gráfico de los efectos individuales. ....	105
Fig. 4.70. Gráfico del diagrama de bloques. ....	105
Fig. 4.71. Gráfico del CO <sup>2</sup> (%) de efectos normales. ....	106
Fig. 4.72. Gráfico del CO <sup>2</sup> (%) según el diagrama de Pareto. ....	106
Fig. 4.73. Gráfico de los efectos de las interacciones. ....	106
Fig. 4.74. Gráfico de los efectos individuales. ....	107

Fig. 4.75. Grafico del diagrama de bloques.....	107
Fig. 5.1. Página principal de la aplicación DASHCOMMAND.....	115
Fig. 5.2. Lectura de los datos.....	116

## CAPÍTULO I

Estudio de las variables sobre potencia, carga, eficiencia y concentración de gases contaminantes, que inciden en el desempeño del motor ArmfieldVolkswagen CM11.





El motor es una máquina que funciona transformando, mediante combustión, la energía calorífica contenida en un combustible que se le suministra, en energía mecánica que se obtiene en el cigüeñal, mediante un ciclo de trabajo denominado de cuatro tiempos.

Para el funcionamiento del motor, el combustible se suministra mezclado en una proporción determinada con su comburente (el oxígeno), en un conjunto de mecanismos que forman el llamado sistema de alimentación.

A través de un sistema de encendido, se le comunica a la mezcla una pequeña cantidad de energía, haciendo saltar una chispa de alta tensión en una bujía, que inicia la combustión.

La energía calorífica liberada en el interior de la cámara de combustión, produce un aumento de la presión y la temperatura, que empuja el pistón y realiza su carrera motriz obteniéndose la energía mecánica. Esta mezcla del combustible con el aire, es realizada por un sistema de alimentación, que se encarga de que la mezcla llegue a los cilindros en las condiciones adecuadas.

Para obtener mayor potencia, un motor debe quemar más combustible, por tanto debe bombearse más aire dentro de los cilindros. La cantidad de aire disponible en el motor depende de la resistencia al flujo a través del sistema de admisión, del cilindro y del sistema de escape.

### **3.1 COMPONENTES DE LA MEZCLA**

Cualquier motor de explosión requiere para su funcionamiento, aire y combustible mezclados en una proporción determinada. La mezcla está compuesta por:

- El combustible que en estos motores es la gasolina.
- El comburente que es el oxígeno tomado del aire de la atmósfera.

#### **3.1.1 LA GASOLINA**

Es el combustible que utilizan los motores de explosión. Es un derivado del petróleo, obtenido por destilación. Tiene una densidad media entre 0,71 y 0,75 Kg/litro. Posee un poder calorífico por término medio de 10.500 Kcal/Kg., lo que significa que puede realizar un trabajo de alrededor de 44.000 Kj.

La gasolina está formada por un conjunto de hidrocarburos tabla 1.1, cuya estructura solamente posee carbono e hidrógeno. Según el hidrocarburo que se tome como referencia (por ejemplo el que predomina en su composición), tendrá una cantidad de carbonos e hidrógenos determinada, que hace que los datos anteriores puedan variar sensiblemente. Además, la gasolina contiene impurezas en forma de compuestos de azufre y nitrógeno, cuya cantidad se está reduciendo continuamente ya que son contaminantes. Para mejorar el comportamiento de la gasolina durante la combustión en el motor, a la gasolina se le añaden determinados aditivos, que le permiten soportar un mayor grado de compresión y evitar la detonación de la mezcla.

**Tabla 3.1.** Composición química de la gasolina.  
**Fuente:** J. A. Pérez Galera, *Estudio de las mezclas.*

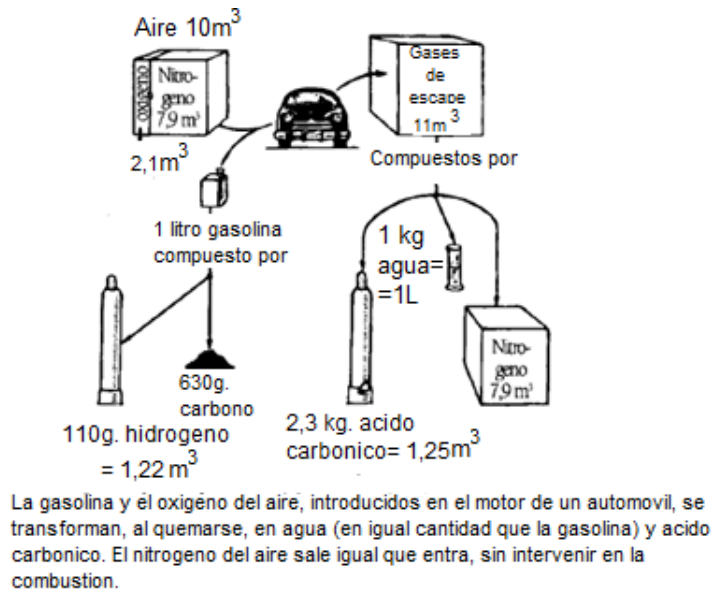
<b>COMPOSICIÓN QUÍMICA DE LA GASOLINA</b>					
<b>COMPOSICIÓN DE LOS HIDROCARBUROS</b>	<b>Carbono(%)</b>	<b>Hidrogeno(%)</b>	<b>Oxigeno(%)</b>	<b>Azufre(%)</b>	<b>Nitrógeno(%)</b>
	84 al 87	11 al 14	3	1	0,5

➤ **PESO DEL AIRE Y LA GASOLINA**

**Tabla 3.2** Peso del aire y la gasolina  
**Fuente:** J. A. Pérez Galera, *Estudio de las mezclas.*

<b>Elemento en litros</b>	<b>Peso en gramos</b>	<b>Cantidad de aire para quemarse en (L)</b>
<b>1L DE AIRE</b>	1,3g	-
<b>1L DE GASOLINA</b>	740g	10000L de aire

En la figura 1.1 se señala, gráficamente, lo que ocurre en el interior del motor: cada litro de gasolina (compuesto por 110 grs. 61,22 m<sup>3</sup> de hidrogeno y 630 grs. de carbono), se quema y combina con 10 m<sup>3</sup> de aire (formado por 2,1 m<sup>3</sup> de oxígeno y 7,9 m<sup>3</sup> de nitrógeno). El resultado de la combustión, son los gases de escape que ocupan un volumen de 11 m<sup>3</sup> (compuestos por 1 Kg. de agua = 1 Litro en forma de vapor, 2,3 Kgs. 6 1,25 m<sup>3</sup> de ácido carbónico, y 7,9 m<sup>3</sup> de nitrógeno, que formaba parte del aire introducido). En la práctica, especialmente en ralentí, como la combustión no es perfecta, la parte de ácido carbónico es una mezcla de ácido carbónico y de óxido de carbono; este último, especialmente peligroso y venenoso.



**Fig. 3.1** Composición química de la gasolina.

**Fuente:** P. AREAS, *Manual de Automóviles*, 55<sup>a</sup> ed. Madrid: Dossat2000 S.L. ,2004

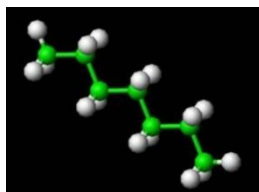
### ➤ EL ÍNDICE DE OCTANAJE

Para indicar el poder antidetonante de una gasolina, se emplea un número llamado índice de octano.

Cuanto mayor es el número de octano de la gasolina, mayor compresión permite y, por tanto, se obtiene más potencia para la misma cilindrada de motor y cantidad de combustible empleado. Además, las gasolinas de elevado número de octano apenas producen carbonilla, y el motor se mantiene limpio durante mucho más tiempo que con las corrientes.

### ➤ PODER CALORÍFICO

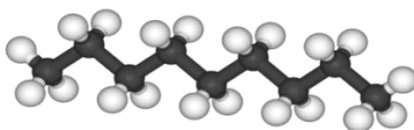
Como un ejemplo de su poder calorífico podemos decir que: 1 galón de gasolina contiene alrededor 125.000 BTU<sup>1</sup>. Está compuesta por moléculas que agrupan átomos de carbono e hidrógeno ordenados en forma de cadenas. Las configuraciones más conocidas son:



**Fig. 3.2** Configuración del Heptano (C<sub>7</sub>H<sub>16</sub>).

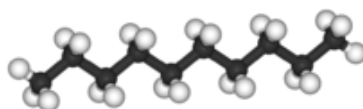
<sup>1</sup>BTU: Es la abreviatura de *British Thermal Unit* (unidad térmica británica)/Equivalencia 252,2 calorías.

**Fuente:** <http://www.diaadia.pr.gov.br/tvpendrive/arquivos/File/imagens/3quimica/heptano.jpg>



**Fig. 3.3** Configuración del Octano (C<sub>8</sub>H<sub>18</sub>), Nonano (C<sub>9</sub>H<sub>20</sub>)

**Fuente:** <http://es.wikipedia.org/wiki/Archivo:Octane.png>



**Fig. 3.4** Configuración del Decano (C<sub>10</sub>H<sub>22</sub>).

**Fuente:** [http://www.visionlearning.com/library/module\\_viewer.php?mid=60&l=s](http://www.visionlearning.com/library/module_viewer.php?mid=60&l=s)

### ➤ CARACTERÍSTICAS DE LAS GASOLINAS EXTRA

**Tabla 3.3** Características de la gasolina extra

**Fuente:** NTE INEN 935:2010

<b>GASOLINA EXTRA</b>		
PARÁMETROS	MÉTODO	ESPECIF.
NUMERO OCTANO RESEARCH (RON)	NTE INEN 2102	Min80
CONTENIDO DE PLOMO ORGÁNICO	NTE INEN 931	Max. +0.013
PRESIÓN DE VAPOR REÍD (KPa)	NTE INEN 928	Max. 56
ENSAYO DE DESTILACIÓN		
10%(°C)	NTE INEN 926	Max. 70
50 % (°C)	NTE INEN 926	77-121
90 % (°C)	NTE INEN 926	Max. 189
P.F.E. (°C)	NTE INEN 926	Max.215
RESIDUO (% VOL)	NTE INEN 926	Max.2
CONT. AZUFRE (% PESO)	NTE INEN 929	Max. 0.2
CORROSIÓN LAM. COBRE	NTE INEN 927	Max. No.1
CONT.GOMAS (mg/100 cm <sup>3</sup> )	NTE INEN 933	Max.4
CONT. DE AROMÁTICOS (% VOL)	NTE INEN 2252	Max. 20
CONT. BENCENO (% VOL)	ASTM 3606	Max.1.0
CONT. DE OLEFINAS (% VOL)	NTE INEN 2252	Max. 20.0
ESTABILIDAD A LA OXIDAC. (min)	NTE INEN 934	Min.>240
RELACIÓN VAPOR/LIQUID A 60°C	NTE INEN 932	Max. 20

### 3.1.1.1 NORMAS INTERNACIONALES APLICADAS A DERIVADOS DE PETRÓLEO

A continuación se detallan las especificaciones que rigen sobre las gasolinas en diferentes países.

**Tabla 3.4**Detalle de especificaciones en la gasolina.

Fuente: <http://repositorio.utn.edu.ec/bitstream/123456789/590/2/CAP2.pdf>

#### **ESPECIFICACIONES DE CALIDAD EN LAS GASOLINAS ACTUALES**

<b>REGION</b>	<b>Octanaje</b>	<b>Aromáticos</b>	<b>Benceno</b>	<b>Azufre (ppm)</b>
<b>Ecuador</b>	80	20	1	2000
	89	30	2	2000

#### ➤ **NORMA TÉCNICA ECUATORIANA NTE INEN 935:2010. REQUISITOS DE LAS GASOLINAS**

Estas normas se basan en la “Ley de Regulación de la Producción y la Comercialización de Combustibles en el Ecuador”.

Como ejemplo podemos citar a la gasolina súper que se comercializa en el Ecuador: Podemos decir antes que la gasolina es un producto derivado del petróleo, que básicamente consta de una mezcla de hidrocarburos relativamente volátiles, libre de agua, material sólido en suspensión, destinada a ser utilizada como combustible para motores, combustión interna de encendido por chispa.

**Gasolina:** Mezcla de hidrocarburos relativamente volátiles, libres de agua, sedimento y material sólido en suspensión.

**Gasolina oxigenada:** Mezcla de carburantes constituida por una fracción de derivado de petróleo de carácter volátil con un compuesto líquido que en su molécula contiene oxígeno y en proporciones especificadas; destinada a utilizarse como combustible para motores de ciclo de Otto.

**Número de octano:** Es una medida de las características antidetonantes de las gasolinas.

**RON:**Siglas del idioma inglés (ResearchOctaneNumber) que identifica al método para cuantificar el número de octano de una gasolina, mediante el procedimiento normalizado, conocido como “Research”.

**MON:**Siglas del idioma inglés (Motor OctaneNumber) que identifica al método para cuantificar el número de octano de una gasolina, mediante el procedimiento normalizado, conocido como “Motor”.

**Índice antidetonante (IAD):**Conocido también como índice de octano. Es la semisuma del número de octano obtenido por el método Research (RON) y el número de octano obtenido por el método Motor (MON).

$$IAD = \frac{MON + RON}{2}$$

<sup>2</sup>

---

<sup>2</sup>Formula obtenida de la NTE INEN 935:2010

➤ **Requisitos para la gasolina de 87 octanos (EXTRA).**

**Tabla 3.5** Requisitos de la gasolina extra  
**Fuente:** NORMA TÉCNICA ECUATORIANA NTE INEN 935:2010

REQUISITOS	UNIDAD	Mínimo	Máximo	Método de ensayo
Número de octano Research	RON *	81,0	--	NTE INEN 2 102
Destilación :				NTE INEN 926
10%	°C	--	70	
50%	°C	77	121	
90%	°C	--	189	
Punto final	°C	--	215	
residuo de destilación $\varphi_r$	%	--	2	
Relación vapor – líquido, a 60°C , V/L	--	--	20	NTE INEN 932 ASTM D 5188
Presión de vapor	kPa <sup>A</sup>	--	56 <sup>B</sup>	NTE INEN 928 <sup>C</sup> ASTM D 4953 ASTM D 5191 <sup>D</sup>
Corrosión a la lámina de cobre (3 h a 50°C)	--	--	1	NTE INEN 927
Contenido de gomas	mg/100 cm <sup>3</sup>	--	3,0	NTE INEN 933
Contenido de azufre, W <sub>s</sub>	%	--	0,075	NTE INEN 929 ASTM D 4294 <sup>D</sup>
Contenido de aromáticos, $\varphi_a$	%	--	30,0	NTE INEN 2 252 <sup>D</sup> ASTM D 6730
Contenido de benceno, $\varphi_b$	%	--	1,0	ASTM D 3606 <sup>C</sup> ASTM D 5580 <sup>D</sup> ASTM D 6277
Contenido de olefinas, $\varphi_o$	%	--	18,0	NTE INEN 2 252 <sup>D</sup> ASTM D 6730
Estabilidad a la oxidación	mln	240	--	NTE INEN 934
Contenido de oxígeno, w <sub>O2</sub>	%	--	2,7 <sup>E</sup>	ASTM D 4815 <sup>D</sup> ASTM D 5845
Contenido de plomo	mg/l	--	Ver notas F y G	ASTM D 3237 ASTM D 5185
Contenido de manganeso	mg/l	--	Ver notas F y H	ASTM D 3831 ASTM D 5185
Contenido de hierro	mg/l	--	Ver notas F y I	ASTM D 5185
<p><sup>A</sup> 1 kPa = 0,01 kgf/cm<sup>2</sup> = 0,10 N/cm<sup>2</sup> = 0,145 kgf/pul<sup>2</sup>.</p> <p><sup>B</sup> En el caso que las gasolinas contengan etanol anhidro la presión de vapor puede llegar hasta 62 kPa.</p> <p><sup>C</sup> Método de ensayo utilizado para combustible gasolina sin etanol.</p> <p><sup>D</sup> Este método es considerado el método dirimente para los casos de arbitraje o peritación.</p> <p><sup>E</sup> El equivalente en masa de etanol anhidro agregado a la mezcla.</p> <p><sup>F</sup> Sin adición intencional.</p> <p><sup>G</sup> No detectable de acuerdo al método de ensayo ASTM D 3237.</p> <p><sup>H</sup> No detectable de acuerdo al método de ensayo ASTM D 3831.</p> <p><sup>I</sup> No detectable de acuerdo al método de ensayo ASTM D 5185.</p> <p>* No existe unidad del SI</p>				

➤ **Requisitos para la gasolina de 89 octanos.**

**Tabla 3.6** Normas INEN para gasolinas de 89 octanos  
Fuente: NTE 935:2010

REQUISITOS	UNIDAD	MÍNIMO	MÁXIMO	MÉTODO DE ENSAYO
Número de octano	RON		89 --	NTE INEN 2 102
Ensayo de destilación :				
10%	C	--		70 NTE INEN 926
50%	C		77	121 NTE INEN 926
90%	C	--		190 NTE INEN 926
Punto final	C	--		220 NTE INEN 926
Residuo	% en V	--		2 NTE INEN 926
Relación de vapor líquido a 60 0 C	--	--		20 NTE INEN 932
Presión de vapor Reid	kPa	--		56 NTE INEN 928
Corrosión a la lámina de cobre	--	--	No. 1	NTE INEN 927
Contenido de gomas	mg/100 cm <sup>3</sup>	--		5 NTE INEN 933
Contenido de azufre	% en peso	--		0,2 NTE INEN 929
Contenido de plomo(orgánico)	g/l	--		0,013 NTE INEN 931
Contenido de aromáticos	% en V	--		30,00 NTE INEN 2220
Contenido de benceno	% en V	--		2,00 NTE INEN 2220
Contenido de olefinas	% en V	--		25,00 NTE INEN 2220
Estabilidad a la oxidación	min		240 --	NTE INEN 994

➤ **Requisitos para la gasolina de 92 octanos (SÚPER).**

**Tabla 3.7.** Requisitos de la gasolina súper.  
Fuente: NORMA TÉCNICA ECUATORIANA NTE INEN 935:2010

REQUISITOS	UNIDAD	MÍNIMO	MÁXIMO	MÉTODO DE ENSAYO
Número de octano Research	RON *	90,0	--	NTE INEN 2 102
Destilación :				NTE INEN 926
10%	°C	--	70	
50%	°C	77	121	
90%	°C	--	190	
Punto final	°C	--	220	
residuo de destilación $\varphi_r$	%	--	2	
Relación vapor – líquido, a 60°C, V/L	--	--	20	NTE INEN 932 ASMT D 5188
Presión de vapor	kPa <sup>A</sup>	--	56 <sup>B</sup>	NTE INEN 928 <sup>C</sup> ASTM D 4953 ASTM D 5191 <sup>D</sup>
Corrosión a la lámina de cobre (3 h a 50°C)	--	--	1	NTE INEN 927
Contenido de gomas	mg/100 cm <sup>3</sup>	--	4,0	NTE INEN 933
Contenido de azufre, $W_s$	%	--	0,1	NTE INEN 929 ASTM D 4294 <sup>D</sup>
Contenido de aromáticos, $\varphi_a$	%	--	35,0	NTE INEN 2 252 <sup>D</sup> ASTM D 6730
Contenido de benceno, $\varphi_b$	%	--	2,0	ASTM D 3606 <sup>C</sup> ASTM D 5580 <sup>D</sup> ASTM D 6277
Contenido de olefinas, $\varphi_o$	%	--	25,0	NTE INEN 2 252 <sup>D</sup> ASTM D 6730
Estabilidad a la oxidación	min.	240	--	NTE INEN 934
Contenido de oxígeno, $W_{o_2}$	%		2,7 <sup>E</sup>	ASTM D 4815 <sup>D</sup> ASTM D 5845
Contenido de plomo	mg/l	--	Ver notas <sup>F</sup> y <sup>G</sup>	ASTM D 3237 ASTM D 5185
Contenido de manganeso	mg/l	--	Ver notas <sup>F</sup> y <sup>H</sup>	ASTM D 3831 ASTM D 5185
Contenido de hierro	mg/l	--	Ver notas <sup>F</sup> y <sup>I</sup>	ASTM D 5185

<sup>A</sup> 1 kPa = 0,01 kgf/cm<sup>2</sup> = 0,10 N/cm<sup>2</sup> = 0,145 kgf/pul<sup>2</sup>.  
<sup>B</sup> En el caso que las gasolinas contengan etanol anhidro la presión de vapor puede llegar hasta 62 kPa.  
<sup>C</sup> Método de ensayo utilizado para combustible gasolina sin etanol.  
<sup>D</sup> Este método es considerado el método dirimente para los casos de arbitraje o peritación.  
<sup>E</sup> El equivalente en masa de etanol anhidro agregado a la mezcla.  
<sup>F</sup> Sin adición intencional.  
<sup>G</sup> No detectable de acuerdo al método de ensayo ASTM D 3237.  
<sup>H</sup> No detectable de acuerdo al método de ensayo ASTM D 3831.  
<sup>I</sup> No detectable de acuerdo al método de ensayo ASTM D 5185.  
\* No existe unidad del SI



### **3.1.2 EL AIRE**

El oxígeno es el otro componente que forma parte de la mezcla y se toma directamente del aire de la atmósfera. Cuando el aire se encuentra seco y limpio, su composición se establece en las siguientes proporciones:

Oxígeno 21 %.

Nitrógeno 78%.

Otros gases (hidrógeno, Argón, Bióxido de carbono, etc.) el 1 %.

El volumen que ocupa el aire es bastante variable, según las condiciones atmosféricas y la altitud sobre el nivel del mar en las que se encuentre. Su densidad medida en condiciones normales de presión y temperatura es de 1,293 gr/litro (760 mm de Hg. o presión atmosférica al nivel del mar y 0° C). Si se aumenta la temperatura hasta 15° C, la densidad disminuye hasta un valor de 1,225 gr/litro. Si además, subimos a 500 m. sobre el nivel del mar, su densidad disminuye hasta 1,165 gr/litro. Estas variaciones en la densidad y el volumen de aire, afectan a la cantidad de oxígeno que contiene, influyendo en la dosificación de la mezcla. Por ello, se hace necesario para realizar una dosificación exacta de la misma, medir el aire en peso para determinar la cantidad de oxígeno realmente presente.

## **3.2 CONDICIONES DE LA MEZCLA**

El sistema de alimentación, encargado de la preparación de la mezcla debe ser capaz de suministrar ésta al motor, en las proporciones y condiciones adecuadas, para que la combustión se desarrolle de forma idónea y obtener el máximo rendimiento del motor, como son:

- Dosificación correcta.
- Perfectamente vaporizada y en estado gaseoso.
- Homogénea.
- Uniformemente repartida.

### **3.2.1 LA DOSIFICACIÓN**

El oxígeno del aire y el combustible se deben suministrar al motor en una determinada proporción medida en peso, para que la combustión se desarrolle correctamente y se obtenga el rendimiento esperado del motor. Debido a que

éste no funciona en condiciones constantes ya que varían constantemente las prestaciones exigidas, en función de las condiciones de marcha, el sistema de alimentación debe ser capaz de suministrar al motor la dosificación adecuada en función de estas necesidades.

### **3.2.2 LA VAPORIZACIÓN**

El aire que forma parte de la mezcla se encuentra en estado gaseoso cuando es aspirado por el motor. La gasolina se encuentra en estado líquido y se suministra así, para formar parte de la mezcla. Se deduce que esta mezcla no es posible, al encontrarse ambos componentes en estados distintos. En el momento de la combustión, la mezcla debe encontrarse totalmente en estado gaseoso, por lo que, la capacidad de vaporización facilita la unión íntima del combustible con el oxígeno del aire, siendo una de las características principales de la gasolina, que además, tiene mucha influencia sobre la velocidad de combustión. La vaporización total del combustible durante la formación de la mezcla se consigue en las siguientes fases:

- El sistema de alimentación debe realizar una eficaz pulverización del combustible en finas gotas cuando se añade al aire, para que se mezcle rápidamente con él.
- Durante el recorrido de la mezcla por el colector y en el interior del cilindro durante la admisión, el calor cedido por ellos, cuando el motor se encuentra a su temperatura de régimen, favorece la vaporización de la gasolina.
- La vaporización se completa durante la compresión de la mezcla, al absorber ésta, el calor desarrollado por la transformación de energía mecánica aportada por el cigüeñal en su giro.

### **3.2.3 LA HOMOGENEIDAD**

La mezcla introducida en el interior de los cilindros debe ser homogénea en todos los puntos de la masa gaseosa, es decir, debe tener la misma proporción de aire y gasolina, para que la propagación de la llama durante la combustión, sea uniforme. Esto se trata de conseguir, dando un movimiento de turbulencia a la mezcla, diseñando de forma conveniente:

- Los colectores de admisión.
- La forma de la cabeza del pistón.

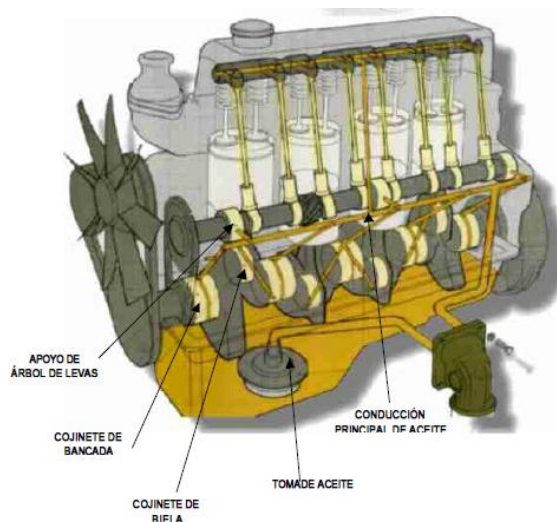
- La colocación y tamaño de las válvulas de admisión.
- La forma de la cámara de combustión

### 3.2.4 UNIFORMEMENTE REPARTIDA

Para obtener un funcionamiento uniforme del motor, en todos los cilindros debe introducirse la misma cantidad de mezcla. Esto se consigue actualmente con los sistemas de inyección multipunto y de inyección directa y con un diseño apropiado de los colectores de admisión que favorezca las corrientes de aire hacia todos los cilindros por igual, sobre todo en el caso de motores con sistemas de inyección monopunto y de carburador.

## 3.3 CLASIFICACIÓN DE LOS SISTEMAS DE UN MOTOR

### 3.3.1 SISTEMA DE LUBRICACIÓN.



**Fig. 3.5.** Sistema de lubricación.

**Fuente:** L. ROJAS, *Mecánica Automotriz*. 1<sup>era</sup> ed. INACAP, 2001.

El sistema de lubricación que tiene como función la de distribuir en el interior del motor un fluido con características especiales; muy particularmente por las zonas donde existe contacto metálico. A este fluido especial se denomina: Aceite o lubricante.

➤ **Misión del lubricante:**

1. Reducir el rozamiento o fricción entre dos piezas metálicas; esto con la interposición de una película de aceite.
2. Absorber el calor producido por el movimiento
3. Amortiguar los golpes en los elementos en movimiento.
4. Limpiar la zona de contacto donde existe la tendencia de crearse impurezas.
5. Mejorar la estanqueidad en el interior del cilindro.
6. Evitar la corrosión

➤ **Clasificación:**

➤ **Por su viscosidad:**

Fue establecida por el organismo norteamericano SAE (Society of Automotive Engineers). Este organismo clasifica los aceites según su viscosidad y se divide en:

– **Aceites monogrado:**

Son aceites que tienen solo un grado de viscosidad como base y su viscosidad cambia de manera importante con la temperatura cuando esta es baja su viscosidad aumenta y cuando la temperatura aumenta su viscosidad baja, a esto se le asigna un número al cual corresponde su viscosidad como por ejemplo:

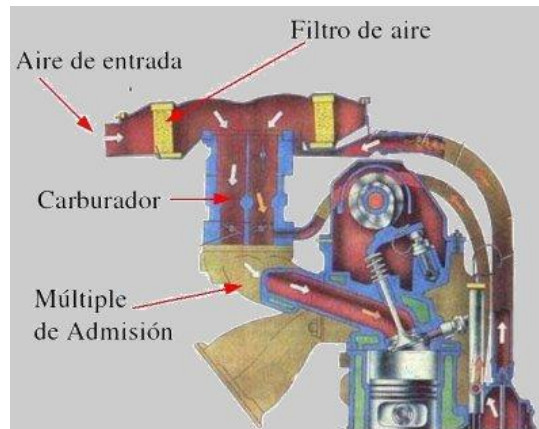
- **SAE 40:** Usado en motores de trabajo pesado y con mucho tiempo de calor
- **SAE 30:** Usado en motores de automóvil para clima cálido
- **SAE 20:** Usado en climas templados o con temperaturas inferiores a los 0 grados centígrados

– **Aceites multigrado:**

Son aceites en los cuales llegan a tener una variación en su grado de viscosidad pero una viscosidad no tan significativa como los monogrado como por ejemplo:

- **20W50:** la letra W significa Winter (invierno) y los dos números su variación de temperatura

### 3.3.2 SISTEMA DE INDUCCIÓN DE AIRE



**Fig. 3.6.** Sistema de inducción de aire

**Fuente:** <http://www.sabelotodo.org/automovil/limpiezallenadoaire.html>

Es aquel que aporta el aire como el combustible para que el motor pueda proporcionar su máximo rendimiento.

Su finalidad es la de aportar aire de excelente calidad y en cantidades suficientes y necesarias; según lo requiera el motor y este según la exigencia del conductor.

La cantidad de aire es directamente proporcional al volumen total del motor; el aire que ingresa al motor debe estar libre de impurezas.

➤ **Elementos del sistema de inducción de aire que influyen en el desempeño del motor.**

➤ **Variación de las condiciones atmosféricas.**

En nuestro país Ecuador existe una variación de presión atmosférica dependiendo del lugar en el que nos encontremos esto influye directamente en la eficiencia de nuestros motores a máxima potencia.

➤ **Filtro de aire.**

Es un elemento que tiene por función retener las partículas en suspensión que contiene el aire que será introducido al interior de los

cilindros, para evitar el rayado y desgaste de ellos ya que las partículas contenidas en el aire ejercen un efecto abrasivo y de rayado.

Los filtros de aire están diseñados para los distintos tipos de motores de acuerdo con la técnica aerodinámica. Toda variación en el equipo del filtro que trae de origen el motor influye perniciosamente en la potencia y el consumo, sobre todo en los motores de dos tiempos.

– **Tipos de filtro de aire**

**a) Secos (papel micro poroso):** En el caso de filtros de aire secos se produce la separación del polvo mediante intercalación de filtros (cartuchos) de papel plegado. Los filtros secos son sencillos en cuanto a montaje y cuidados. Además de muy eficaces. Se emplean frecuentemente en especial en los coches de turismo. La vida de los cartuchos de papel depende de la magnitud de la superficie de papel y del contenido de polvo del aire. Generalmente no se pueden limpiar. Cuando el filtro está sucio hay que cambiarlo. Duración aproximada: De 10 000 a 20 000 km.

**b)Húmedos (papel con vapor de aceite):** En el filtro húmedo el elemento filtrante está constituido por un tejido metálico impregnado en aceite. El aire que entra se pone en íntimo contacto con los numerosos filamentos metálicos. El polvo que viene con el aire queda entonces retenido en las superficies aceitadas. Tiempo de duración de 2500 km.

Ambos tipos de filtro son suficientes para retener una cantidad de polvo normal. Ahora como el polvo queda retenido en la zona de circulación de aire, el paso de este resulta estrecho y crece la resistencia a la circulación en el filtro. Con ello, la mezcla combustible-aire se hace más rica, el grado de suministro cae y la potencia del motor desciende.

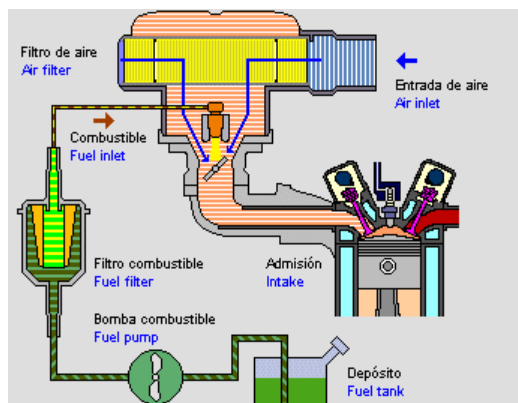
### **3.3.3 SISTEMA DE ALIMENTACIÓN DE COMBUSTIBLE**

Este sistema tiene por objetivo almacenar el combustible en un depósito para posteriormente transferirlo hacia la galería de los inyectores, y posteriormente enviar este combustible mezclado con una cantidad de aire hacia los cilindros, en los tiempos de admisión, en forma de gas mezclado con el aire, este sistema de alimentación debe poseer condiciones de diseño que permiten

alterar la mezcla de aire/combustible con el fin de cumplir con los requisitos que exigen las diversas condiciones de funcionamiento del vehículo. Durante el arranque inicial o arranque en frío, en estas condiciones el sistema de combustible debe suministrar una mezcla rica en combustible en una relación estequiometría de 9/1, es decir 9 kilos de aire por cada kilo de gasolina; y a medida que el motor se va calentando la mezcla debe ir variando, esta debe ser menos rica en combustible, hasta llegar a una mezcla de 14.9/1, y en condiciones de aceleración debe enriquecerse a gran escala.

El combustible es una sustancia que debe quemarse para liberar energía, necesaria para producir la potencia necesaria para mover el vehículo.

La mayor parte de los combustibles hidrocarburos líquidos son una mezcla de numerosos hidrocarburos diferentes, aunque por ventaja se suele considerar como un solo hidrocarburo, la gasolina se trata como octano,  $C_8H_{18}$ .



**Fig. 3.7.**Componentes del sistema de alimentación de combustible.

Fuente: [http://afinautos.over-blog.com/pages/Inyeccion\\_Gasolina-1452008.html](http://afinautos.over-blog.com/pages/Inyeccion_Gasolina-1452008.html)

### 3.3.3.1 EL COMBUSTIBLE

El combustible generalmente empleado en los motores de explosión es la gasolina, obtenida por destilación del petróleo bruto que se encuentra en la Naturaleza.

El petróleo bruto o aceite crudo, se extrae por medio de pozos que llegan a varios miles de metros de profundidad, en los yacimientos petrolíferos que están diseminados por el mundo en varias zonas.

Al salir el petróleo de los pozos se deja reposar en grandes depósitos, para separarle las materias terrosas y el agua, y luego se transporta por largas

tuberías de centenas y miles de kilómetros, a los centros de destilación o embarque.

**Tabla 3.8**Componentes del petróleo

**Fuente:** P. AREAS, *Manual de Automóviles*, 55<sup>a</sup> ed. Madrid: Dossat2000 S.L . ,2004.

COMPONENTES DEL PETRÓLEO BRUTO	DENSIDAD O PESO EN KILOGRAMOS POR	TEMPERATURA DE EBULLICIÓN EN °C (Litros)	PROPORCIÓN CON QUE SE OBTIENEN
A. Éter de petróleo.	0,65	45 a 70	45%
B. esencia de Petróleo	0,73	70 a 150	-
C. Keroseno petróleo para alumbrado	0,8	150 a 300	6%
D. Gasoil.	0,83	300 a 350	14%
E. Aceites lubricantes	0,86	350 a 380	3%
F. Fuel oil.	0,9	Superior a 380	20%
G. Parafina.	Punto de fusión se derrite a unos 50 <sup>o</sup>		
H. Alquitrans para asfaltos.	-	-	12%
J. Cok de petróleo, otros residuos, etc.	-	-	

### 3.3.3.2 RENDIMIENTO DEL MOTOR

El rendimiento de un motor de explosión es muy reducido, pues la distribución de la energía química contenida en la gasolina, especificada en el siguiente cuadro, se transforma, convirtiéndose la mayor parte en calor perdido, y aprovechándose solo un 24 por 100 en forma de potencia disponible en el cigüeñal (medida en el banco de pruebas con escape libre, admisión de aire fresco a la temperatura más adecuada y con el motor desprovisto de accesorios), que es la potencia indicada en las características dadas por los fabricantes, según las normas americanas S.

**Tabla 3.9.** Distribución de la energía química contenida en la gasolina.

**Fuente:** P. AREAS, *Manual de Automóviles*, 55<sup>a</sup> ed. Madrid: Dossat2000 S.L . ,2004.

<b>33 por 100, pérdida como calor en el agua de refrigerante de motor.</b>
<b>37 por 100, pérdida como calor en los gases de escape</b>
<b>6 por 100, pérdida por la resistencia de frotamiento interno del motor.</b>
<b>24 por 100, es el que resulta como potencia o trabajo útil.</b>

De esta potencia (el 24 por 100), se consume aproximadamente (supuesto un motor que da entre 100 y 300 CV en el banco de pruebas), el 2 por 100, en mover el ventilador.



- 2 por 100, en generación de electricidad por la dinamo o alternador.
- 3 por 100, por la resistencia que ofrece el filtro de aire a la admisión.
- 5 por 100, en que el aire bajo el capo, que es el aspirado por los cilindros, esta unos 20° más caliente que el exterior y por tanto, el llenado es peor, ya que el aire caliente ocupa más espacio que el frio y para el mismo volumen aspirado, entra menos oxígeno a quemar la gasolina.
- 6 por 100, en el rozamiento/calentamiento de los neumáticos, que aumenta considerablemente con la velocidad.

### 3.3.3.3 FUNCIONAMIENTO DEL SISTEMA

#### ➤ SUMINISTRO DE AIRE

El suministro de aire necesario ingresa por un conducto, este es filtrado, posteriormente pasa por el cuerpo de la válvula mariposa.

Al accionar el pedal del acelerador se dosifica la cantidad de aire, al actuar sobre la válvula mariposa, posteriormente ingresa hacia cada uno de los cilindros dependiendo del tiempo de apertura de las válvulas de admisión.

#### ➤ SUMINISTRO DE COMBUSTIBLE

La bomba envía la gasolina hacia los inyectores, consta de un regulador que tiene por finalidad mantener la presión constante dentro de la galería de los inyectores, también de otra tubería de retorno por donde se devuelve el combustible sobrante hacía el depósito.

### 3.3.4 SISTEMA DE ENCENDIDO

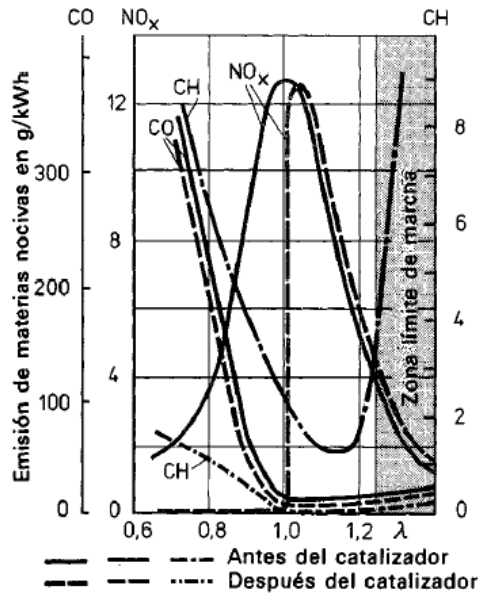
Básicamente el sistema de encendido es aquel componente del motor, que por medio de diversos mecanismos y elementos, produce el arco eléctrico necesario para la inflamación de la mezcla aire combustible comprimido al interior del cilindro.

#### ➤ Constitución:

- **Bujías:** se encuentran dentro de la cámara de combustión del motor y producen un arco de plasma o “chispa” entre sus electrodos de aproximadamente dos milisegundos, generando la presión necesaria para poner en marcha los pistones.

- **Batería:** suministra la alimentación de 12v para poner en funcionamiento el sistema.

### 3.4 GASES DE ESCAPE DE LOS MOTORES OTTO



**Fig. 3.8.** Influencia de la relación de aire en la emisión de gases de escape.

**Fuente:** H. Gerschler, *Tecnología del automóvil*, 20ª ed. Barcelona: REVERTE, 1980

Según el libro **Tecnología del automóvil 20ª edición**, en el motor Otto, la relación teórica de la mezcla es de 1:14,8, es decir, que para la combustión completa de 1 kg de combustible se necesitan unos 14,8 kg de aire (depende de la composición química del combustible). En esta relación teórica de la mezcla, la relación de aire es  $\lambda = 1$ . La relación de aire es la proporción que existe entre la cantidad real de aire aportado para la combustión y la cantidad teórica de aire necesario (cantidad mínima de aire):

$$\text{Relación de aire } \lambda = \frac{\text{Cantidad de aire aportado}}{\text{Cantidad teórica de aire necesario}} \quad 3$$

$\lambda = 0,9$  corresponde a una mezcla rica. Es decir, escasez de aire; la cantidad de aire aportado es menor que el necesario teórico para la combustión.

$\lambda = 1,1$  corresponde a una mezcla pobre. Es decir, exceso de aire; la cantidad de aire aportado es mayor que el necesario teórico para la combustión.

Los motores Otto tienen su consumo más bajo de gasolina para un exceso de aire del 10% aproximadamente ( $\lambda = 1,1$ ); con escasez de aire del 5 al 10% ( $\lambda = 0,95$  a  $0,90$ )

<sup>3</sup> Fórmula obtenida del libro *Tecnología del automóvil 20ª edición*.

alcanzan su mayor potencia; si la falta de aire es del 30 al 40% ( $\lambda = 0,7 \dots 0,6$ ) resulta perfecta la marcha al ralentí y las fases de transición se realizan bien. Con exceso de aire la potencia se reduce y, por ser más lenta la combustión de la mezcla, la temperatura del motor aumenta. Si falta aire, la proporción de combustible en la mezcla aire-combustible no se aprovecha suficientemente y, además, aumenta la proporción de componentes nocivos sin quemar en los gases de escape. A partir de  $\lambda = 1,15$ , la mezcla aire-combustible no es ya capaz de inflamarse.

La mezcla aire-combustible aspirada por los motores Otto debe estar comprendida entre los límites  $\lambda = 0,9$  y  $1,1$  para motores con carburador y de inyección. El valor más favorable con respecto a los componentes nocivos óxido de carbono e hidrocarburos se logra con  $\lambda = 1,1$ , valor con lo cual la proporción de nitrógeno es aun relativamente alta.

### **Tipos de gases producidos en la combustión y sus consecuencias**

Los componentes nocivos más importantes de los gases de escape son el óxido de carbono CO, los hidrocarburos CH y los óxidos de nitrógeno NO. Los demás componentes nocivos de los gases de escape se encuentran en proporciones muy reducidas.

Según **J. A. Andrino, *Mecánica y mantenimiento simple del automóvil, 2011***, los gases emitidos por un motor de combustión interna son de tres tipos: no contaminantes, contaminantes no tóxicos y contaminantes tóxicos.

Los primeros están formados. Fundamentalmente, por Nitrógeno (N<sub>2</sub>), Oxígeno (O), vapor de agua (H<sub>2</sub>O), e Hidrógeno (H<sub>2</sub>). El contaminante no tóxico es el Dióxido de Carbono (CO). Los contaminantes tóxicos están formados, fundamentalmente, por el Monóxido de Carbono (CO), Hidrocarburos sin quemar (HG), Óxidos de Nitrógeno (NO), y otros gases que suponen, en conjunto, aproximadamente el 1% del total de gases emitidos por el escape.

#### **3.4.1 Gases no contaminantes**

El nitrógeno es un gas inerte que se encuentra presente en el aire en una concentración aproximada del 78%. Debido a las altas temperaturas existentes en el motor, el nitrógeno se oxida formando pequeñas cantidades de distintos óxidos de nitrógeno, que son muy tóxicos aunque el nitrógeno puro sea un gas inerte.

El oxígeno es uno de los elementos indispensables para la combustión y se encuentra presente en el aire en una concentración aproximada del 21%. Si la

mezcla aire-carburante es demasiado rica o demasiado pobre, el oxígeno no podrá combinarse con los hidrocarburos y será expulsado con el resto de los gases de escape. La adición de oxígeno a otro elemento se llama oxidación y cuando se resta oxígeno a un compuesto se denomina reducción.

El vapor de agua se produce como consecuencia de la combustión, mediante la oxidación del hidrógeno. Es el que existe en mayor proporción y da la apariencia de humo a los gases de escape.

### **3.4.2 Contaminantes no tóxicos**

El *dióxido de carbono* producido por la combustión completa del carbono no resulta nocivo para los seres vivos y, debido a la fotosíntesis realizada en las plantas, es una fuente de producción de oxígeno. Se produce como consecuencia lógica de la combustión; es decir, cuanto mayor es su concentración, mejor es la combustión. Sin embargo, un incremento desmesurado de la concentración de dióxido de carbono en la atmósfera puede producir variaciones climáticas a gran escala llamado efecto invernadero. Por ello, la única forma de disminuir este gas es disminuyendo el consumo de los motores que utilizan como carburante hidrocarburos o que integran el carbono como uno de sus componentes.

### **3.4.3 Contaminantes tóxicos**

El monóxido de carbono, en concentraciones altas y tiempos no muy largos de exposición, puede provocar en la sangre la transformación irreversible de la hemoglobina, molécula encargada de transportar el oxígeno desde los pulmones a las células del organismo, en carboxihemoglobina, incapaz de cumplir esa función. Por eso, concentraciones superiores de "CO" al 0,3%, en volumen, resultan mortales.

La falta de oxígeno en la combustión hace que esta no se produzca completamente y se forme monóxido de carbono en lugar de dióxido de carbono. En un vehículo, la aparición de mayores concentraciones en el escape de "CO", indican la existencia de una mezcla inicial rica o falta de oxígeno.

Los hidrocarburos, dependiendo de su estructura molecular, presentan diferentes efectos nocivos. Uno de ellos es la formación del smog foto químico y la lluvia ácida, de consecuencias muy graves para la salud de los seres vivos.

**Tabla 3.10.** Resumen de los componentes de los gases de escape  
**Fuente:** J. A. Andrino, *Mecánica y entretenimiento simple del automóvil*, 2011

FÓRMULA	NOMBRE	EFFECTO
CO	Monóxido de carbono	Resultado de la combustión incompleta del carburante
CO <sub>2</sub>	Dióxido de carbono	Gas carbónico que provoca el efecto invernadero al actuar como espejo que retiene el calor. No es peligroso para la salud, pero provoca el calentamiento de la atmósfera. Sería el único producto, junto con el vapor de agua de una combustión ideal.
HC	Hidrocarburos no quemados	Contribuyen a la formación de ozono a baja altura.
NO <sub>x</sub>	Óxidos de nitrógeno	Se forman, debido a las altas temperaturas de la combustión, por la asociación de moléculas de nitrógeno y oxígeno provenientes del aire. Forman lluvias ácidas, el smog y ozono a baja altitud. Causa problemas respiratorios.
	Partículas	Nocivas para la salud, contribuyen además a la suciedad de monumentos y edificios. Las emiten, sobre todo los motores Diésel. Son residuos no quemados de hidrocarburos pesados.

Una combustión completa, donde el combustible y el oxígeno se queman por completo solo produce CO<sub>2</sub> (dióxido de carbono) y H<sub>2</sub>O (agua). Este proceso de una combustión completa y a fondo muy pocas veces se lleva a cabo y entonces surge el CO (monóxido de carbono) y consiguientemente aparece O<sub>2</sub> (Oxígeno) y HC (Hidrocarburos), tengamos en cuenta que la aparición de los mismos es porque al no completarse la combustión "siempre queda algo sin quemar." Los valores normales que se obtienen a partir de la lectura de un analizador de gases conectado a un motor de un vehículo de Inyección Electrónica son los siguientes:

- CO < 2 % O<sub>2</sub> < 2%
- CO<sub>2</sub> > 12% HC < 400ppm.

El nitrógeno normalmente así como entra en el motor, sale del mismo y en la medida que el motor no esté bajo una carga importante no forma Óxidos de Nitrógeno.

#### 3.4.4 CO (Monóxido de Carbono %)

El Monóxido es resultado del proceso de combustión y se forma siempre que la combustión es incompleta, es un gas tóxico, indoloro e incoloro. Valores altos del CO, indican una mezcla rica o una combustión incompleta. Normalmente el

valor correcto está comprendido entre 0,5 y 2 %, siendo la unidad de medida el porcentaje en volumen.

#### **3.4.5 CO<sub>2</sub> (Dióxido de Carbono %)**

El dióxido de Carbono es también resultado del proceso de combustión, no es tóxico a bajos niveles, es el gas de la soda, el anhídrido carbónico. El motor funciona correctamente cuando el CO<sub>2</sub> está a su nivel más alto, este valor porcentual se ubica entre el 12 al 15 %. Es un excelente indicador de la eficiencia de la combustión. Como regla general, lecturas bajas son indicativas de un proceso de combustión malo, que representa una mala mezcla o un encendido defectuoso.

#### **3.4.6 HC (Hidrocarburos de Carbono ppm)**

Este compuesto representa los hidrocarburos que salen del motor sin quemar. La unidad de medida es el ppm, partes por millón de partes, recordemos que el porcentaje representa partes por cien partes y el ppm, partes por millón de partes. La conversión sería 1%=10000 ppm. Se utiliza el ppm, porque la concentración de HC en el gas de escape es muy pequeña. Una indicación alta de HC indica:

- Mezcla rica, el CO también da un valor alto.
- Mala combustión de mezcla pobre.
- Escape o aceite contaminado.
- El valor normal está comprendido entre 100 y 400 ppm.

#### **3.4.7 O<sub>2</sub> (Oxígeno)**

Este compuesto es el oxígeno del aire que no reacciona del proceso de combustión. Un valor alto de Oxígeno puede deberse a mezcla pobre, combustiones que no se producen o un escape roto. Un valor de 0% significa que se ha agotado todo el oxígeno, si el CO es alto es indicativo de una mezcla rica. Normalmente el Oxígeno debe ubicarse debajo del 2%.

### 3.4.8 NOx (Óxidos de Nitrógeno)

Los óxidos de nitrógeno se simbolizan genéricamente como NO<sub>x</sub>, siendo la "x" el coeficiente correspondiente a la cantidad de átomos de Nitrógeno, puede ser 1, 2,3 etc. Los óxidos de nitrógeno son perjudiciales para los seres vivos y su emisión en muchos lugares del mundo se encuentra reglamentada. Estos óxidos surgen de la combinación entre sí del oxígeno y el nitrógeno del aire, y se forman a altas temperaturas y bajo presión. Este fenómeno se lleva a cabo cuando el motor se encuentra bajo carga, y con el objetivo de disminuir dicha emisión de gases, los motores incorporan el sistema EGR (recirculación de gas de escape). La EGR está constituida por una válvula, de accionamiento neumático o eléctrico, que permite que partes de los gases de escape pasen a la admisión del motor, y de esta forma se enriquezca la mezcla. Si bien el motor pierde potencia, la temperatura de combustión baja y ello lleva aparejado una disminución en la emisión de NO<sub>x</sub>. Tenemos que destacar que la válvula EGR, se abre en motores nafteros sólo bajo condiciones de carga y su apertura es proporcional a la misma.

El sistema EGR disminuye las emisiones de óxidos de nitrógenos, por una baja significativa en la temperatura de la cámara de combustión, como consecuencia del ingreso del gas de escape a la misma.

### 3.4.9 Relación Lambda

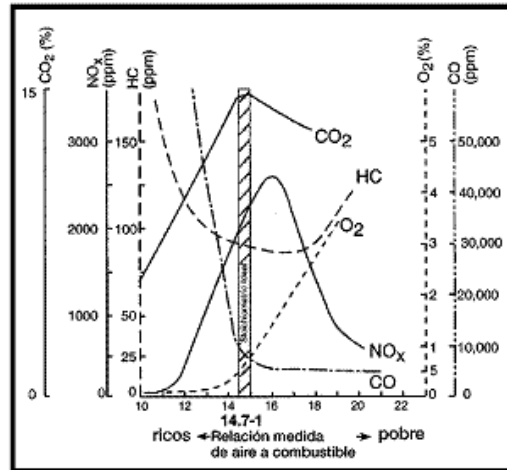
Se define a la relación Lambda como  $Rel. \text{Lambda} = R. \text{Real} / 14.7$ .

Siendo: R. Real la relación en peso aire combustible real que tiene el motor en ese momento. La relación ideal aire combustible es de 14.7 gr. de aire y 1 gr. de nafta.

Supongamos que el motor está funcionando con una mezcla un poco rica, por ejemplo con una relación 13.8:1, entonces la relación lambda será  $R. \text{Lambda} = 13.8/14.7$ . Vemos que este valor será 0.9. En resumen una relación lambda menor que 1, significa que la mezcla aire combustible se está produciendo en una condición de riqueza. Una relación lambda mayor que 1, significa que la relación aire combustible se está efectuando en una condición de pobreza.

Tengamos presente algo muy importante, una relación lambda=1, significa que el aire y el combustible han sido mezclados en la proporción exacta, lo que no implica que el motor después queme bien esos productos. Esto puede interpretarse como que a pesar que la mezcla es correcta, el motor puede tener

deficiencias y quemar mal esa mezcla. Este concepto es importante porque nos puede indicar problemas en el motor, como una mala puesta a punto de la distribución, un encendido defectuoso, combustiones desparejas por inyectores sucios, etc.



**Fig. 3.9.** Relación estequiometría ideal.

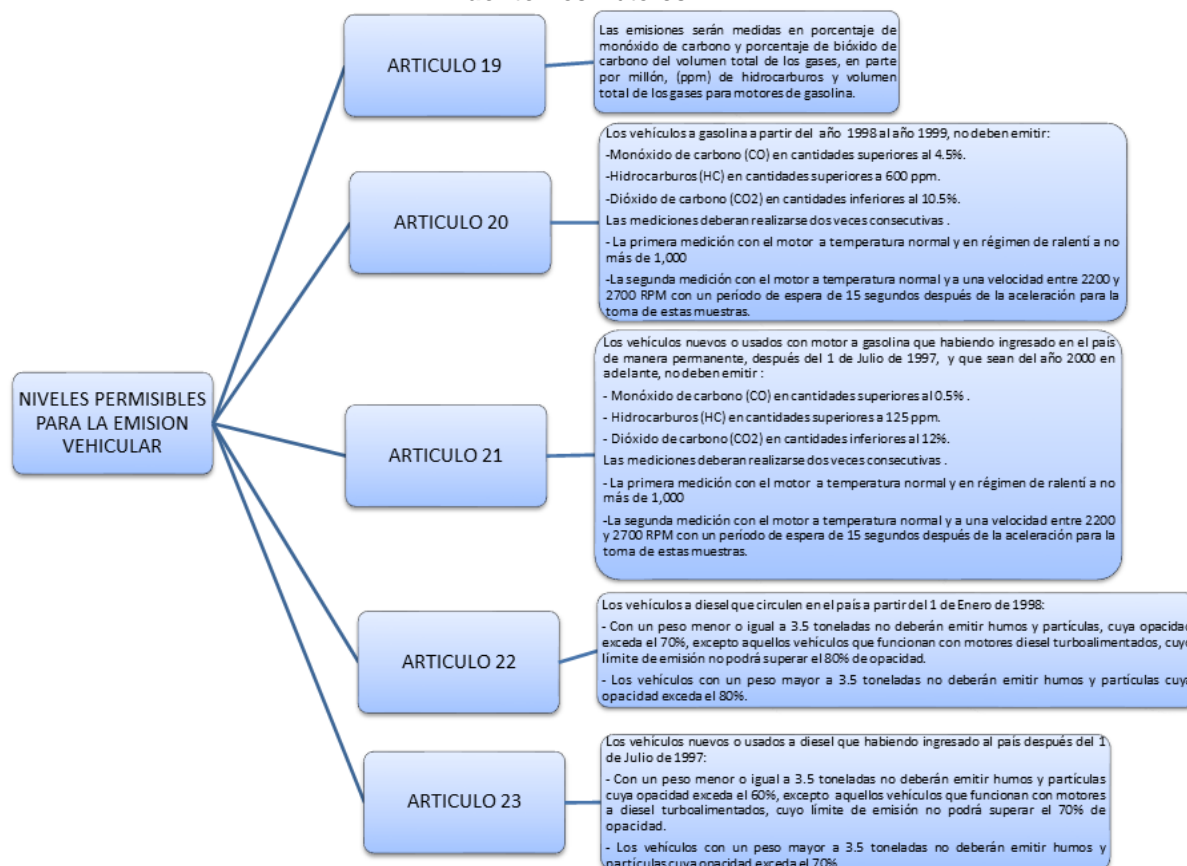
**Fuente:** <http://www.monografias.com/trabajos93/sistema-inyeccion-electronica-motor-combustion-interna/sistema-inyeccion-electronica-motor-combustion-interna.shtml>



### 3.4.10 NIVELES MÁXIMOS PERMISIBLES PARA LA EMISIÓN VEHICULAR.

Tabla 3.11. Niveles permisibles para la emisión vehicular.

Fuente: Los Autores



### 3.5 ELEMENTOS PARA MEJORARLA POTENCIA, CARGA, EFICIENCIA Y CONCENTRACIÓN DE GASES CONTAMINANTES EN EL MOTOR.

Para que un motor mejore las variables de potencia, carga, eficiencia y los gases contaminantes, se utiliza una serie de elementos que a continuación se va a ir describiendo, ya que en este trabajo de investigación se pretende determinar qué elementos utilizados son los correctos, para obtener un mejor desempeño del motor.

Estos elementos son utilizados en los diferentes sistemas del motor que ya se explicaron anteriormente.

### 3.5.1 SISTEMA DE LUBRICACIÓN

El elemento que mejora el desempeño del motor, utilizado en nuestra investigación para el sistema de lubricación es el siguiente:

➤ **Aditivos**

Denominase de esta manera a toda sustancia que se añade al lubricante, y que fortalezca o provea de una cualidad especial a dicho lubricante.

La misión de un aditivo en un lubricante es:

1. Limitar el deterioro del lubricante a causa de los fenómenos químicos ocasionados por su entorno o actividad.
2. Proteger la superficie del lubricante de la agresión de ciertos contaminantes.
3. Mejorar las propiedades físico/químicas del lubricante o darle nuevas

Dentro de los aditivos más usados, y con el que mejores resultados se obtuvo en nuestra investigación es el aditivo de aceite "S3".

### 3.5.2 SISTEMA DE INDUCCIÓN DE AIRE

Los elementos utilizados en el sistema de inducción de aire y que mejoran el desarrollo del motor son:

- **Intake de alto rendimiento:** Son filtros con una porosidad de filtrado mayor el cual permite un mayor ingreso de aire. Este es el encargado de eliminar todas las impurezas que pueda contener el aire para que más tarde entre en el motor completamente limpio. El polvo, la suciedad y otras partículas abrasivas, serán la causa de serios daños si se permite que los mismos penetren en el motor. Una de las formas en que estas partículas son transportadas es por medio del aire exterior que penetra en el motor a través del sistema de admisión.

La función del filtro de aire es la de eliminar estos contaminantes perjudiciales antes que el aire llegue a los cilindros, asegurando que solo el aire limpio penetre en el motor. Normalmente el filtro cónico ofrece menor resistencia en el ingreso de aire dirigido a la cámara de combustión, pues la densidad de los poros del papel del filtro es menor, entre las ventajas se

encuentra el silbido característico de este filtro además de tener un motor con mejor respiración.



**Fig. 3.10.** Modelo de filtro de aire a ser implementado  
**Fuente:** Los Autores

- **Sistema tornado de aire:** este sistema es una turbina metálica fija sin movimiento el cual crea un efecto "tornado" en el aire que entra al motor, el resultado es un flujo mejorado de aire hacia el interior del motor, logrando una mezcla mucho más eficiente de aire y gasolina. Se aumenta la potencia, pero sobre todo, disminuye de manera importante el consumo de combustible.



**Fig. 3.11.** Tornado para filtro de aire  
**Fuente:** LosAutores

### 3.5.3 SISTEMA DE ALIMENTACIÓN DE COMBUSTIBLE

Los elementos utilizados en el sistema de alimentación de combustible y que mejoraron el desarrollo del motor son:

- **Aditivos**

Un aditivo para combustible es una sustancia química agregada a un producto para mejorar sus propiedades, en el caso de los combustibles dicha sustancia es utilizada en pequeñas cantidades añadida durante su elaboración por el fabricante, para cambiar las características del mismo y para mejorar sus propiedades.

Los aditivos que mejores resultados dieron en la investigación son el aditivo de gasolina "Mejorador de octanaje(OCTANE BOOSTER)" y el "ETANOL".

➤ **MEJORADOR DE OCTANAJE(OCTANE BOOSTER):** Los mejoradores del octanaje son los aditivos para combustibles diseñados para su uso en vehículos de alto rendimiento. Estos aditivos están destinados a aumentar el número de octano de la gasolina que se usa, de modo que el motor del vehículo funcione mejor y los conductores puedan aprovechar una mayor potencia.

- Mejora el octanaje de su gasolina con o sin plomo.
- Limpia las válvulas del sistema y combate la corrosión en el tanque de gasolina



**Fig. 3.12.**Mejorador de octanaje  
**Fuente:**Los Autores

➤ **ETANOL:** El compuesto químico etanol alcohol etílico, es un alcohol que se presenta como un líquido incoloro e inflamable con un punto de ebullición de 78 °C. Al mezclarse con agua en cualquier proporción, da una mezcla azeotrópica<sup>4</sup>.

Su fórmula química es  $\text{CH}_3\text{-CH}_2\text{-OH}$ , principal producto de las bebidas alcohólicas como el vino (un 15% aproximadamente), la cerveza (5%) o licores (hasta un 50%).

---

<sup>4</sup>Azeotrópica: Mezcla líquida de dos o más sustancias que se comportan como una sustancia única.

**Tabla 3.12.** Características del etanol

**Fuente:** <http://Es.Wikipedia.Org/Wiki/Combustible>

Fórmula semidesarrollada	CH <sub>3</sub> -CH <sub>2</sub> -OH
Fórmula molecular	C <sub>2</sub> H <sub>5</sub> OH
<b>Identificadores</b>	
Número CAS	64-17-5
<b>Propiedades físicas</b>	
Estado de agregación	Líquido
Apariencia	Incoloro
Densidad	789 kg/m <sup>3</sup> ; 0,789 g/cm <sup>3</sup>
Masa	46,07 u
Punto de fusión	158.9 K (-114.3 °C)
Punto de ebullición	351.6 K (78.4 °C)
Punto de descomposición	K (-273,15 °C)
Temperatura crítica	514 K (240 °C)
<b>Propiedades químicas</b>	
Acidez (pK <sub>a</sub> )	15,9
Solubilidad en agua	Miscible
KPS	n/d



**Fig. 3.13.** Etanol utilizado en el motor

**Fuente:** Los Autores

### 3.5.4 SISTEMA DE ENCENDIDO

El elemento utilizado en el sistema de encendido que mejoro el desarrollo del motor es:

- **BUJÍA BKR6E:** Bujía estándar de la marca recomendada por el fabricante.

- Resistencia y alta conductividad debido al aislador cerámico de alúmina de altísima pureza.
- Completamente herméticas gracias a los polvos selladores entre el aislador y el casquillo metálico.
- Durabilidad superior asegurada por la aleación especial de níquel con la que se fabrica la punta del electrodo.
- Máxima disipación del calor gracias al electrodo central con núcleo de cobre (insertado profundamente).



**Fig. 3.14.**Bujías utilizadas para mejorar la potencia del motor  
**Fuente:**Los Autores

## **CAPITULO 2**

### Elaboración del diseño de experimentos

## 4.1 DISEÑO EXPERIMENTAL

El diseño experimental tiene como objetivo obtener conocimientos y soluciones fundamentadas de un proceso deficiente. Para lo cual se recurre a una estrategia bien definida que puedan responder con certeza a una gran serie de interrogantes.

El diseño experimental es un proceso en el cual se guía de una estrategia de prueba y error hasta llegar a la solución que mejora cualquier proceso.

En este proceso constan dos partes importantes, en el cual una parte se guía por la teoría, modelos, hipótesis, conjeturas, supuestos y por otra parte se guía de la realidad, fenómenos, hechos, evidencias, datos, etc.

En el diseño de experimentos se genera una retroalimentación en el cual se obtiene aprendizaje y nunca es suficiente un resultado ya que siempre se pretende mejorar, ya que una hipótesis X1 lleva a una hipótesis modificada X2 y esta hipótesis servirá para generar futuras hipótesis y así sucesivamente.

### 4.1.1 Etapas de un diseño experimental

En un diseño experimental se trata de realizar pruebas para mejorar un proceso mediante la repetición en el cual estamos expuestos al aprendizaje, experimentación, reflexión y análisis, hasta llegar a lograr con éxito este proceso de mejora.

A continuación se explica las etapas para desarrollar de manera correcta un diseño de experimentos.

#### ➤ **Planeación**

Esta primera etapa tiene como objetivo:

##### **1. Entender y delimitar el problema u objeto de estudio.**

En esta primera etapa se deben hacer investigaciones preliminares que conduzcan a entender y delimitar el problema u objeto de estudio, de tal forma que quede claro que se va a estudiar, porque es importante y si es un problema cual es la magnitud.

##### **2. Elegir las variables de respuesta que será medida en cada punto del diseño y verificar que se mide de manera confiable.**



La elección de estas variables es vital, ya que en ellas se refleja el resultado de las pruebas. Por ello, se deben elegir aquellas que mejor reflejen el problema o que caractericen al objeto de estudio. Garantizar que los instrumentos y métodos de medición son capaces de repetir y reproducir una medición que tienen la precisión y la exactitud necesaria.

### **3. Determinar cuáles factores deben estudiarse o investigarse de acuerdo a la supuesta influencia sobre la respuesta.**

No se trata de que el experimentador tenga que saber a priori cuáles factores influyen, puesto que precisamente para esto es el experimento, pero sí de que utilice toda la información disponible para incluir aquellos que se consideren que tienen un mayor efecto.

### **4. Seleccionar un diseño experimental de acuerdo a nuestras necesidades y variables.**

Este paso también implica determinar cuántas repeticiones se harán para cada tratamiento determinando en cuenta el tiempo, dinero y la precisión deseada.

### **5. Planear y organizar un diseño experimental**

Con un diseño ya predefinido se puede proceder a planificar cuántas personas son necesarias para desarrollarlo y generar una guía para cumplir este diseño experimental.

### **6. Realizar el experimento**

Para que este diseño tenga la misma exactitud y confiabilidad se acudirá a una guía ya generada para el desarrollo del diseño experimental.

#### **➤ Análisis.**

Para realizar el análisis del diseño experimental se debe realizar una técnica estadística que describa el comportamiento de los datos. Para el desarrollo de estas técnicas nos podemos ayudar de sistemas computacionales el cual nos ayuda a generar gráficas de apoyo en el cual se puede interpretar la mejora o no de nuestro problema.

➤ **Interpretación.**

Aquí se debe ir más allá del análisis estadístico y se debe analizar con detalle lo que ha pasado en el experimento, desde contrastar las conjeturas iniciales con los resultados del experimento, hasta observar los nuevos aprendizajes que sobre el proceso se lograron, verificar supuestos y elegir el tratamiento que mejor nos conviene.

➤ **Conclusiones.**

Para terminar el diseño experimental se debe dejar en claro las mejoras y nuevas condiciones a las cuales se sometió nuestro proyecto así garantizamos que las mejoras se mantengan.

#### **4.1.2 Principios básicos de un diseño experimental.**

Los principios básicos a los cuales se rigen todos los diseños experimentales son: aleatorización, repetición y bloqueo. Los cuales influyen directamente con que los datos obtenidos sean útiles para responder a las preguntas planteadas, es decir, la validez del análisis de los datos se apoya en estos principios.

➤ **Aleatorización.**

Una vez realizado el diseño experimental se realiza una combinación con las variables a mejorar en el cual consiste en hacer las combinaciones experimentales en orden aleatorio y con material seleccionado también aleatoriamente. Este principio aumenta la probabilidad de que el supuesto de independencia de los errores se cumpla, que es un requisito para la validez de las pruebas de estadísticas que se realizan.

➤ **Repetición.**

Repetir es volver a correr el proceso, las repeticiones permiten distinguir mejor qué parte de la variabilidad total de los datos se debe al error aleatorio y cuál a los factores. Cuando no se hacen repeticiones no hay manera de estimar la variabilidad natural o error aleatorio y esto dificulta la construcción de estadísticas realistas en el análisis de los datos. El repetir aumenta la confiabilidad de las mediciones, ya que las repeticiones en el mismo tratamiento se esperan razonablemente parecidas, en particular cuando el proceso está en control estadístico.

➤ **Bloqueo.**

Es nulificar o tomar en cuenta en forma adecuada todos los factores que puedan afectar la respuesta observada. El nombre del principio se deriva de experimentos agrícolas en los cuales se controla el efecto de la parcela (bloque) al comparar varios tratamientos. Al bloquear se supone que el subconjunto de datos que se obtengan dentro de cada bloque (nivel particular del factor bloqueado), deben resultar más homogéneos que el conjunto total de datos. Con el principio de bloqueo se logra mayor precisión del experimento al eliminar variabilidad no explicada que provocaría el error aleatorio.

### **4.1.3 Clasificación de un diseño experimental**

A causa de que siempre se pretende llegar a la excelencia se han inventado y propuesto muchos diseños experimentales. Esta cantidad de diseños hace necesario saber cómo elegir el más adecuado para el problema que se quiere resolver, y por ende, conocer cómo es que se clasifican los diseños de acuerdo a su objetivo y a su alcance.

Los cinco aspectos que más influyen en la selección de un diseño experimental, en el sentido de que cuando cambian nos llevan generalmente a cambiar de diseño, son:

**1. Diseño para comparar dos o más tratamientos:**

- a. Diseño completamente al azar
- b. Diseño de bloques completamente al azar
- c. Diseño de cuadro latino y grecolatino

**2. Diseño para estudiar el efecto de varios factores sobre una o más variables de respuesta**

- a. Diseños factoriales  $2^k$
- b. Diseños factoriales  $3^k$
- c. Diseños factoriales fraccionarios  $2^{k-P}$

**3. Diseño para la optimización de procesos.**

- a. Diseños para el modelo de primer orden
  - i. Diseños fraccionales  $2^k$  y  $2^{k-P}$
  - ii. Diseño de PlakettBurman
  - iii. Diseño simplex
- b. Diseño para modelo de segundo orden
  - i. Diseño de composición central
  - ii. Diseño de Box Behnken
  - iii. Diseños factoriales  $3^k$  y  $3^{k-P}$

#### **4. Diseños robustos**

- a. Arreglos ortogonales
- b. Diseño con arreglos interno y externo

#### **5. Diseño de mezclas**

- a. Diseño simplex reticular
- b. Diseño simplex con centroide
- c. Diseño con restricciones
- d. Diseño axial

## **4.2 ELABORACIÓN DEL DISEÑO DE EXPERIMENTOS.**

Para la elaboración de nuestro diseño experimental implementamos las etapas de un diseño experimental.

### **4.2.1 Planeación:**

#### **1. Entender y delimitar el problema u objeto de estudio.**

EL motor Armfield Volkswagen CM11 es un banco de prácticas, el cual permite diagnosticar problemas y observar la Potencia, Carga, Eficiencia y la Concentración de gases contaminantes que genera este

motor, en el cual, se puede simular situaciones reales a las cuales se someten los vehículos a diario ya sea con o sin carga. Nuestro objetivo es mejorar la Potencia, Carga y Eficiencia disminuyendo la Concentración de gases contaminantes únicamente variando factores externos del motor.

**2. Elegir las variables de respuesta que será medida en cada punto del diseño y verificar que se mide de manera confiable.**

Las variables de salida o de respuesta que será determinado en nuestra investigación son: la Potencia, Carga y Eficiencia. Los datos de estas variables se obtendrán mediante una interface OBDII ELM 327 que se enlaza con el motor vía Wi-fi, dichos datos se pueden observar utilizando una aplicación llamada DASHCOMMAND para celulares iPhone. Otras variables de respuesta que se ha determinado para este estudio son los gases de escape, para esto se utilizara un analizador de gases marca OROTECH QGA 6000. Estos instrumentos de medición se utilizaran para todo el diseño de experimentos.

**3. Determinar cuáles factores deben estudiarse o investigarse de acuerdo a la influencia sobre la respuesta.**

Las variables de entrada que se ha establecido y que van a influir directamente en las variables de salida son exclusivamente factores externos, cada factor está compuesto con sus respectivos niveles, cabe recalcar que para minimizar este trabajo de investigación, antes de proceder a realizar los experimentos se hizo un estudio para saber que niveles eran los más significativos que influían en el desempeño del motor y de esta manera eliminar los niveles que no tenían influencia en las variables de salida, dicho estudio no se realizó en este trabajo de investigación y los datos de los niveles que influían fueron obtenidos en el desarrollo de otro trabajo de investigación realizado por otros estudiantes. A continuación se detallara los factores y niveles preestablecidos, tabla 2.1, para luego como se había mencionado utilizar solo los que son de gran interés para este trabajo.

**Tabla 4.1.** Factores de entrada con sus niveles preseleccionados.

**Fuente:** Los Autores

<b>FACTORES EXTERNOS</b>	<b>NIVELES</b>
<b>BUJÍAS</b>	<b>Tipo 1=</b> Bujías convencionales. <b>Tipo 2=</b> Bujías R BKR6E <b>Tipo 3=</b> Bujías AC Delco. <b>Tipo 4=</b> Bujías 4 electrodos. <b>Tipo 5=</b> Bujías platinum.
<b>COMBUSTIBLE</b>	<b>Tipo 1=</b> Gasolina extra <b>Tipo 2=</b> Gasolina extra mezclada con aditivo mejorador de octanaje. <b>Tipo 3=</b> Gasolina extra mezclada con aditivo ecológico Qualitor. <b>Tipo 4=</b> Gasolina extra mezclada con aditivo Cyclo. <b>Tipo 5=</b> Gasolina extra mezclada con 10% de etanol.
<b>ACEITE</b>	<b>Tipo 1=</b> Aceite lubricante 20W50 UBX GOLD 7000. <b>Tipo 2=</b> Aceite mezclado con aditivo "S3"
<b>ADMISIÓN</b>	<b>Tipo 1=</b> Filtro Normal del motor. <b>Tipo 2=</b> Intake (filtro de alto rendimiento). <b>Tipo 3=</b> Filtro de alto rendimiento con tornado para filtro de aire.

Luego del estudio que se realizó para minimizar nuestro experimento, se determinó que niveles eran los que más influencia tenían en la respuesta de salida. En la siguiente lista tabla 2.2, se detalla los factores con sus respectivos niveles que se emplearan en los experimentos de este trabajo de investigación.

**Tabla 4.2.** Factores de entrada con sus niveles seleccionados.

**Fuente:** Los Autores

<b>FACTORES EXTERNOS</b>	<b>NIVELES</b>
<b>BUJÍAS</b>	<b>Tipo 1=</b> Bujías convencionales. <b>Tipo 2=</b> Bujías R BKR6E
<b>COMBUSTIBLE</b>	<b>Tipo 1=</b> Gasolina extra <b>Tipo 2=</b> Gasolina extra mezclada con aditivo mejorador de octanaje. <b>Tipo 3=</b> Gasolina extra mezclada con 10% de etanol.
<b>ACEITE</b>	<b>Tipo 1=</b> Aceite lubricante 20W50 UBX GOLD 7000. <b>Tipo 2=</b> Aceite mezclado con aditivo "S3"
<b>ADMISIÓN</b>	<b>Tipo 1=</b> Filtro Normal del motor. <b>Tipo 2=</b> Filtro de alto rendimiento con tornado para filtro de aire.

#### **4. Seleccionar un diseño experimental de acuerdo a las necesidades y variables.**

Lo que se pretende con la ejecución del diseño experimental es saber qué factores influyen más en el desempeño del motor, obtener mejoras en la potencia, torque, eficiencia y emisión de gases contaminantes, utilizando recursos económicos mínimos, y minimizando el tiempo de operación del motor para la ejecución de los experimentos, lo que se traduce directamente en ahorro de dinero.

Para construir el diseño de experimentos se guiara de acuerdo a conceptos ya existentes para su implementación, por lo tanto el diseño que más cumple con los requerimientos es el diseño factorial  $2^k$ , ya que este método trata lo que se pretende en este trabajo de investigación: "Estudiar el efecto de varios factores sobre una o más variables de respuesta".

Este experimento consta de 4 factores con 2 niveles, según el diseño escogido la manera de representar los factores y los niveles es  $2^k$ , siendo 2 el número de niveles y k el número de factores, por lo tanto nuestro diseño queda de la siguiente manera:  $2^4$ . Para saber el número de tratamientos o el número de experimentos que se debe realizar se procede hacer únicamente  $2^4 = 2 \times 2 \times 2 \times 2 = 16$  Tratamientos diferentes.

El número de repeticiones consta de 2 partes importantes, en la cual una parte se guía por la teoría, modelos, hipótesis, y la otra parte se guía de la realidad, fenómenos, hechos, datos y evidencias.

Para obtener el número de repeticiones en este trabajo, se guio de acuerdo al factor económico, a la temperatura y al valor del error de la significancia, ya que debido al costo de los elementos y a los recursos disponibles a utilizar en este trabajo, al aumento de temperatura durante el experimento, al valor de la significancia que es de 0.95, y para minimizar el tiempo disponible en el desarrollo de la guía de prácticas a generar, se realizara 5 repeticiones para cada tratamiento.

Para finalizar con el planteamiento del diseño de experimentos, se procede hacer la matriz del diseño. Para esto se realiza de la siguiente

manera: Cada factor se pone en las columnas respectivas, en este caso para efectos de entendimiento los factores están designados con las letras A,B,C,D. El número de filas es el número de tratamientos que se van a realizar en este experimento, en este caso 16 tratamientos. Los niveles están representados por el signo (+) que es el segundo nivel o nivel alto y por el signo (-) que es el primer nivel o nivel bajo. Para que el diseño de experimentos quede planteado de la manera estándar, la matriz se construye alternando el signo más y el signo menos en la primera columna, dos signos menos y dos signos más en la segunda columna, cuatro signos menos y cuatro signos más en la tercera columna y ocho signos menos y ocho signos más en la cuarta columna. En la siguiente tabla se puede observar la matriz del diseño de experimentos.

**Tabla 4.3.** Matriz del diseño de experimentos  
Fuente: Los Autores

A	B	C	D
-	-	-	-
+	-	-	-
-	+	-	-
+	+	-	-
-	-	+	-
+	-	+	-
-	+	+	-
+	+	+	-
-	-	-	+
+	-	-	+
-	+	-	+
+	+	-	+
-	-	+	+
+	-	+	+
-	+	+	+
+	+	+	+



## 5. Planear y organizar un diseño experimental

Debido a que ya se seleccionó un método de diseño experimental que cumple con todas nuestras necesidades, se procederá a organizar el diseño.

### **Diseño factorial $2^k$ .**

Cabe recalcar que el diseño de experimentos escogido, método factorial  $2^k$ , se utiliza solo para 2 niveles, pero en nuestra investigación se tiene 3 niveles en un factor. Para el desarrollo de este análisis procedimos a realizar 3 diseños factoriales, 1 diseño con cada combinación, es decir los 3 niveles que se tiene en un factor se dividió y se combinó de 3 maneras posibles, ya que no se puede eliminar ningún nivel porque todos tienen influencia en las variables de salida.

Los 3 niveles que tiene un factor se dividió de la siguiente manera:

**FACTOR:** COMBUSTIBLE

**NIVELES:**

TIPO 1= Gasolina extra

TIPO 2= Gasolina extra mezclada con aditivo mejorador de octanaje.

TIPO 3= Gasolina extra mezclada con 10% de etanol.

**COMBINACIÓN POSIBLE:** TIPO 1 Y 2, TIPO 1 Y 3, TIPO 2 Y 3

A continuación para empezar a realizar el diseño factorial definiremos las combinaciones de cada uno de ellos, como se puede observar en los diseños factoriales de este trabajo los niveles están denominados por 1 y 2, siendo el 1 nivel bajo y 2 nivel alto.

Primer diseño factorial con la combinación de combustible Tipo 1 y 2.

**Tabla 4.4.** Diseño factorial en la combinación 1 y 2  
Fuente: Los Autores

Bujías	Gasolina	Aceite	Admisión
1	1	1	1
2	1	1	1
1	2	1	1
2	2	1	1
1	1	2	1
2	1	2	1
1	2	2	1
2	2	2	1
1	1	1	2
2	1	1	2
1	2	1	2
2	2	1	2
1	1	2	2
2	1	2	2
1	2	2	2
2	2	2	2

Segundo diseño factorial con la combinación de combustible Tipo 1 y 3.

**Tabla 4.5.** Diseño factorial en la combinación 1 y 3  
Fuente: Los Autores

Bujías	Gasolina	Aceite	Admisión
1	1	1	1
2	1	1	1
1	3	1	1
2	3	1	1
1	1	2	1
2	1	2	1
1	3	2	1
2	3	2	1
1	1	1	2
2	1	1	2
1	3	1	2
2	3	1	2
1	1	2	2
2	1	2	2
1	3	2	2
2	3	2	2

Tercer diseño factorial con la combinación de combustible Tipo 2 y 3

**Tabla 4.6.** Diseño factorial en la combinación 2 y 3  
**Fuente:** Los Autores

<b>Bujías</b>	<b>Gasolina</b>	<b>Aceite</b>	<b>Admisión</b>
1	2	1	1
2	2	1	1
1	3	1	1
2	3	1	1
1	2	2	1
2	2	2	1
1	3	2	1
2	3	2	1
1	2	1	2
2	2	1	2
1	3	1	2
2	3	1	2
1	2	2	2
2	2	2	2
1	3	2	2
2	3	2	2

Una vez definido el diseño a utilizar hay que definir las variables de bloqueo que se van a utilizar para obtener los datos a ser analizados.

**Variables de bloqueo:**

- Esperar que el refrigerante del motor llegue a la temperatura de funcionamiento 70 grados centígrados.
- Mantener la temperatura de admisión de aire desde los 25 a 35 grados centígrados.
- Mantener abierto la mariposa de aceleración siempre a 7%.
- El voltaje de la batería no debe ser inferior a 12v.
- El motor no debe estar con códigos de falla ya que afectaría en su desempeño.

- Asegurarse de verificar el uso de filtros nuevos del analizador de gases. Cambiar estos filtros luego de haber realizado 5 tratamientos.

**Variables no controladas:**

- El ruido es algo que no podemos controlar no involucra en el desarrollo del tratamiento pero es peligroso para la salud del operario.
- La temperatura del ambiente afecta en el tiempo de espera entre cada repetición debido a que favorecerá al enfriar menos o más rápido.

Realizar 5 repeticiones de cada tratamiento para sacar la media de cada variable de respuesta.

Antes de tomar valores hay que seguir con ciertos requerimientos para el desarrollo de cada tratamiento y cada repetición:

- Se requiere un mínimo de 2 galones de combustible para cada tratamiento del diseño experimental.
- La gasolina extra se debe comprar por galones no por un monto de dinero.
- La gasolina extra se debe mezclar con el aditivo mejorador de octanaje de acuerdo a las instrucciones del fabricante y utilizando una probeta para su correcta medición.
- El requerimiento anterior involucra a la mezcla de la gasolina extra y el etanol.
- El cambio de aceite debe realizarse en recipientes limpios para su futuro uso.
- Utilización de las herramientas correctas para el cambio de filtros de aire, bujías, aceite.

Al termino de este capítulo se tiene ya definida la fase pre-experimental, en la cual se explica los pasos a realizar, los materiales a utilizar y el tipo de diseño factorial a utilizar.

## **CAPITULO 3**

Obtención de los datos de las variables a ser tratadas.

### 3.1 FASE EXPERIMENTAL

En el presente capítulo se realizará la fase experimental, en la cual se expondrán todas las tablas desde la 3.1 a la 3.24, que contienen los resultados de los experimentos desarrollados en este trabajo de investigación. En las tablas mencionadas consta todos los valores de las variables de respuesta las mismas son: valores de la potencia, carga, consumo, torque, CO, HC, CO<sub>2</sub>, O<sub>2</sub> y lambda que se obtuvieron en las 5 repeticiones de cada experimento. De color celeste está el promedio de cada variable de respuesta, este valor nos sirve para el análisis respectivo del diseño.

Para la obtención de estos datos, en cada experimento se fue variando los niveles de cada factor, dichos niveles son los presentados en la tabla 2.2 del capítulo 2.

**Tabla 2.2.** Factores de entrada con sus niveles seleccionados.

**Fuente:** Los Autores

<b>FACTORES EXTERNOS</b>	<b>NIVELES</b>
<b>BUJÍAS</b>	Tipo 1= Bujías convencionales. Tipo 2= Bujías R BKR6E
<b>COMBUSTIBLE</b>	Tipo 1= Gasolina extra Tipo 2= Gasolina extra mezclada con aditivo mejorador de octanaje. Tipo 3= Gasolina extra mezclada con 10% de etanol.
<b>ACEITE</b>	Tipo 1= Aceite lubricante 20W50 UBX GOLD 7000. Tipo 2= Aceite mezclado con aditivo "S3"
<b>ADMISIÓN</b>	Tipo 1= Filtro Normal del motor. Tipo 2= Filtro de alto rendimiento con tornado para filtro de aire.

## EXPERIMENTO 1

FACTOR	Bujías	Combustible	Aceite	Filtro
NIVEL	1	1	2	1

Tabla 3.1. Resultado del experimento 1.  
Fuente: Los Autores

Repetición	Potencia (HP)	Carga (%)	Consumo (m/g)	Torque (lb·ft)	RPM	CO (%)	HC (ppm)	CO2 (%)	O2 (%)	LAMBDA	AFR
1	21	11,8	34,3	46	2426	4,44%	486	13,30%	0,41%	0,888	13
2	22	11,8	34,7	46	2498	4,43%	485	13,30%	0,41%	0,888	13
3	22	11,8	34,4	46	2525	4,40%	485	13,30%	0,41%	0,888	13
4	22	12,5	34,7	46	2536	4,38%	488	13,30%	0,42%	0,889	13
5	22	12,5	34,3	46	2533	4,38%	484	13,30%	0,42%	0,889	13
	109	60,4	172,4	230	12518	22,03%	2428	66,50%	2,07%	4,442	65

## EXPERIMENTO 2

FACTOR	Bujías	Combustible	Aceite	Filtro
NIVEL	1	2	2	1

**Tabla 3.2.** Resultados del experimento 2.  
Fuente: Los Autores

Repetición	Potencia (HP)	Carga (%)	Consumo (m/g)	Torque (lb·ft)	RPM	CO (%)	HC (ppm)	CO2 (%)	O2 (%)	LAMBDA	AFR
1	21	12,2	34,4	46	2437	5,61%	526	12,5%	0,41%	0,858	12,6
2	21	12,5	34,3	46	2448	5,65%	532	12,4%	0,41%	0,856	12,5
3	21	11,8	34,5	46	2440	5,74%	543	12,3%	0,42%	0,854	12,5
4	21	11,8	35,2	46	2456	5,58%	542	12,4%	0,42%	0,858	12,6
5	21	11,8	34,5	46	2432	5,55%	536	12,5%	0,42%	0,859	12,6
	105	60,1	172,9	230	12213	28,13%	2679	62,10%	2,08%	4,285	62,8
<b>Promedio</b>	21	12,02	34,58	46	2442,6	5,63%	535,8	12,42%	0,42%	0,857	12,56



### EXPERIMENTO 3

<b>FACTOR</b>	<b>Bujías</b>	<b>Combustible</b>	<b>Aceite</b>	<b>Filtro</b>
<b>NIVEL</b>	<b>1</b>	<b>3</b>	<b>2</b>	<b>1</b>

**Tabla 3.3.**Resultados del experimento 3.

**Fuente:** Los Autores

Repetición	Potencia (HP)	Carga (%)	Consumo (m/g)	Torque (lb·ft)	RPM	CO (%)	HC (ppm)	CO2 (%)	O2 (%)	LAMBDA	AFR
<b>1</b>	21	11,8	34,4	46	2441	4,80%	556	13,0%	0,44%	0,878	12,9
<b>2</b>	21	12,5	34,4	46	2446	4,79%	551	13,0%	0,44%	0,878	12,9
<b>3</b>	22	12,5	35	46	2467	4,66%	541	13,1%	0,44%	0,881	12,9
<b>4</b>	22	12,2	35	46	2470	4,69%	540	13,1%	0,43%	0,881	12,9
<b>5</b>	21	12,5	35,1	46	2460	4,79%	545	13,0%	0,43%	0,878	12,9
	107	61,5	173,9	230	12284	23,73%	2733	65,20%	2,18%	4,396	64,5
<b>Promedio</b>	21,4	12,3	34,78	46	2456,8	4,75%	546,6	13,04%	0,44%	0,8792	12,9

### **EXPERIMENTO 4**

<b>FACTOR</b>	<b>Bujías</b>	<b>Combustible</b>	<b>Aceite</b>	<b>Filtro</b>
<b>NIVEL</b>	<b>1</b>	<b>3</b>	<b>2</b>	<b>2</b>

**Tabla 3.4.** Resultados del experimento 4.

Fuente: Los Autores

<b>Repetición</b>	<b>Potencia (HP)</b>	<b>Carga (%)</b>	<b>Consumo (m/g)</b>	<b>Torque (lb·ft)</b>	<b>RPM</b>	<b>CO (%)</b>	<b>HC (ppm)</b>	<b>CO2 (%)</b>	<b>O2 (%)</b>	<b>LAMBDA</b>	<b>AFR</b>
<b>1</b>	22	11,8	34,8	46	2508	3,39%	561	13,9%	0,53%	0,915	13,4
<b>2</b>	22	11,8	34,8	46	2466	3,70%	524	13,8%	0,46%	0,906	13,3
<b>3</b>	21	12,2	34,1	46	2448	3,65%	520	13,8%	0,45%	0,907	13,3
<b>4</b>	22	12,2	34,6	46	2471	3,74%	539	13,7%	0,44%	0,904	13,2
<b>5</b>	22	11,8	34,4	46	2478	3,71%	515	13,8%	0,44%	0,906	13,3
	109	59,8	172,7	230	12371	18,19%	2659	69,00%	2,32%	4,538	66,5
<b>Promedio</b>	21,8	11,96	34,54	46	2474,2	3,64%	531,8	13,80%	0,46%	0,9076	13,3

### **EXPERIMENTO 5**

<b>FACTOR</b>	<b>Bujías</b>	<b>Combustible</b>	<b>Aceite</b>	<b>Filtro</b>
<b>NIVEL</b>	<b>1</b>	<b>2</b>	<b>2</b>	<b>2</b>

**Tabla 3.5.**Resultados del experimento 5.

**Fuente:** Los Autores

<b>Repetición</b>	<b>Potencia (HP)</b>	<b>Carga (%)</b>	<b>Consumo (m/g)</b>	<b>Torque (lb·ft)</b>	<b>RPM</b>	<b>CO (%)</b>	<b>HC (ppm)</b>	<b>CO2 (%)</b>	<b>O2 (%)</b>	<b>LAMBDA</b>	<b>AFR</b>
<b>1</b>	22	12,2	34,1	46	2443	4,35%	604	13,3%	0,45%	0,887	13,0
<b>2</b>	22	12,2	34,7	46	2467	4,44%	592	13,3%	0,44%	0,886	13,0
<b>3</b>	22	11,4	34,8	46	2454	4,36%	579	13,4%	0,43%	0,888	13,0
<b>4</b>	22	11,8	34,5	46	2475	4,39%	583	13,3%	0,43%	0,886	13,0
<b>5</b>	22	11,8	34,4	46	2520	4,28%	572	13,4%	0,43%	0,890	13,0
	110	59,4	172,5	230	12359	21,82%	2930	66,70%	2,18%	4,437	65
<b>Promedio</b>	22	11,88	34,5	46	2471,8	4,36%	586	13,34%	0,44%	0,8874	13

## EXPERIMENTO 6

FACTOR	Bujías	Combustible	Aceite	Filtro
NIVEL	1	1	2	2

**Tabla 3.6.** Resultados del experimento 6.

Fuente: Los Autores

Repetición	Potencia (HP)	Carga (%)	Consumo (m/g)	Torque (lb-ft)	RPM	CO (%)	HC (ppm)	CO2 (%)	O2 (%)	LAMBDA	AFR
1	21	11,8	34,1	46	2438	4,54%	577	13,2%	0,48%	0,885	13,0
2	22	12,5	34,4	46	2482	4,70%	567	13,1%	0,51%	0,883	12,9
3	22	12,2	33,8	46	2453	4,79%	579	13,1%	0,46%	0,879	12,9
4	22	12,2	34,6	46	2465	4,90%	580	13,0%	0,44%	0,875	12,8
5	21	12,2	34,1	46	2432	4,96%	598	12,9%	0,44%	0,873	12,8
	108	60,9	171	230	12270	23,89%	2901	65,30%	2,33%	4,395	64,4
<b>Promedio</b>	21,6	12,18	34,2	46	2454	4,78%	580,2	13,06%	0,47%	0,879	12,88

## EXPERIMENTO 7

<b>FACTOR</b>	<b>Bujías</b>	<b>Combustible</b>	<b>Aceite</b>	<b>Filtro</b>
<b>NIVEL</b>	<b>2</b>	<b>1</b>	<b>2</b>	<b>2</b>

**Tabla 3.7.**Resultados del experimento 7.

Fuente: Los Autores

Repetición	Potencia (HP)	Carga (%)	Consumo (m/g)	Torque (lb-ft)	RPM	CO (%)	HC (ppm)	CO2 (%)	O2 (%)	LAMBDA	AFR
<b>1</b>	21	12,2	34,4	47	2334	4,61%	516	12,9%	0,44%	0,882	12,9
<b>2</b>	21	11,8	34,1	47	2356	4,63%	507	12,9%	0,40%	0,880	12,9
<b>3</b>	21	11,8	34,2	47	2386	4,72%	514	12,8%	0,40%	0,877	12,9
<b>4</b>	21	11,8	34,1	47	2424	4,67%	505	12,9%	0,39%	0,879	12,9
<b>5</b>	22	12,5	33,9	47	2440	4,57%	492	12,9%	0,39%	0,881	12,9
	106	60,1	170,7	235	11940	23,20%	2534	64,40%	2,02%	4,399	64,5
<b>Promedio</b>	21,2	12,02	34,14	47	2388	4,64%	506,8	12,88%	0,40%	0,8798	12,9

## EXPERIMENTO 8

<b>FACTOR</b>	<b>Bujías</b>	<b>Combustible</b>	<b>Aceite</b>	<b>Filtro</b>
<b>NIVEL</b>	<b>2</b>	<b>2</b>	<b>2</b>	<b>2</b>

**Tabla 3.8** Resultados del experimento 8.

**Fuente:** LosAutores

Repetición	Potencia (HP)	Carga (%)	Consumo (m/g)	Torque (lb-ft)	RPM	CO (%)	HC (ppm)	CO2 (%)	O2 (%)	LAMBDA	AFR
<b>1</b>	24	12,9	33,9	47	2732	1,00%	374	12,3%	1,80%	1,042	15,3
<b>2</b>	24	12,5	33,8	47	2738	1,18%	282	12,8%	1,87%	1,041	15,3
<b>3</b>	25	12,9	33,9	47	2774	1,21%	308	13,3%	1,93%	1,041	15,3
<b>4</b>	25	12,9	34,5	47	2788	1,22%	299	13,9%	1,22%	1,007	14,8
<b>5</b>	25	12,5	34,7	46	2784	1,21%	292	13,5%	1,85%	1,037	15,2
	123	63,7	170,8	234	13816	5,82%	1555	65,80%	8,67%	5,168	75,9
<b>Promedio</b>	24,6	12,74	34,16	46,8	2763,2	1,16%	311	13,16%	1,73%	1,0336	15,18

## EXPERIMENTO 9

FACTOR	Bujías	Combustible	Aceite	Filtro
NIVEL	2	3	2	2

**Tabla 3.9.** Resultados del experimento 9.  
Fuente: Los Autores

Repetición	Potencia (HP)	Carga (%)	Consumo (m/g)	Torque (lb-ft)	RPM	CO (%)	HC (ppm)	CO2 (%)	O2 (%)	LAMBDA	AFR
1	24	12,5	34,1	46	2696	0,96%	277	14,0%	1,92%	1,048	15,4
2	24	12,5	34,4	46	2718	0,91%	265	13,8%	1,74%	1,042	15,3
3	24	12,9	34,3	46	2724	0,86%	255	13,9%	1,78%	1,046	15,3
4	24	12,5	34,5	46	2720	0,85%	251	14,2%	1,66%	1,040	15,2
5	24	12,2	34,6	46	2719	0,94%	256	13,9%	1,85%	1,046	15,3
	120	62,6	171,9	230	13577	4,52%	1304	69,80%	8,95%	5,222	76,5
<b>Promedio</b>	24	12,52	34,38	46	2715,4	0,90%	260,8	13,96%	1,79%	1,0444	15,3

## EXPERIMENTO 10

FACTOR	Bujías	Combustible	Aceite	Filtro
NIVEL	2	1	2	1

**Tabla 3.10.**Resultados del experimento 10.  
Fuente: Los Autores

Repetición	Potencia (HP)	Carga (%)	Consumo (m/g)	Torque (lb·ft)	RPM	CO (%)	HC (ppm)	CO2 (%)	O2 (%)	LAMBDA	AFR
1	23	11,8	34,1	46	2574	0,91%	243	15,2%	0,76%	0,998	14,6
2	23	11,8	34,2	46	2597	1,12%	250	15,1%	0,65%	0,988	14,5
3	23	12,2	34,2	46	2608	1,24%	252	15,1%	0,62%	0,983	14,4
4	23	12,5	34,8	46	2657	1,28%	256	15,1%	0,60%	0,981	14,4
5	23	11,8	34,8	46	2633	1,32%	260	15,0%	0,58%	0,979	14,3
	115	60,1	172,1	230	13069	5,87%	1261	75,50%	3,21%	4,929	72,2
<b>Promedio</b>	23	12,02	34,42	46	2613,8	1,17%	252,2	15,10%	0,64%	0,9858	14,44



## EXPERIMENTO 11

<b>FACTOR</b>	<b>Bujías</b>	<b>Combustible</b>	<b>Aceite</b>	<b>Filtro</b>
<b>NIVEL</b>	<b>2</b>	<b>2</b>	<b>2</b>	<b>1</b>

**Tabla 3.11.** Resultados del experimento 11.

**Fuente:** Los Autores

Repetición	Potencia (HP)	Carga (%)	Consumo (m/g)	Torque (lb·ft)	RPM	CO (%)	HC (ppm)	CO2 (%)	O2 (%)	LAMBDA	AFR
1	23	12,9	35,2	46	2619	1,34%	280	14,6%	1,24%	1,005	14,7
2	23	12,5	35	46	2666	1,57%	287	14,6%	0,73%	0,977	14,3
3	24	12,5	35	46	2709	1,85%	287	14,4%	0,95%	0,979	14,3
4	23	12,5	35,1	46	2668	1,72%	291	14,7%	0,49%	0,964	14,1
5	23	12,5	34,7	46	2693	1,80%	296	14,5%	0,55%	0,963	14,1
	116	62,9	175	230	13355	8,28%	1441	72,80%	3,96%	4,888	71,5
<b>Promedio</b>	23,2	12,58	35	46	2671	1,66%	288,2	14,56%	0,79%	0,9776	14,3

## EXPERIMENTO 12

<b>FACTOR</b>	<b>Bujías</b>	<b>Combustible</b>	<b>Aceite</b>	<b>Filtro</b>
<b>NIVEL</b>	<b>2</b>	<b>3</b>	<b>2</b>	<b>1</b>

**Tabla 3.12.**Resultados del experimento 12.

Fuente: Los Autores

Repetición	Potencia (HP)	Carga (%)	Consumo (m/g)	Torque (lb·ft)	RPM	CO (%)	HC (ppm)	CO2 (%)	O2 (%)	LAMBDA	AFR
1	23	12,5	34,7	46	2602	1,54%	310	14,7%	0,58%	0,971	14,2
2	23	11,8	35,2	46	2633	1,75%	297	14,7%	0,49%	0,963	14,1
3	23	12,5	35,2	45	2706	1,85%	295	14,7%	0,48%	0,960	14,1
4	23	12,9	35,3	45	2705	1,79%	292	14,7%	0,49%	0,962	14,1
5	23	12,5	35	45	2688	1,89%	292	14,6%	0,55%	0,962	14,1
	115	62,2	175,4	227	13334	8,82%	1486	73,40%	2,59%	4,818	70,6
<b>Promedio</b>	23	12,44	35,08	45,4	2666,8	1,76%	297,2	14,68%	0,52%	0,9636	14,12

### EXPERIMENTO 13

FACTOR	Bujías	Combustible	Aceite	Filtro
NIVEL	2	3	1	1

Tabla 3.13. Resultados del experimento 13.

Fuente: Los Autores

Repetición	Potencia (HP)	Carga (%)	Consumo (m/g)	Torque (lb·ft)	RPM	CO (%)	HC (ppm)	CO2 (%)	O2 (%)	LAMBDA	AFR
1	20	11,8	34,3	46	2236	0,68%	222	15,2%	0,87%	1,010	14,8
2	20	11,8	34,4	46	2268	0,64%	208	15,3%	0,86%	1,011	14,8
3	21	12,2	34,8	46	2351	0,65%	202	15,2%	0,84%	1,010	14,8
4	21	12,5	34,7	46	2358	0,69%	197	15,2%	0,79%	1,007	14,8
5	22	12,2	34,8	46	2521	2,33%	312	14,4%	0,45%	0,946	13,9
	104	60,5	173	230	11734	4,99%	1141	75,30%	3,81%	4,984	73,1
<b>Promedio</b>	20,8	12,1	34,6	46	2346,8	1,00%	228,2	15,06%	0,76%	0,9968	14,62

### **EXPERIMENTO 14**

<b>FACTOR</b>	<b>Bujías</b>	<b>Combustible</b>	<b>Aceite</b>	<b>Filtro</b>
<b>NIVEL</b>	<b>2</b>	<b>2</b>	<b>1</b>	<b>1</b>

**Tabla 3.14..Resultados del experimento 14.**  
Fuente: Los Autores

Repetición	Potencia (HP)	Carga (%)	Consumo (m/g)	Torque (lb·ft)	RPM	CO (%)	HC (ppm)	CO2 (%)	O2 (%)	LAMBDA	AFR
<b>1</b>	22	12,5	35,1	46	2537	1,81%	313	14,8%	0,48%	0,960	14,1
<b>2</b>	22	11,8	35,1	46	2544	2,01%	308	14,6%	0,44%	0,954	14,0
<b>3</b>	22	12,5	34,8	45	2602	2,07%	309	14,6%	0,44%	0,952	14,0
<b>4</b>	22	12,9	35,1	45	2586	2,11%	313	14,6%	0,43%	0,951	13,9
<b>5</b>	22	12,5	34,9	45	2601	2,14%	311	14,5%	0,42%	0,949	13,9
	110	62,2	175	227	12870	10,14%	1554	73,10%	2,21%	4,766	69,9
<b>Promedio</b>	22	12,44	35	45,4	2574	2,03%	310,8	14,62%	0,44%	0,9532	13,98

## EXPERIMENTO 15

FACTOR	Bujías	Combustible	Aceite	Filtro
NIVEL	2	1	1	1

**Tabla 3.15.** Resultados del experimento 15.  
Fuente: LosAutores

Repetición	Potencia (HP)	Carga (%)	Consumo (m/g)	Torque (lb·ft)	RPM	CO (%)	HC (ppm)	CO2 (%)	O2 (%)	LAMBDA	AFR
1	20	11	34	46	2287	1,87%	320	14,6%	0,50%	0,959	14,1
2	21	11,8	34,1	46	2449	2,25%	316	14,5%	0,44%	0,947	13,9
3	22	11,8	34,6	46	2518	2,07%	313	14,6%	0,46%	0,953	14,0
4	22	12,5	34,4	46	2532	2,04%	316	14,6%	0,43%	0,952	14,0
5	22	12,5	34,8	46	2578	2,16%	324	14,5%	0,42%	0,948	13,9
	107	59,6	171,9	230	12364	10,39%	1589	72,80%	2,25%	4,759	69,9
<b>Promedio</b>	21,4	11,92	34,38	46	2472,8	2,08%	317,8	14,56%	0,45%	0,9518	13,98

## EXPERIMENTO 16

<b>FACTOR</b>	<b>Bujías</b>	<b>Combustible</b>	<b>Aceite</b>	<b>Filtro</b>
<b>NIVEL</b>	<b>2</b>	<b>1</b>	<b>1</b>	<b>2</b>

**Tabla 3.16.** Resultados del experimento 16.  
Fuente: Los Autores

Repetición	Potencia (HP)	Carga (%)	Consumo (m/g)	Torque (lb·ft)	RPM	CO (%)	HC (ppm)	CO2 (%)	O2 (%)	LAMBDA	AFR
<b>1</b>	23	12,2	34,7	46	2584	1,57%	276	15,0%	0,50%	0,969	14,2
<b>2</b>	23	11,8	34,5	46	2603	1,71%	283	14,9%	0,47%	0,964	14,1
<b>3</b>	23	12,5	34,7	46	2642	1,79%	282	14,8%	0,45%	0,961	14,1
<b>4</b>	23	12,5	34,8	46	2644	1,78%	282	14,8%	0,46%	0,961	14,1
<b>5</b>	23	12,5	34,7	46	2659	1,85%	283	14,7%	0,45%	0,959	14,1
	115	61,5	173,4	230	13132	8,70%	1406	74,20%	2,33%	4,814	70,6
<b>Promedio</b>	23	12,3	34,68	46	2626,4	1,74%	281,2	14,84%	0,47%	0,9628	14,12

## EXPERIMENTO 17

FACTOR	Bujías	Combustible	Aceite	Filtro
NIVEL	2	2	1	2

Tabla 3.17. Resultados del experimento 17.

Fuente: Los Autores

Repetición	Potencia (HP)	Carga (%)	Consumo (m/g)	Torque (lb-ft)	RPM	CO (%)	HC (ppm)	CO2 (%)	O2 (%)	LAMBDA	AFR
1	23	12,5	34,5	46	2600	1,52%	280	15,0%	0,52%	0,971	14,2
2	23	12,5	35	46	2628	1,52%	274	15,0%	0,50%	0,970	14,2
3	23	12,2	34,9	46	2638	1,51%	269	14,9%	0,50%	0,970	14,2
4	23	12,5	34,8	46	2655	1,59%	265	14,9%	0,49%	0,968	14,2
5	23	12,5	34,7	46	2652	1,57%	264	14,9%	0,49%	0,969	14,2
	115	62,2	173,9	230	13173	7,71%	1352	74,70%	2,50%	4,848	71
<b>Promedio</b>	23	12,44	34,78	46	2634,6	1,54%	270,4	14,94%	0,50%	0,9696	14,2

### **EXPERIMENTO 18**

<b>FACTOR</b>	<b>Bujías</b>	<b>Combustible</b>	<b>Aceite</b>	<b>Filtro</b>
<b>NIVEL</b>	<b>2</b>	<b>3</b>	<b>1</b>	<b>2</b>

**Tabla 3.18.** Resultados del experimento 18.  
Fuente: Los Autores

<b>Repetición</b>	<b>Potencia (HP)</b>	<b>Carga (%)</b>	<b>Consumo (m/g)</b>	<b>Torque (lb-ft)</b>	<b>RPM</b>	<b>CO (%)</b>	<b>HC (ppm)</b>	<b>CO2 (%)</b>	<b>O2 (%)</b>	<b>LAMBDA</b>	<b>AFR</b>
<b>1</b>	23	11,8	34,6	46	2598	1,16%	249	15,1%	0,59%	0,984	14,4
<b>2</b>	23	12,5	34,4	46	2611	1,15%	241	15,2%	0,60%	0,985	14,4
<b>3</b>	23	12,5	35,1	46	2623	1,22%	240	15,1%	0,57%	0,982	14,4
<b>4</b>	23	12,2	34,4	46	2609	1,23%	242	15,1%	0,57%	0,982	14,4
<b>5</b>	23	12,5	35,2	46	2620	1,18%	241	15,2%	0,55%	0,982	14,4
	115	61,5	173,7	230	13061	5,94%	1213	75,70%	2,88%	4,915	72
<b>Promedio</b>	23	12,3	34,74	46	2612,2	1,19%	242,6	15,14%	0,58%	0,983	14,4



## EXPERIMENTO 19

FACTOR	Bujías	Combustible	Aceite	Filtro
NIVEL	1	3	1	2

**Tabla 3.19.** Resultados del experimento 19.  
Fuente: Los Autores

Repetición	Potencia (HP)	Carga (%)	Consumo (m/g)	Torque (lb·ft)	RPM	CO (%)	HC (ppm)	CO2 (%)	O2 (%)	LAMBDA	AFR
1	23	12,2	34,7	46	2656	0,98%	282	15,0%	0,74%	0,994	14,6
2	23	12,5	34,7	46	2684	1,11%	293	15,0%	0,69%	0,988	14,5
3	24	12,5	34,8	46	2715	1,27%	301	14,9%	0,66%	0,982	14,4
4	24	12,2	34,7	46	2719	1,21%	305	14,9%	0,70%	0,985	14,4
5	24	12,2	34,7	46	2718	1,16%	310	14,9%	0,68%	0,985	14,4
	118	61,6	173,6	230	13492	5,73%	1491	74,70%	3,47%	4,934	72,3
<b>Promedio</b>	23,6	12,32	34,72	46	2698,4	1,15%	298,2	14,94%	0,69%	0,9868	14,46

## EXPERIMENTO 20

FACTOR	Bujías	Combustible	Aceite	Filtro
NIVEL	1	2	1	2

**Tabla 3.20.** Resultados del experimento 20.  
Fuente: LosAutores

Repetición	Potencia (HP)	Carga (%)	Consumo (m/g)	Torque (lb-ft)	RPM	CO (%)	HC (ppm)	CO2 (%)	O2 (%)	LAMBDA	AFR
1	24	12,9	34,7	46	2721	1,33%	345	14,8%	0,63%	0,978	14,3
2	24	12,9	34,7	46	2720	1,43%	338	14,8%	0,60%	0,974	14,3
3	24	12,5	34,7	46	2723	1,43%	339	14,8%	0,60%	0,974	14,3
4	24	12,5	34,7	46	2722	1,46%	344	14,8%	0,59%	0,973	14,3
5	24	12,5	34,7	46	2721	1,43%	337	14,8%	0,60%	0,974	14,3
	120	63,3	173,5	230	13607	7,08%	1703	74,00%	3,02%	4,873	71,5
<b>Promedio</b>	24	12,66	34,7	46	2721,4	1,42%	340,6	14,80%	0,60%	0,9746	14,3

## EXPERIMENTO 21

FACTOR	Bujías	Combustible	Aceite	Filtro
NIVEL	1	1	1	2

Tabla 3.21. Resultados del experimento 21.  
Fuente: Los Autores

Repetición	Potencia (HP)	Carga (%)	Consumo (m/g)	Torque (lb·ft)	RPM	CO (%)	HC (ppm)	CO2 (%)	O2 (%)	LAMBDA	AFR
1	24	12,5	34,8	46	2710	1,60%	343	14,7%	0,58%	0,968	14,2
2	24	12,5	34,7	46	2721	1,68%	346	14,7%	0,55%	0,965	14,1
3	24	12,9	34,8	46	2722	1,68%	351	14,6%	0,54%	0,964	14,1
4	24	12,5	34,7	46	2734	1,70%	347	14,6%	0,53%	0,964	14,1
5	24	12,5	34,8	46	2724	1,73%	346	14,6%	0,52%	0,962	14,1
	120	62,9	173,8	230	13611	8,39%	1733	73,20%	2,72%	4,823	70,6
<b>Promedio</b>	24	12,58	34,76	46	2722,2	1,68%	346,6	14,64%	0,54%	0,9646	14,12

## EXPERIMENTO 22

FACTOR	Bujías	Combustible	Aceite	Filtro
NIVEL	1	1	1	1

**Tabla 3.22.** Resultados del experimento 22.  
Fuente: Los Autores

Repetición	Potencia (HP)	Carga (%)	Consumo (m/g)	Torque (lb·ft)	RPM	CO (%)	HC (ppm)	CO2 (%)	O2 (%)	LAMBDA	AFR
1	23	12,2	34,3	46	2615	1,62%	335	14,6%	0,56%	0,967	14,2
2	23	12,5	35,1	46	2666	2,03%	342	14,4%	0,49%	0,953	14,0
3	23	12,5	34,8	46	2686	2,17%	349	14,3%	0,47%	0,949	13,9
4	23	12,2	34,7	46	2696	2,18%	377	14,2%	0,49%	0,948	13,9
5	23	12,5	34,8	46	2696	2,22%	358	14,2%	0,47%	0,947	13,9
	115	61,9	173,7	230	13359	10,22%	1761	71,70%	2,48%	4,764	69,9
<b>Promedio</b>	23	12,38	34,74	46	2671,8	2,04%	352,2	14,34%	0,50%	0,9528	13,98

## EXPERIMENTO 23

FACTOR	Bujías	Combustible	Aceite	Filtro
NIVEL	1	2	1	1

**Tabla 3.23.**Resultados del experimento 23.  
Fuente: LosAutores

Repetición	Potencia (HP)	Carga (%)	Consumo (m/g)	Torque (lb·ft)	RPM	CO (%)	HC (ppm)	CO2 (%)	O2 (%)	LAMBDA	AFR
1	23	12,2	35,4	45	2660	1,85%	326	14,4%	0,53%	0,960	14,1
2	23	12,5	35	45	2691	2,10%	336	14,3%	0,49%	0,952	13,9
3	23	12,5	35	45	2690	2,10%	339	14,3%	0,48%	0,951	13,9
4	23	12,5	35,2	45	2712	2,20%	344	14,2%	0,47%	0,948	13,9
5	23	12,9	35,1	45	2718	2,08%	331	14,4%	0,47%	0,952	13,9
	115	62,6	175,7	225	13471	10,33%	1676	71,60%	2,44%	4,763	69,7
<b>Promedio</b>	23	12,52	35,14	45	2694,2	2,07%	335,2	14,32%	0,49%	0,9526	13,94

## EXPERIMENTO 24

<b>FACTOR</b>	<b>Bujías</b>	<b>Combustible</b>	<b>Aceite</b>	<b>Filtro</b>
<b>NIVEL</b>	<b>1</b>	<b>3</b>	<b>1</b>	<b>1</b>

**Tabla 3.24.** .Resultados del experimento 24.  
Fuente: Los Autores

Repetición	Potencia (HP)	Carga (%)	Consumo (m/g)	Torque (lb·ft)	RPM	CO (%)	HC (ppm)	CO2 (%)	O2 (%)	LAMBDA	AFR
<b>1</b>	23	12,5	35,2	45	2642	1,59%	327	14,6%	0,59%	0,970	14,2
<b>2</b>	23	12,5	35,2	45	2675	1,79%	326	14,5%	0,53%	0,962	14,1
<b>3</b>	23	12,5	35	45	2690	1,81%	328	14,5%	0,53%	0,961	14,1
<b>4</b>	23	12,5	35,1	45	2683	1,80%	328	14,5%	0,52%	0,961	14,1
<b>5</b>	23	12,5	35	45	2696	1,78%	329	14,5%	0,52%	0,962	14,1
	115	62,5	175,5	225	13386	8,77%	1638	72,60%	2,69%	4,816	70,6
<b>Promedio</b>	23	12,5	35,1	45	2677,2	1,75%	327,6	14,52%	0,54%	0,9632	14,12

## **CAPITULO 4**

Análisis estadístico de los datos sobre la Potencia, Carga, Eficiencia y Emisión de gases contaminantes.

En el presente capítulo se realizó un análisis estadístico de los efectos que causó cada factor en las variables dependientes o de salida y para poder validar los datos de los experimentos realizados ajustamos nuestro análisis a un diseño factorial  $2^k$ , el cual se desarrolló utilizando el software estadístico MINITAB 17.

El análisis del desempeño del motor se realizó midiendo la potencia, carga, eficiencia, los gases de escape del motor, temperatura del refrigerante y temperatura del ambiente.

Cabe recalcar que el diseño de experimentos escogido, método factorial  $2^k$ , se utiliza solo para 2 niveles, pero en nuestra investigación se tiene 3 niveles en un factor. Para el desarrollo de este análisis procedimos a realizar 3 diseños factoriales, 1 diseño con cada combinación, es decir los 3 niveles que se tiene en un factor se dividió y se convino de 3 maneras posibles, ya que no se puede eliminar ningún nivel porque todos tienen influencia en las variables de salida.

Los 3 niveles que tiene un factor se dividió de la siguiente manera:

**FACTOR: COMBUSTIBLE**

**NIVELES:**

TIPO 1= Gasolina extra

TIPO 2= Gasolina extra mezclada con aditivo mejorador de octanaje).

TIPO 3= Gasolina extra mezclada con 10% de etanol.

**COMBINACIÓN POSIBLE:** TIPO 1 Y 2, TIPO 1 Y 3, TIPO 2 Y 3.

A continuación se realizó los diseños factoriales mencionados.

#### **4.1 Diseño factorial 1 con la combinación de combustible tipo 1 y 2.**

El primer diseño experimental tabla 4.1, se lo realiza con las siguientes variables:



**Tabla 4.1.** Factores de entrada con sus niveles seleccionados.

**Fuente:** Los Autores

<b>FACTORES EXTERNOS</b>	<b>NIVELES</b>
<b>BUJÍAS</b>	Tipo 1= Bujías convencionales. Tipo 2= Bujías R BKR6E
<b>COMBUSTIBLE</b>	Tipo 1= Gasolina extra Tipo 2= Gasolina extra mezclada con aditivo mejorador de octanaje.
<b>ACEITE</b>	Tipo 1= Aceite lubricante 20W50 UBX GOLD 7000. Tipo 2= Aceite mezclado con aditivo "S3"
<b>ADMISIÓN</b>	Tipo 1= Filtro Normal del motor. Tipo 2= Filtro de alto rendimiento con tornado para filtro de aire.

En la tabla 4.2 se muestra todos los datos de las medias obtenidas.

**Tabla 4.2.**Datos de las medias obtenidas en la combinación de combustible tipo 1 y 2.

**Fuente:** Los Autores

<b>Bujías</b>	<b>Combustibles</b>	<b>Aceites</b>	<b>Admisión</b>	<b>Potencia</b>	<b>Carga</b>	<b>Eficiencia</b>	<b>CO</b>	<b>HC</b>	<b>CO2</b>
1	1	91,44	1	23	12,38	34,74	2,04	352,2	14,34
2	1	91,44	1	21,4	11,92	34,38	2,08	317,8	14,56
1	2	91,44	1	23	12,52	35,14	2,07	335,2	14,32
2	2	91,44	1	22	12,44	35	2,03	310,8	14,62
1	1	125,25	1	21,8	12,08	34,48	4,41	485,6	13,3
2	1	125,25	1	23	12,02	34,42	1,17	252,2	15,1
1	2	125,25	1	21	12,02	34,58	5,63	535,8	12,42
2	2	125,25	1	23,2	12,58	35	1,66	288,2	14,56
1	1	91,44	2	24	12,58	34,76	1,68	346,6	14,64
2	1	91,44	2	23	12,3	34,68	1,74	281,2	14,84
1	2	91,44	2	24	12,66	34,7	1,42	340,6	14,8
2	2	91,44	2	23	12,44	34,78	1,54	270,4	14,94
1	1	125,25	2	21,6	12,18	34,2	4,78	580,2	13,06
2	1	125,25	2	21,2	12,02	34,14	4,64	506,8	12,88
1	2	125,25	2	22	11,88	34,5	4,36	586	13,43
2	2	125,25	2	24,6	12,74	34,16	1,16	311	13,16

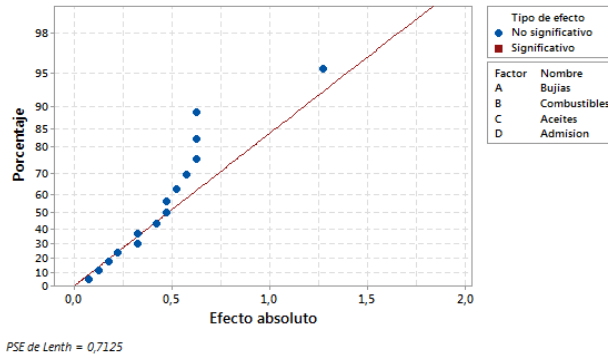
Los datos mostrados en la tabla 4.2, 4.4 y 4.6, sirven para analizar qué factores y que niveles influyen directamente en las variables de respuesta.

A continuación se irá analizando de manera individual los efectos que

produjeron cada factor con su respectivo nivel sobre las variables de respuesta.

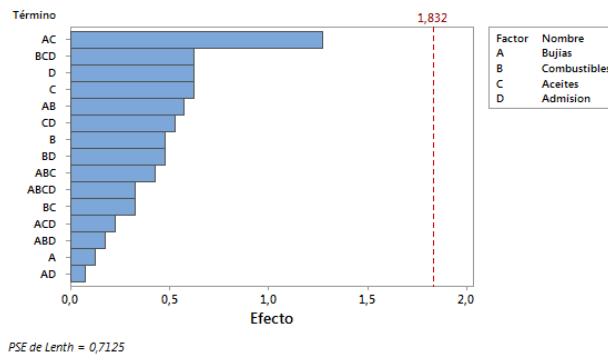
#### 4.1.1 ANÁLISIS DE LA POTENCIA

Para el análisis de la potencia se considerara la opción o el efecto más significativo que nos dé el máximo aumento de la potencia.



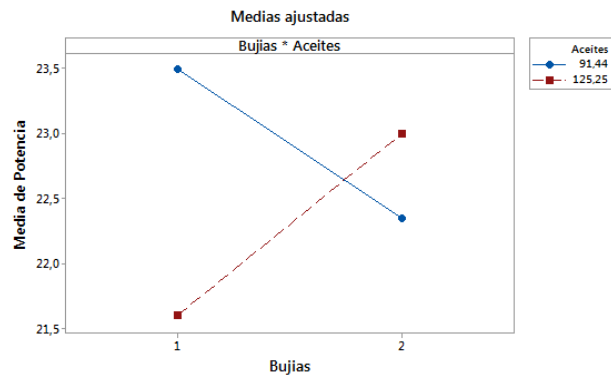
**Fig. 4.1.** Gráfico de la potencia de efectos normales (absolutos)  
**Fuente:** Los Autores.

Según la gráfica de la Fig. 4.1 no se observa efectos principales ni interacciones y no hay ningún valor significativo que aumente la Potencia.



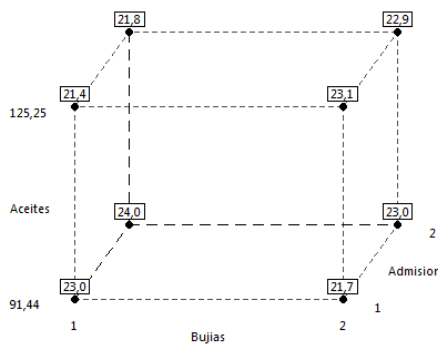
**Fig. 4.2.** Gráfico de la potencia según el diagrama de Pareto.  
**Fuente:** Los Autores.

Según el diagrama de Pareto, la interacción que nos podría brindar una mayor Potencia es la combinación del tipo de Bujías y el tipo de Aceite ya que es la que más se acerca a la línea de referencia.



**Fig. 4.3.** Gráfico de la interacción AC.  
**Fuente:** Los Autores.

En la fig. 4.3 se interpreta que es una interacción cruzada que quiere decir que el tipo de Bujías y tipo de Aceite tiene un efecto significativo sobre la respuesta.

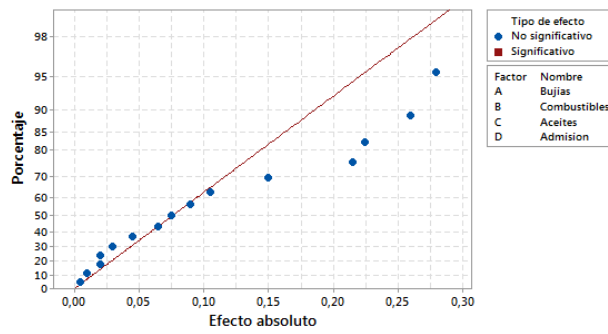


**Fig. 4.4.** Gráfico de cubo.  
**Fuente:** Los Autores.

En la fig. 4.4. Se puede observar en el gráfico de cubo que la máxima Potencia se obtiene con las Bujías convencionales, con un Filtro de alto rendimiento con tornado de aire y un Aceite 20W50 UBX GOLD 7000.

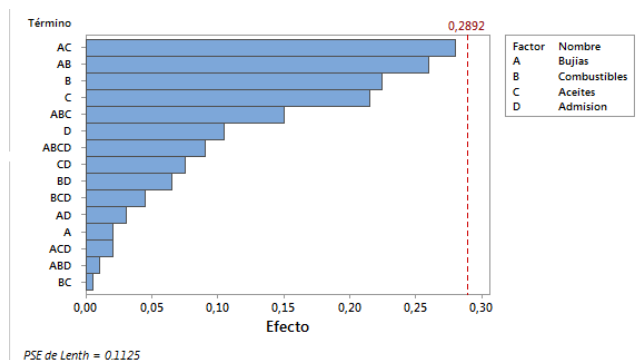
#### 4.1.2 ANÁLISIS DE LA CARGA

Para el análisis de la carga se considerara la opción o el efecto menos significativo que nos dé la mínima carga es decir el mínimo esfuerzo del motor para generar la máxima potencia.



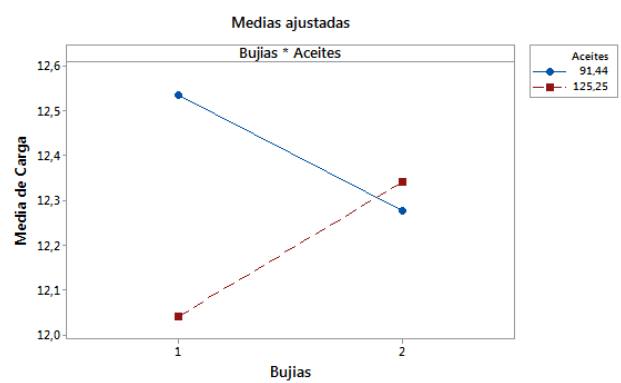
PSE de Lenth = 0,1125  
**Fig. 4.5.** Gráfico de la carga de efectos normales  
**Fuente:** Los Autores.

Según la gráfica de la Fig. 4.5. Se observa que no existe efectos principales ni interacciones, ningún factor tiene una influencia significativa sobre la carga.



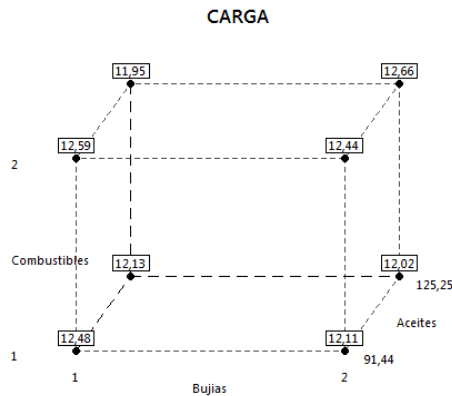
PSE de Lenth = 0,1125  
**Fig. 4.6.** Gráfico de la carga según el diagrama de Pareto.  
**Fuente:** Los Autores.

Al analizar el diagrama de Pareto, la interacción AC, está mucho más cerca de tener una influencia en la variable de la Carga, se puede observar que el porcentaje de diferencia es mínima para tener un efecto sobre la respuesta, por lo que se puede decir que la interacción AC tiene una influencia mínima pero no significativa sobre la respuesta.



**Fig. 4.7.** Gráfico de los efectos de las interacciones.  
**Fuente:** Los Autores.

Al observar la fig. 4.7. Se puede decir que hay una interacción cruzada la cual no es muy significativa ya q casi es una interacción negativa ideal para la disminución de la Carga.

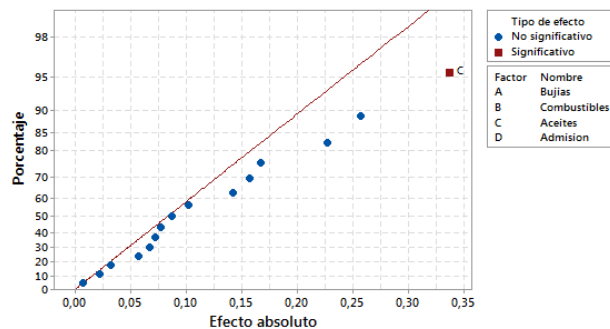


**Fig. 4.8.**Gráfico de cubo.  
**Fuente:**Los Autores.

La fig.4.8, muestra el grafico de cubo de los tres factores más cercanos a la línea de referenciaobteniendo la mínima Carga con un Combustible extra con mejorador de octanaje, con las Bujías convencionales y un Aceite con aditivo S3.

### 4.1.3 ANÁLISIS DE LA EFICIENCIA

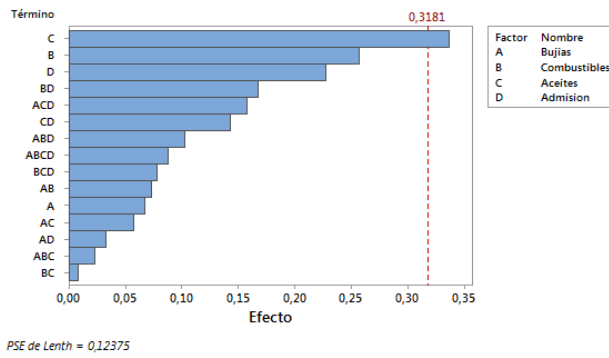
Para el análisis de la eficiencia se considerara la opción o el efecto menos significativo que nos dé el mínimo consumo de combustible.



PSE de Lenth = 0,12375

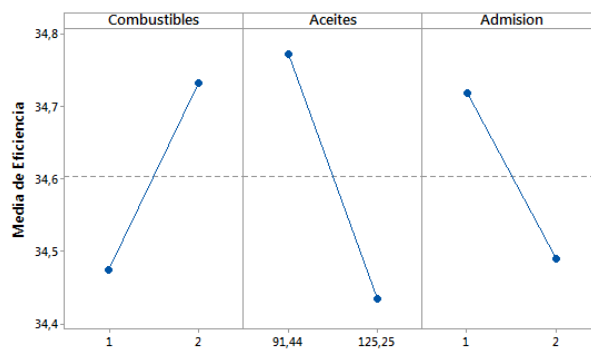
**Fig. 4.9.**Gráfico de la eficiencia de efectos normales.  
**Fuente:** Los Autores.

Se puede observar en la gráfica que solo existe un efecto principal que es el tipo de Aceite



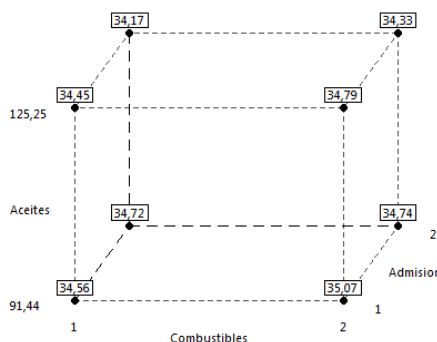
**Fig. 4.10** Gráfico de eficiencia según el diagrama de Pareto.  
**Fuente:** Los Autores.

Como podemos observar en la fig. 4.10, el factor que más influencia significativa tiene sobre la variable de respuesta es el tipo de Aceite pero sin saber qué nivel es el que más influye en la Eficiencia. Los factores del tipo de combustible y admisión se aproximan a la línea de referencia.



**Fig. 4.11.** Gráfico de los efectos de las interacciones.  
**Fuente:** Los Autores.

En el grafico 4.11 no se puede observar el efecto principal del tipo de Combustible, tipo de Aceite y del tipo de Admisión debido a que solo involucraba el diagrama de Pareto un efecto principal el Aceite con aditivo S3 es el que menor consumo de gasolina brinda.

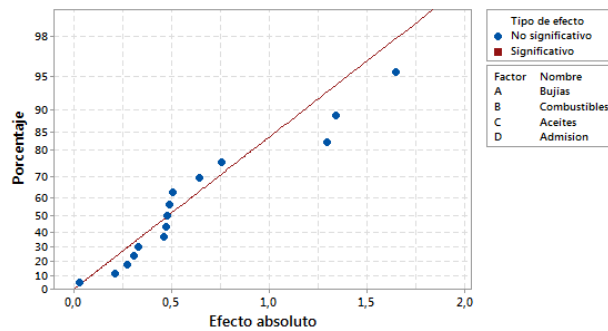


**Fig. 4.12.** Gráfico de cubo.  
**Fuente:** Los Autores.

El aceite con aditivo S3, el Combustible con gasolina extra y el Filtro de alto rendimiento con tornado de aire es la mejor opción para obtener un menor consumo de Gasolina.

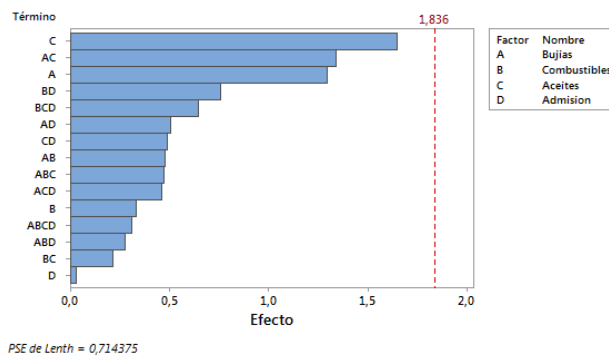
#### 4.1.4 ANÁLISIS DEL CO (%)

Para el análisis del Monóxido de Carbono se considerara la opción o el efecto menos significativo que nos dé el valor más cercano a 1% cuyo valor está considerado para la emisión de gases por la norma INEN 2204.



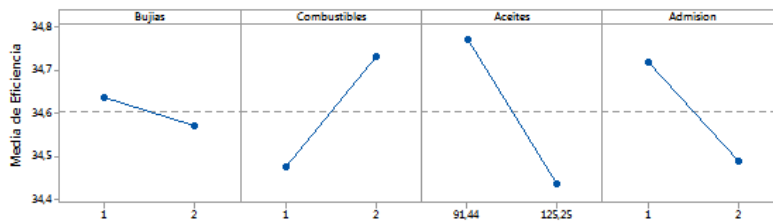
**Fig. 4.13.** Gráfico del CO (%) de efectos normales  
**Fuente:** Los Autores.

En la gráfica 4.13 se observa que no se tiene efectos principales ni interacciones en el análisis del CO (%).



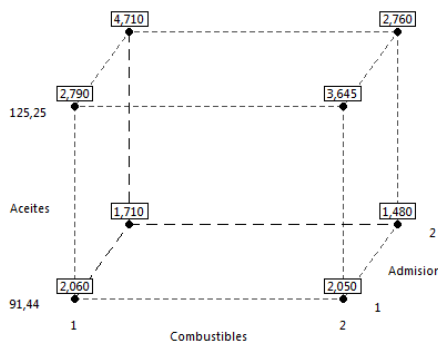
**Fig. 4.14.** Gráfico delCO (%) según el diagrama de Pareto.  
**Fuente:** Los Autores.

En la fig. 4.14 se observa que el tipo de Aceite se acerca a la línea de referencia.



**Fig. 4.15.** Gráfico de los efectos principales.  
Fuente: Los Autores.

En la fig. 4.15 se observa los 4 efectos principales pero nos centramos en el tipo de aceite el cual se observa que tiene una gran influencia al disminuir la emisión de CO (%) es el Aceite con aditivo S3



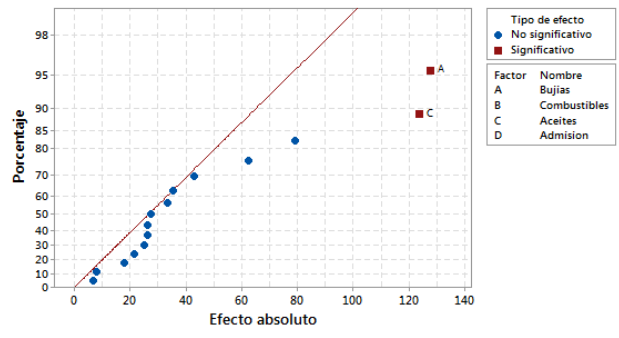
**Fig. 4.16.** Gráfico de cubo.  
Fuente: Los Autores.

En el diagrama de cubo se observa la mejor combinación de los factores que más influyen sobre el CO (%) y son el Aceite 20W50 UBX GOLD 7000, el Combustible extra con aditivo mejorador de octanaje y el Filtro de alto rendimiento con tornado de aire.

#### 4.1.5 ANÁLISIS DEL HC (ppm)

Para el análisis de los Hidrocarburos se considerara la opción o el efecto menos significativo que nos dé el valor más cercano a 200ppm cuyo valor está considerado para la emisión de gases por la norma INEN 2204.

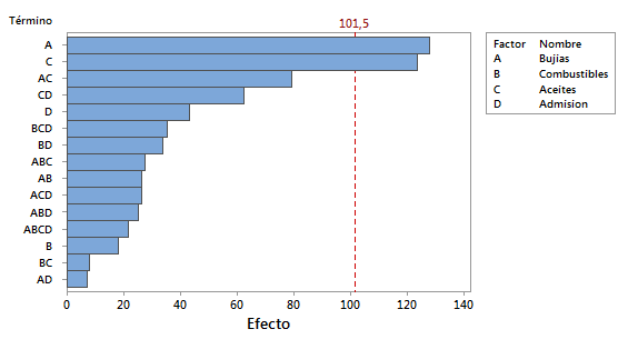




PSE de Lenth = 39,4875

**Fig. 4.17.** Grafico del HC (ppm) de efectos normales  
**Fuente:** Los Autores.

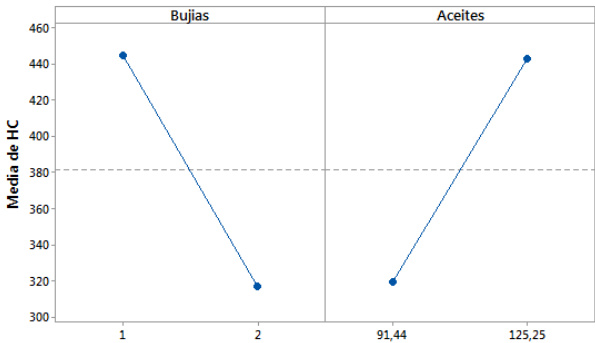
Se observa dos efectos principales significativos uno del tipo de Bujías y el otro del tipo de Aceite.



PSE de Lenth = 39,4875

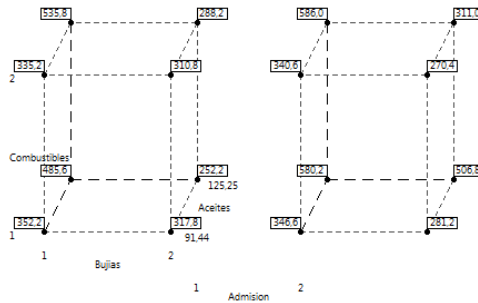
**Fig. 4.18.** Gráfico de los HC (ppm) según el diagrama de Pareto.  
**Fuente:** Los Autores.

Como se puede observar en la fig. 4.18 se observa que el tipo de Bujías es más significativo que el tipo de Aceite estas dos opciones varían la disminución de hidrocarburos.



**Fig. 4.19.** Gráfico de los efectos principales.  
**Fuente:** Los Autores.

Como se había mencionado no existe efectos de las interacciones, por lo tanto se analiza los efectos principales en la fig. 4.19 el tipo de Aceite 20W50 UBX GOLD 7000 y el tipo de Bujías RBKR6E disminuyen la emisión de HC (ppm).

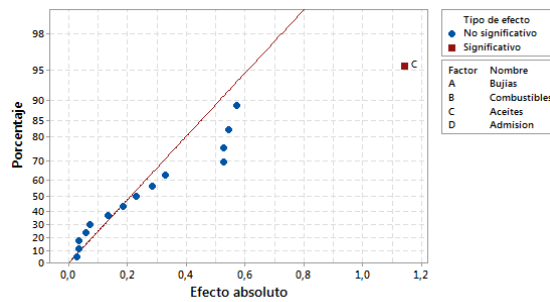


**Fig. 4.20.** Gráfico de cubo.  
**Fuente:** Los Autores

La grafica de cubo nos confirma que el tipo de Bujías R BKR6Ey el tipo de Aceite con aditivo S3 generan la mínima cantidad de Hidrocarburos (ppm).

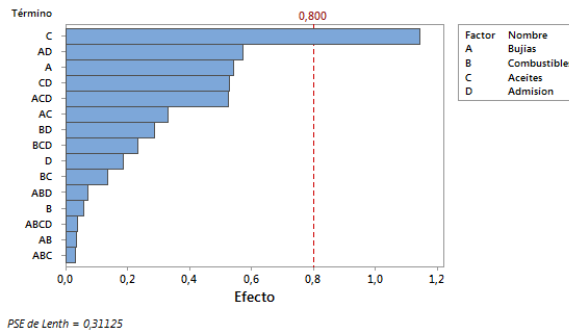
#### 4.1.6 ANÁLISIS DEL CO<sup>2</sup>

Para el análisis del Dióxido de Carbono se considerara la opción o el efecto menos significativo que nos dé el valor más cercano a 11% cuyo valor está considerado para la emisión de gases por la norma INEN 2204.



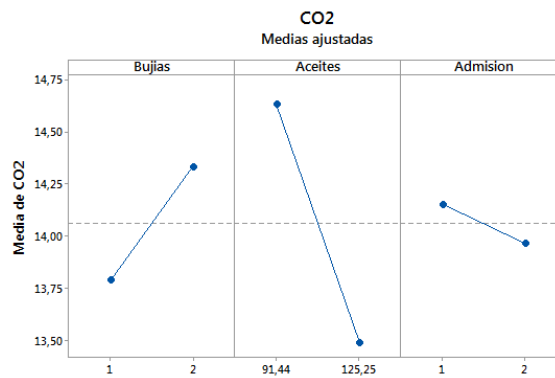
**Fig. 4.21.** Grafico del CO<sup>2</sup>(%) de efectos normales  
**Fuente:** Los Autores.

En la fig. 4.21 se puede observar un efecto principal significativo del tipo de Aceite.



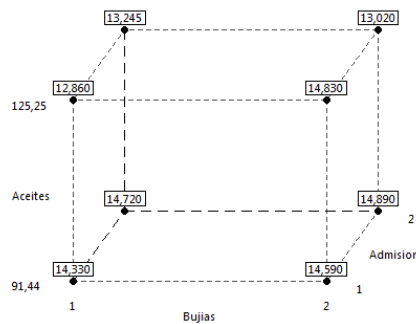
**Fig. 4.22.** Gráfico del CO<sub>2</sub>(%) según el diagrama de Pareto.  
**Fuente:** Los Autores.

Para el análisis del CO<sub>2</sub> (%), observamos la gráfica 4.22 existe un efecto significativo del tipo de aceite que sobrepasa la línea de referencia, pero no hay efectos de las interacciones.



**Fig. 4.23.** Gráfico de los efectos principales.  
**Fuente:** Los Autores.

En la fig. 4.23 se observa el efecto principal del tipo de aceite que sobrepasa la línea de referencia y los efectos del tipo de Bujías y Admisión pero con valores no tan significativos.



**Fig. 4.24.** Gráfico de cubo.  
**Fuente:** Los Autores

En la fig. 4.24 se observa que para tener el valor más bajo de CO<sup>2</sup>(%) debemos utilizar el Aceite con aditivo S3, Bujías y Admisión convencional para tener el mínimo de emisiones contaminantes de CO<sup>2</sup>(%).

#### 4.1.6.1 Conclusiones del diseño de experimentos 1

- Se obtiene un aumento de la Potencia de un 4.34%.
- La disminución de la Carga es del 4.24%.
- El combustible tuvo una reducción del 1,14%.
- La emisión del CO (%) tiene una gran disminución del 39,18%.
- Los Hidrocarburos disminuyeron 30,25%.
- El Dióxido de Carbono redujo sus emisiones en 11,43%

#### 4.2 Diseño factorial 2 con la combinación de combustible tipo 1 y 3.

El segundo diseño experimental tabla 4.3, se lo realiza con las siguientes variables:

**Tabla 4.3.** Factores de entrada con sus niveles seleccionados.  
Fuente: Los Autores

<b>FACTORES EXTERNOS</b>	<b>NIVELES</b>
<b>BUJÍAS</b>	Tipo 1= Bujías convencionales. Tipo 2= Bujías R BKR6E
<b>COMBUSTIBLE</b>	Tipo 1= Gasolina extra Tipo 3= Gasolina extra mezclada con 10% de etanol.
<b>ACEITE</b>	Tipo 1= Aceite lubricante 20W50 UBX GOLD 7000. Tipo 2= Aceite mezclado con aditivo "S3"
<b>ADMISIÓN</b>	Tipo 1= Filtro Normal del motor. Tipo 2= Filtro de alto rendimiento con tornado para filtro de aire.

En la tabla 4.4 se muestra todos los datos de las medias obtenidas.

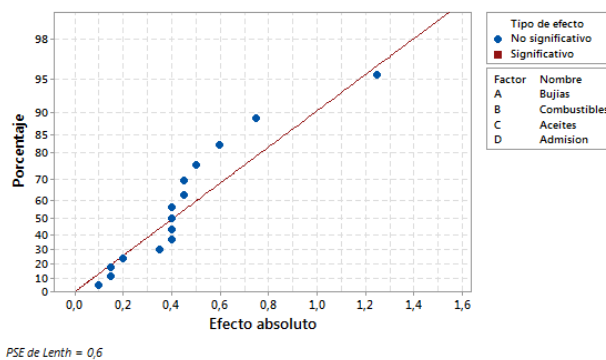
**Tabla 4.4.** Datos de las medias obtenidas en la combinación de combustible tipo 1 y 3.

**Fuente:** Los Autores

Bujías	Combustibles	Aceites	Admisión	Potencia	Carga	Eficiencia	CO	HC	CO2
1	1	91,44	1	23	12,38	34,74	2,04	352,2	14,34
2	1	91,44	1	21,4	11,92	34,38	2,08	317,8	14,56
1	3	91,44	1	23	12,5	35,1	1,75	327,6	14,52
2	3	91,44	1	20,8	12,1	34,6	1	228,2	15,06
1	1	125,25	1	21,8	12,08	34,48	4,41	485,6	13,3
2	1	125,25	1	23	12,02	34,42	1,17	252,2	15,1
1	3	125,25	1	21,4	12,3	34,78	4,75	546,6	13,04
2	3	125,25	1	23	12,44	35,08	1,76	297,2	14,68
1	1	91,44	2	24	12,58	34,76	1,68	346,6	14,64
2	1	91,44	2	23	12,3	34,68	1,74	281,2	14,84
1	3	91,44	2	23,6	12,32	34,72	1,15	298,2	14,94
2	3	91,44	2	23	12,3	34,74	1,19	242,6	15,14
1	1	125,25	2	21,6	12,18	34,2	4,78	580,2	13,06
2	1	125,25	2	21,2	12,02	34,14	4,64	506,8	12,88
1	3	125,25	2	21,8	11,96	34,54	3,64	531,8	13,8
2	3	125,25	2	24	12,52	34,38	0,9	260,8	13,96

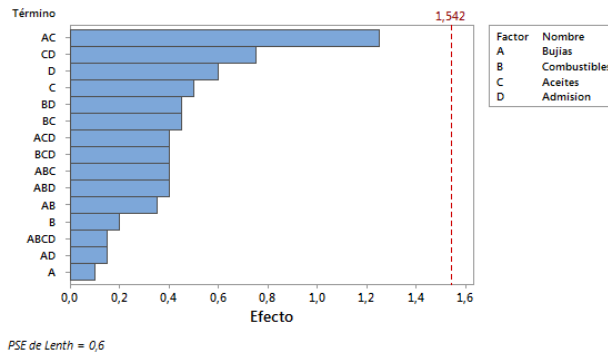
#### 4.2.1 ANÁLISIS DE LA POTENCIA

Para el análisis de la potencia se considerara la opción o el efecto más significativo que nos dé el máximo aumento de la potencia.



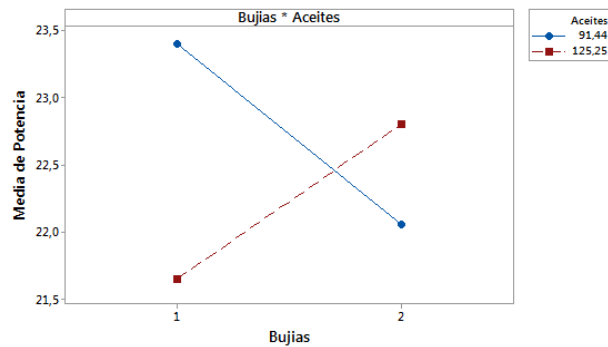
**Fig. 4.25.** Gráfico de la potencia de efectos normales  
**Fuente:** Los Autores.

En la fig. 4.25 se observa que no existe ningún efecto principal ni interacción que tenga un valor significativo sobre la Potencia.



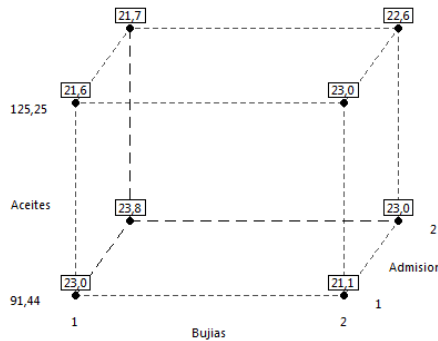
**Fig. 4.26.** Gráfico de la potencia según el diagrama de Pareto.  
**Fuente:** Los Autores.

En la fig. 4.26 se observa que el tipo de Bujías y el tipo de Aceite son los factores que más se acercan a la línea de referencia, esta combinación es una interacción.



**Fig. 4.27.** Gráfico de los efectos de las interacciones.  
**Fuente:** Los Autores.

El aumento de potencia según la interacción AC se observa que el tipo de Bujías y el tipo de Aceite aumentan la potencia ya que se genera una interacción cruzada pero con un efecto no muy significativo.



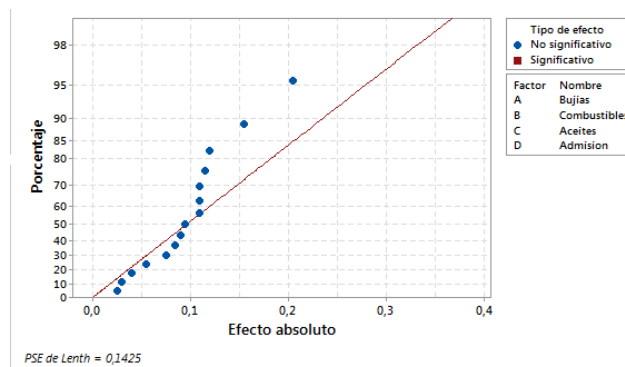
**Fig. 4.28.** Gráfico de cubo.  
**Fuente:** Los Autores.

Se observa en el diagrama de cubo que la mejor combinación para aumentar la Potencia es con un Filtro de alto rendimiento y tornado de aire pero debido a que se da énfasis solo a la interacción la mejor combinación se da con un Aceite un aceite

20W50 UBX GOLD 7000, Bujías convencionales que con un Aceite con aditivo S3 y Bujías R BKR6E.

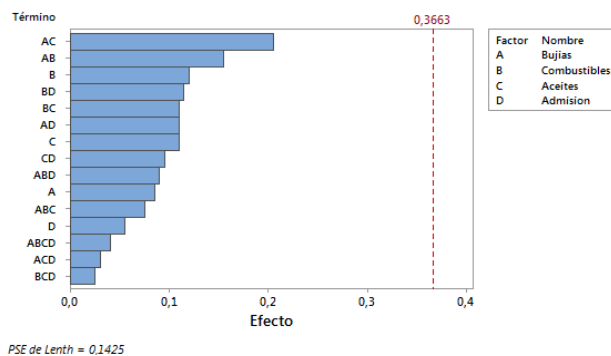
#### 4.2.2 ANÁLISIS DE LA CARGA

Para el análisis de la carga se considerara la opción o el efecto menos significativo que nos dé la mínima carga es decir el mínimo esfuerzo del motor para generar la máxima potencia.



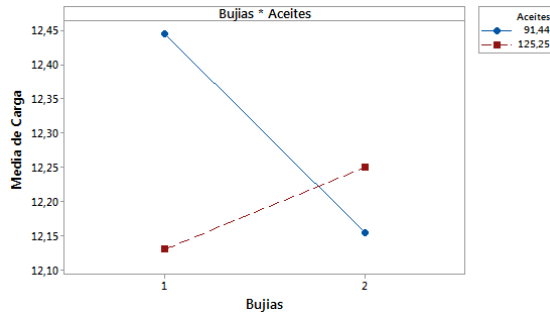
**Fig. 4.29.** Gráfico de la carga de efectos normales  
**Fuente:** Los Autores.

En la fig. 4.28 se observa que no existen interacciones ni efectos significativos los cuales minimicen la carga del motor.



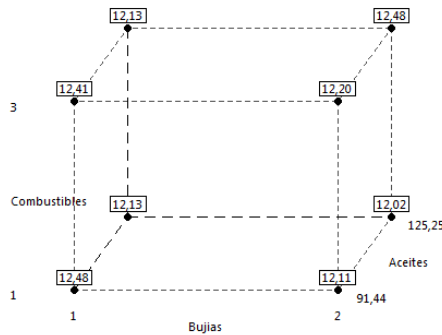
**Fig. 4.30.** Gráfico de la carga según el diagrama de Pareto.  
**Fuente:** Los Autores.

Al observar la fig. 4.29 no hay efectos significativos que sobrepasen la línea de referencia pero se analizara la interacción más cercana que es el tipo de Bujías y el tipo de Aceite.



**Fig. 4.31.** Gráfico de los efectos de las interacciones.  
**Fuente:** Los Autores.

Se observa una interacción del tipo de Bujías y del tipo de Aceite genera una interacción cruzada pero no con un efecto muy significativo.

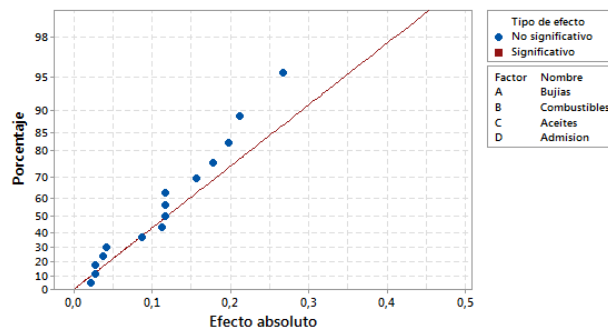


**Fig. 4.32.** Gráfico de cubo.  
**Fuente:** Los Autores.

En el diagrama de cubo se escogió una variable más que se acerca a la línea de referencia que es el tipo de Combustible la menor Carga se obtiene con un Aceite con aditivo S3, con Bujías R BKR6E y un Combustible extra

### 4.2.3 ANÁLISIS DE LA EFICIENCIA

Para el análisis de la eficiencia se considerara la opción o el efecto menos significativo que nos dé el mínimo consumo de combustible.

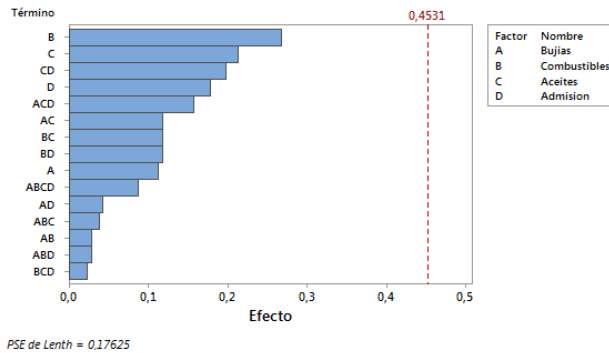


PSE de Lenth = 0,17625

**Fig. 4.33.** Gráfico de la eficiencia de efectos normales.  
**Fuente:** Los Autores.

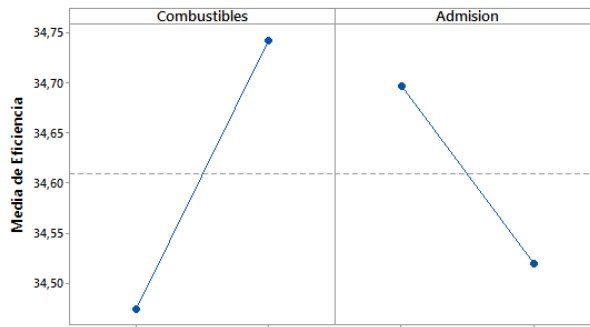


En la fig. 4.32 se puede observar que no existen efectos significativos.



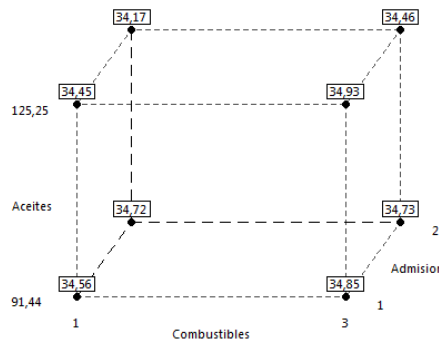
**Fig. 4.34.** Gráfico de la eficiencia según el diagrama de Pareto.  
Fuente: Los Autores.

En la fig. 4.33 se observa cuáles son los efectos que más se aproximan a la línea de referencia y son el tipo de Combustible y el tipo de Aceite.



**Fig. 4.35.** Gráfico de los efectos principales.  
Fuente: Los Autores.

En la figura 4.34 se observa el comportamiento del Combustible y de la Admisión pero nos da de manera clara valores mínimos de eficiencia.



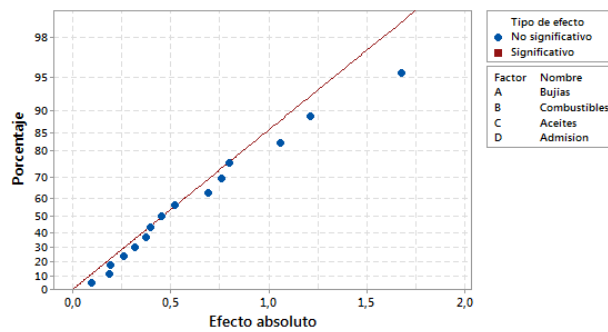
**Fig. 4.36.** Gráfico de cubo.  
Fuente: Los Autores.

Como se mencionó en la fig. 4.34 no se sabe con exactitud los valores pero medianamente el diagrama de cubo se sabe que la mínima eficiencia se obtiene con

un Aceite con aditivo S3, con un Combustible extra y el Filtro de alto rendimiento y tornado de aire tiene influencia para disminuir la Eficiencia

#### 4.2.4 ANÁLISIS DEL CO (%)

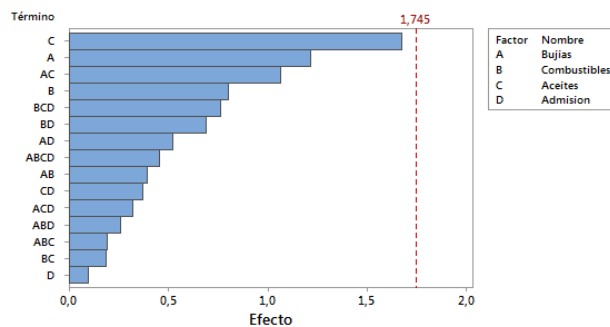
Para el análisis del Monóxido de Carbono se considerara la opción o el efecto menos significativo que nos dé el valor más cercano a 1% cuyo valor está considerado para la emisión de gases por la norma INEN 2204



PSE de Lenth = 0,67875

**Fig. 4.37.** Grafico del CO (%) de efectos normales.  
**Fuente:** Los Autores.

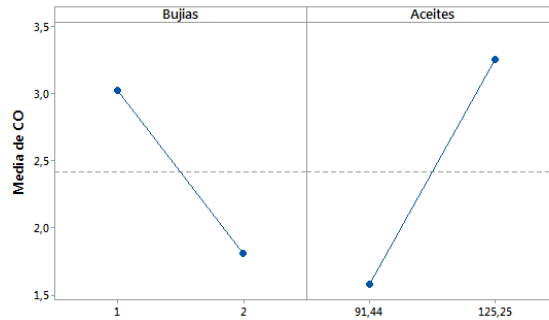
En el figura de efectos normales del CO (%) se observa que no hay valores significativos para la disminucion de las emisiones contaminantes.



PSE de Lenth = 0,67875

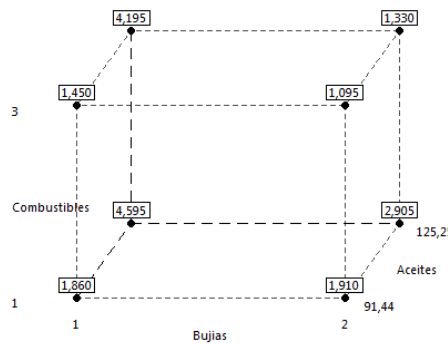
**Fig. 4.38.** Grafico del CO (%) según el diagrama de Pareto.  
**Fuente:** Los Autores.

En la fig. 4.37. Ya que el porcentaje de diferencia para que realice un efecto significativo es mínimo. El factor que más se acerca a realizar un efecto significativo es el tipo de Aceite.



**Fig. 4.39.** Gráfico de los efectos principales.  
**Fuente:** Los Autores.

Se puede observar en la fig. 4.38 que el aceite es el que más efecto produce en la variación del Monóxido de Carbono.

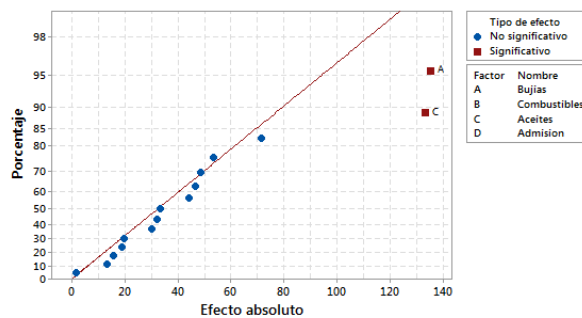


**Fig. 4.40.** Gráfico de cubo.  
**Fuente:** Los Autores.

Como se había mencionado antes, el Aceite 20W50 UBX GOLD 7000, las Bujías R BKR6E y el Combustible con el 15% de Etanol produce el valor más bajo para el CO (%).

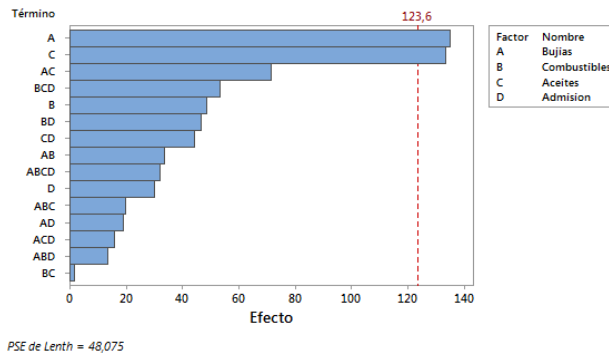
#### 4.2.5 ANÁLISIS DE HC (ppm)

Para el análisis de los Hidrocarburos se considerara la opción o el efecto menos significativo que nos dé el valor más cercano a 200ppm cuyo valor está considerado para la emisión de gases por la norma INEN 2204



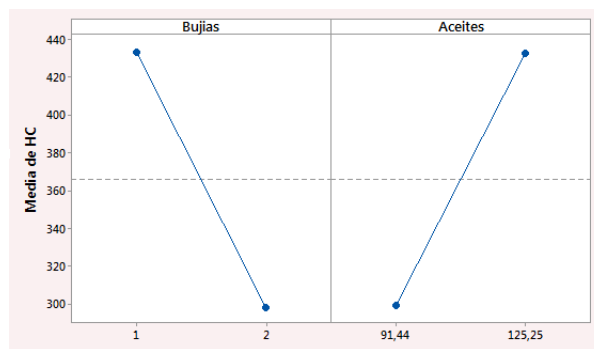
**Fig. 4.41.** Gráfico del HC (ppm) de efectos normales.  
**Fuente:** Los Autores.

En la fig. 4.40 se observa que tenemos dos efectos principales el tipo de Bujías y el tipo de Aceite.



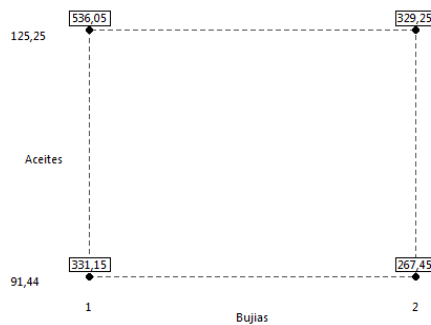
**Fig. 4.42.** Grafico del HC (ppm) según el diagrama de Pareto.  
**Fuente:** Los Autores.

Los factores que influyen sobre la salida son las bujías en mayor porcentaje que el aceite. Por lo tanto si se quiere una reducción de los HC (ppm) del motor, se debe utilizar el tipo de Aceite y Bujías en el motor.



**Fig. 4.43.** Gráfico de los efectos principales.  
**Fuente:** Los Autores.

El tipo de Bujías tiene más influencia que el tipo de Aceite para saber qué valores nos genera la menor emisión se realiza un gráfico de cubo en el cual elegiremos la mejor opción.

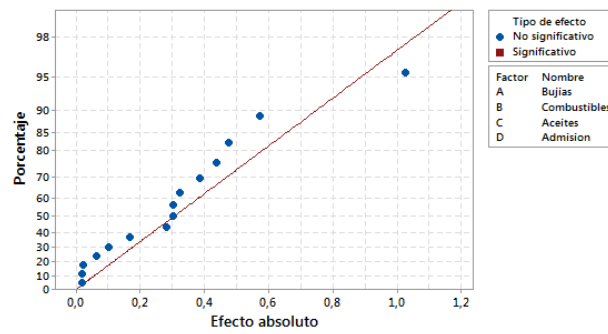


**Fig. 4.44.** Gráfico de cubo.  
**Fuente:** Los Autores.

Según la fig. 4.43, los niveles que corresponden al tipo de Bujías R BKR6E y el tipo de Aceite 20W50 UBX GOLD 7000.

#### 4.2.6 ANÁLISIS DE CO<sub>2</sub> (%)

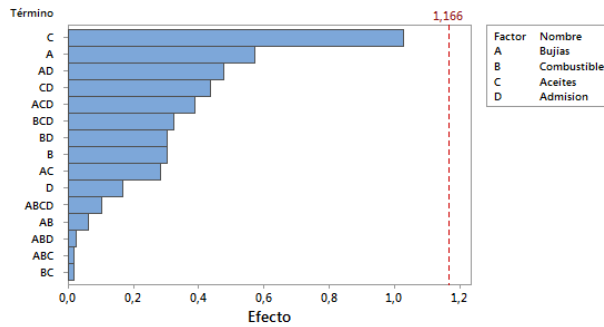
Para el análisis del Dióxido de Carbono se considerara la opción o el efecto menos significativo que nos dé el valor más cercano a 11% cuyo valor está considerado para la emisión de gases por la norma INEN 2204



PSE de Lenth = 0,45375

**Fig. 4.45.** Grafico del CO<sub>2</sub> (%) de efectos normales.  
**Fuente:** Los Autores.

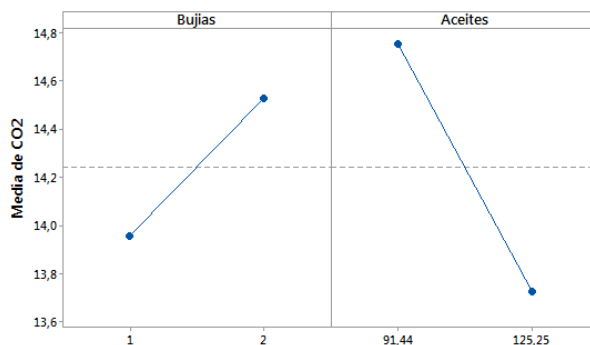
No se observa ningún efecto significativo que tenga influencia sobre la respuesta.



PSE de Lenth = 0,45375

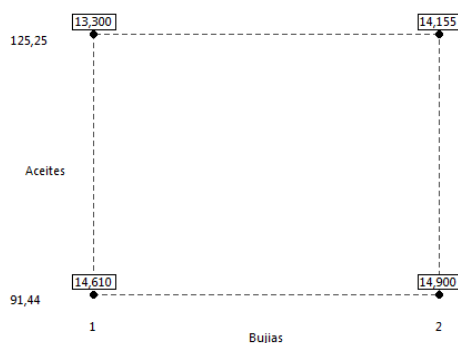
**Fig. 4.46.** Grafico del CO<sub>2</sub> según el diagrama de Pareto.  
**Fuente:** Los Autores.

A pesar que no se tiene efectos principales hay un efecto del tipo de Aceite que se aproxima a la línea de referencia.



**Fig. 4.47.** Gráfico de los efectos principales.  
Fuente: Los Autores.

El tipo de Aceite es el que más influye en la respuesta el tipo de Bujías influye pero de manera mínima y los dos factores restantes no influyen en la respuesta a comparación con el tipo de Aceite.



**Fig. 4.48.** Gráfico de cubo.  
Fuente: Los Autores.

Se genera el gráfico de cubo de dos factores porque son los que más influyen en la respuesta sería algo innecesario analizar los dos factores restantes la mínima emisión se produce con el Aceite con aditivo S3 y las Bujías convencionales.

#### 4.2.6.1 Conclusiones del diseño de experimentos 2

- No se obtiene un aumento de la Potencia al contrario existe disminución al variar los factores.
- La disminución de la Carga es del 3,82%.
- El combustible tuvo una reducción del 1,14%.
- La emisión del CO (%) tiene una gran disminución del 39,84%.
- Los Hidrocarburos disminuyeron 23,81%.
- El Dióxido de Carbono redujo sus emisiones en 9,84%

### 4.3 Diseño factorial 3 con la combinación de combustible tipo 2 y 3.

El tercer diseño experimental tabla 4.5 se lo realiza con las siguientes variables:

**Tabla 4.5.** Factores de entrada con sus niveles seleccionados.

**Fuente:** Los Autores

<b>FACTORES EXTERNOS</b>	<b>NIVELES</b>
<b>BUJÍAS</b>	Tipo 1= Bujías convencionales. Tipo 2= Bujías R BKR6E
<b>COMBUSTIBLE</b>	Tipo 2= Gasolina extra mezclada con aditivo mejorador de octanaje. Tipo 3= Gasolina extra mezclada con 10% de etanol.
<b>ACEITE</b>	Tipo 1= Aceite lubricante 20W50 UBX GOLD 7000. Tipo 2= Aceite mezclado con aditivo "S3"
<b>ADMISIÓN</b>	Tipo 1= Filtro Normal del motor. Tipo 2= Filtro de alto rendimiento con tornado para filtro de aire.

En la tabla 4.6 se muestra todos los datos de las medias obtenidas.

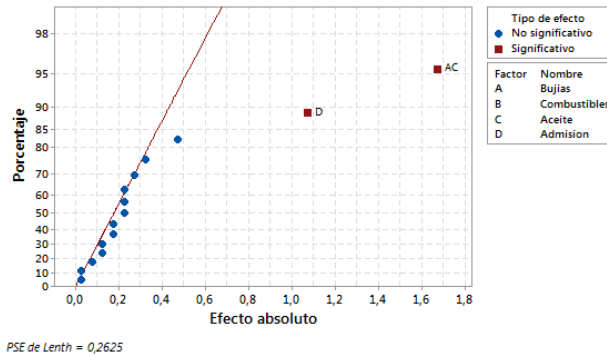
**Tabla 4.6.** Datos de las medias obtenidas en la combinación de combustible tipo 2 y 3.

**Fuente:** Los Autores

<b>Bujías</b>	<b>Combustibles</b>	<b>Aceite</b>	<b>Admisión</b>	<b>Potencia</b>	<b>Carga</b>	<b>Eficiencia</b>	<b>CO</b>	<b>HC</b>	<b>CO2</b>
1	2	91,44	1	23	12,52	35,14	2,07	335,2	14,32
2	2	91,44	1	22	12,44	35	2,03	310,8	14,62
1	3	91,44	1	23	12,5	35,1	1,75	327,6	14,52
2	3	91,44	1	20,8	12,1	34,6	1	228,2	15,06
1	2	125,25	1	21	12,02	34,58	5,63	535,8	12,42
2	2	125,25	1	23,2	12,58	35	1,66	288,2	14,56
1	3	125,25	1	21,4	12,3	34,78	4,75	546,6	13,04
2	3	125,25	1	23	12,44	35,08	1,76	297,2	14,68
1	2	91,44	2	24	12,66	34,7	1,42	340,6	14,8
2	2	91,44	2	23	12,44	34,78	1,54	270,4	14,94
1	3	91,44	2	23,6	12,32	34,72	1,15	298,2	14,94
2	3	91,44	2	23	12,3	34,74	1,19	242,6	15,14
1	2	125,25	2	22	11,88	34,5	4,36	586	13,43
2	2	125,25	2	24,6	12,74	34,16	1,16	311	13,16
1	3	125,25	2	21,8	11,96	34,54	3,64	531,8	13,8
2	3	125,25	2	24	12,52	34,38	0,9	260,8	13,96

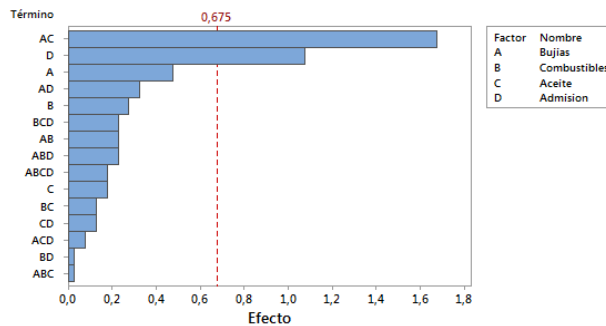
### 4.3.1 ANÁLISIS DE LA POTENCIA

Para el análisis de la potencia se considerara la opción o el efecto más significativo que nos dé el máximo aumento de la Potencia.



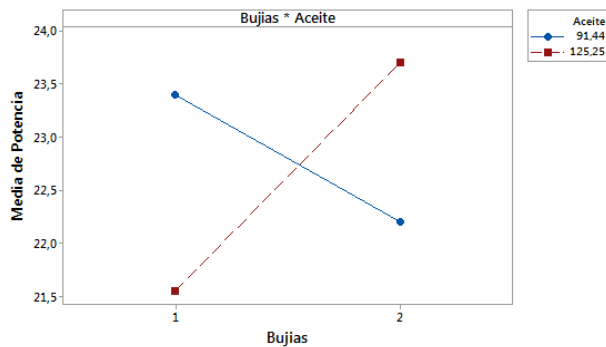
**Fig. 4.49.** Gráfico de la potencia de efectos normales  
**Fuente:** Los Autores.

En la fig. 4.57 se observa un efecto principal significativo del tipo de Admisión y una interacción doble del tipo de Bujías y el tipo de Aceite.



**Fig. 4.50.** Gráfico de la potencia según el diagrama de Pareto.  
**Fuente:** Los Autores

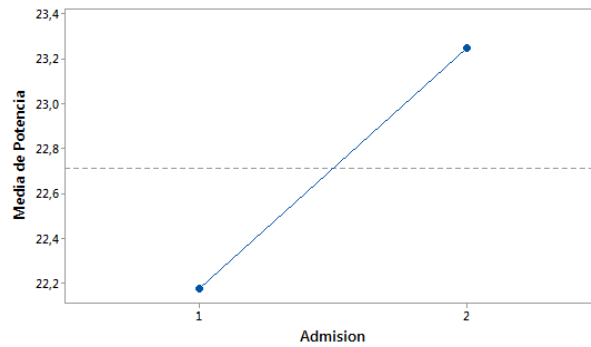
La interacción de las Bujías y del Aceite es de más de 140% respecto a la línea de referencia fig. 4.49, pero no se puede observar que tipo de Bujía y qué tipo de Aceite que nos da la máxima potencia y cómo influye el tipo de Admisión.



**Fig. 4.51.** Gráfico de los efectos de las interacciones.  
**Fuente:** Los Autores.

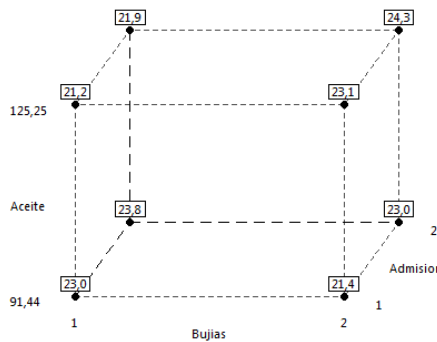


La interacción inversa fig. 4.50, del tipo de bujías y el tipo de aceite está considerada como una interacción inversa que más influencia tiene para el aumento de potencia.



**Fig. 4.52.** Gráfico de los efectos principales.  
**Fuente:** Los Autores.

En la fig. 4.51, el efecto principal, el tipo de Admisión tenía variación significativa como se puede observar en la gráfica obtenida en el cual nos indica que hay un aumento de Potencia significativo con el tipo de filtro de alto rendimiento.

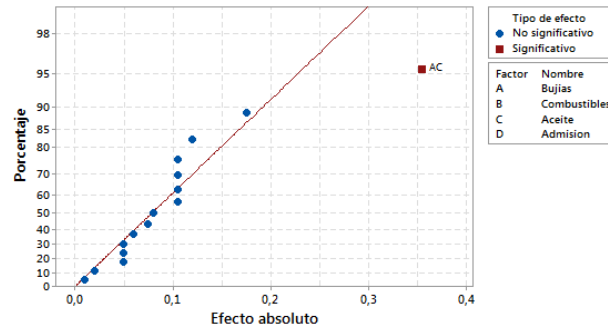


**Fig. 4.53.** Gráfico del diagrama de bloques.  
**Fuente:** Los Autores.

En el diagrama de bloque analizamos que tipo de Aceite y qué tipo de Bujías nos da la máxima Potencia, observando la mejor combinación es los factores Aceite con aditivo S3 y el tipo de Bujías R BKR6E. Pero no tomamos en cuenta la admisión porque no es una interacción ACD sino una interacción AC, debido a que efecto de la Admisión es un efecto principal. Pero debido a que la admisión influye como efecto significativo se observa que el filtro de alto rendimiento con tornado de aire aumenta la potencia en diversas combinaciones como se observa en la fig. 5.52

### 4.3.2 ANÁLISIS DE LA CARGA

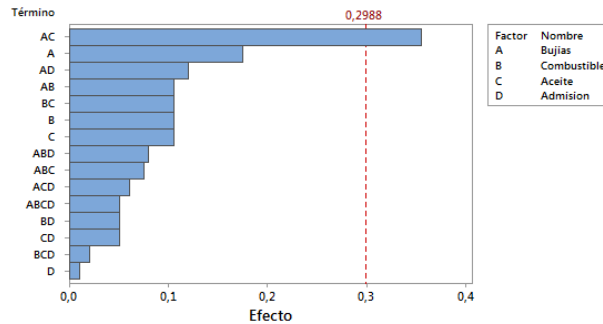
Para el análisis de la carga se considerara la opción o el efecto menos significativo que nos dé la mínima carga es decir el mínimo esfuerzo del motor para generar la máxima potencia.



PSE de Lenth = 0,11625

**Fig. 4.54.** Gráfico de la carga de efectos normales  
**Fuente:** Los Autores.

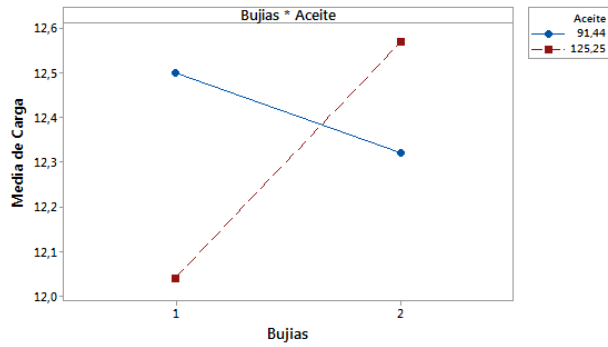
En la fig. 4.53 se puede observar que se tiene un único efecto significativo que es la interacción del Tipo de Bujías con un tipo de Aceite



PSE de Lenth = 0,11625

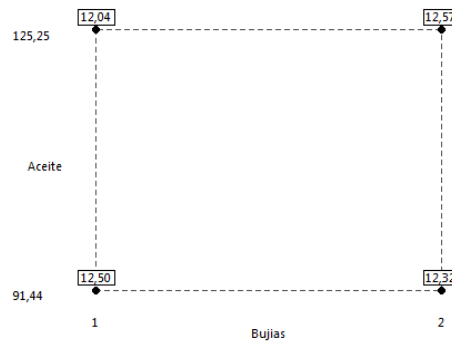
**Fig. 4.55.** Gráfico de la carga según el diagrama de Pareto.  
**Fuente:** Los Autores

En la fig. 4.54, considerando que se desea analizar la mejor combinación para una mínima carga el valor más cercano a la línea de referencia se observa que es la interacción de Bujías y Aceite.



**Fig. 4.56.** Gráfico de los efectos de las interacciones.  
**Fuente:** Los Autores.

En la fig. 4.55, se puede observar en la interacción del tipo de Bujías y del tipo de Aceite se tiene una interacción cruzada (inversa) la cual tiene gran influencia sobre la respuesta.

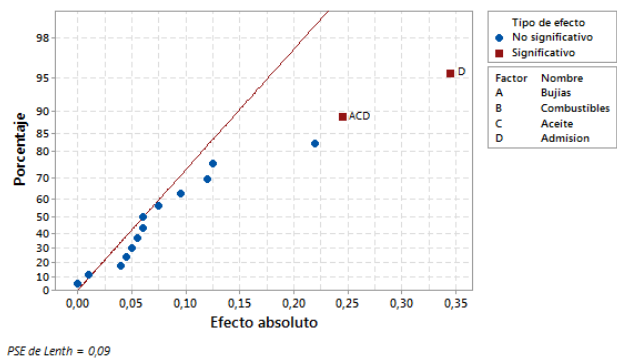


**Fig. 4.57.** Grafico del diagrama de bloques  
**Fuente:** Los Autores.

En el diagrama de bloque fig. 4.56, analizamos que tipo de Aceite y qué tipo de Bujías nos da la menor carga, observando la mejor combinación es utilizando un Aceite con aditivo S3 y el tipo de Bujías convencionales.

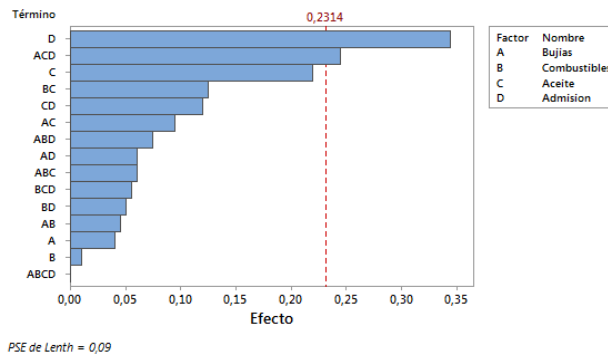
### 4.3.3 ANÁLISIS DE EFICIENCIA

Para el análisis de la eficiencia se considerara la opción o el efecto menos significativo que nos dé el mínimo consumo de combustible.



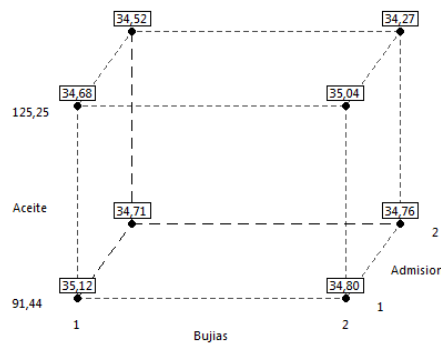
**Fig. 4.58.** Gráfico de la eficiencia de efectos normales  
**Fuente:** Los Autores.

Se observa en la fig. 4.57, dos puntos significativos un efecto principal de la Admisión, una interacción triple ACD.



**Fig. 4.59.** Gráfico de la eficiencia según el diagrama de Pareto.  
**Fuente:** Los Autores

Debido a que en la eficiencia queremos tener menos consumo de combustible la opción que más se aproxima a la línea de referencia en la fig.4.58, es la interacción triple de las Bujías, Aceite y de la Admisión ya que es mejor analizar una interacción que contenga el efecto principal.



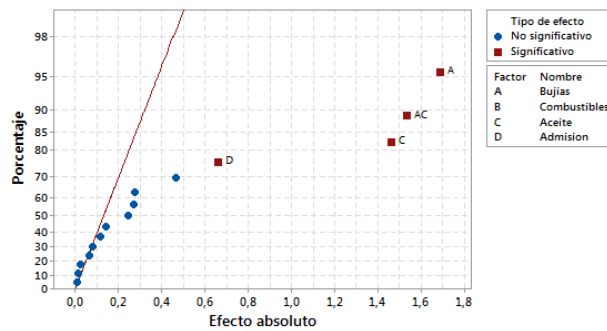
**Fig. 4.60.** Gráfico de cubo.  
**Fuente:** Los Autores.

En el diagrama de bloque fig. 4.59, analizamos que tipo de Aceite, que tipo de Bujías y qué tipo de Admisión nos da el menor Consumo observando la mejor combinación es

utilizando un Aceite 20W50 con aditivo S3, el tipo de Bujías NKG R BKR6Ey con un filtro de alto rendimiento con un generador de flujo.

#### 4.3.4 ANÁLISIS DE CO (%)

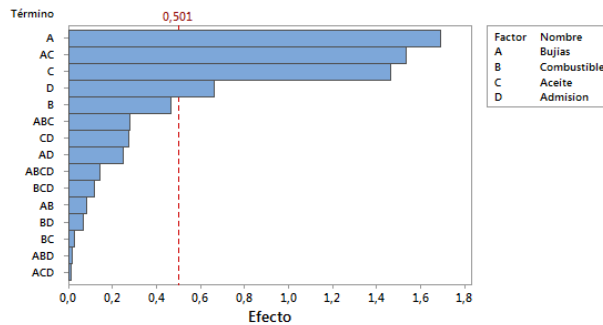
Para el análisis del Monóxido de Carbono se considerara la opción o el efecto menos significativo que nos dé el valor más cercano a 1% cuyo valor está considerado para la emisión de gases por la norma INEN 2204.



PSE de Lenth = 0,195

**Fig. 4.61.** Grafico del CO (%) de efectos normales  
**Fuente:** Los Autores.

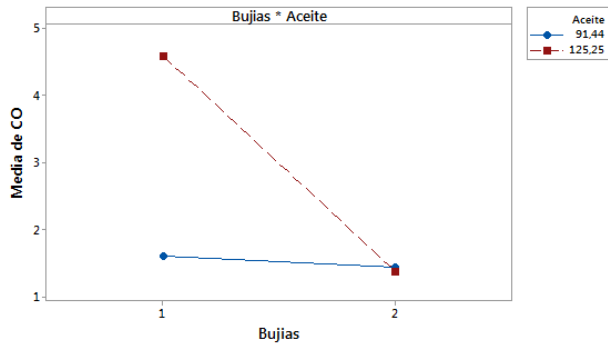
Se observa en la gráfica de la fig. 4.60, de tres efectos principales del tipo de Bujías, tipo de Aceite y del tipo de admisión, además de una interacción doble del tipo de bujías y del tipo de Aceite.



PSE de Lenth = 0,195

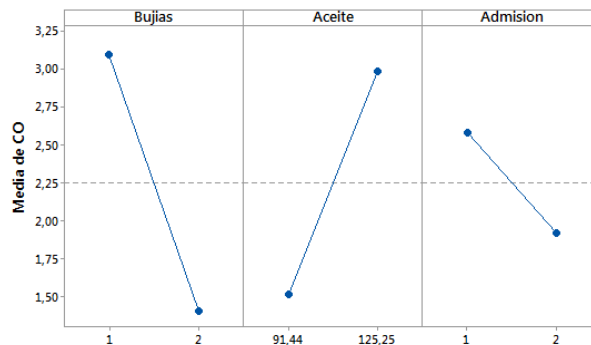
**Fig. 4.62.** Grafico del CO (%) según el diagrama de Pareto.  
**Fuente:** Los Autores

Dentro de las 4 opciones posibles analizaremos el tipo de filtro, porque es el que más cerca se encuentra de la línea de referencia fig. 4.61 y la interacción entre el tipo de Bujías y el tipo de Aceite.



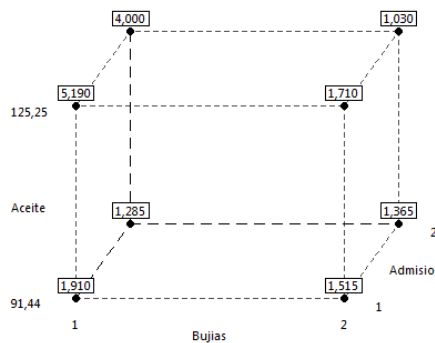
**Fig. 4.63.** Gráfico de los efectos de las interacciones.  
**Fuente:** Los Autores.

La interacción doble fig. 4.62 es la combinación que nos da un mínimo valor de emisiones con una interacción negativa es decir ideal para la disminución de gases de escape.



**Fig. 4.64.** Gráfico de los efectos individuales.  
**Fuente:** Los Autores.

Se observa en la fig.4.63 el Filtro de alto rendimiento con generador de flujo reduce las emisiones pero las Bujías R BKR6E son más notorias que la Admisión analizando el mínimo valor.

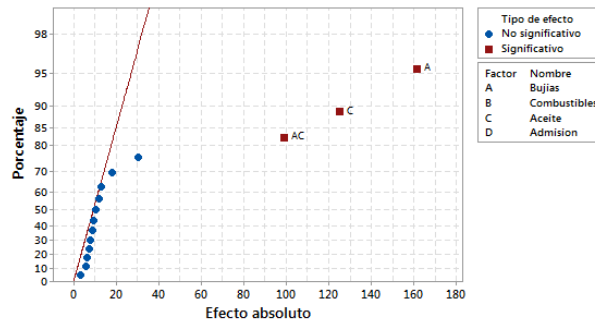


**Fig. 4.65.** Gráfico del diagrama de bloques.  
**Fuente:** Los Autores.

El diagrama de cubo fig. 4.64, indica que el valor mínimo de CO (%) de 1,5 se obtiene con la combinación del tipo de Aceite sin aditivo y las Bujías NKG R BKR6E.

### 4.3.5 ANÁLISIS DE HC (ppm)

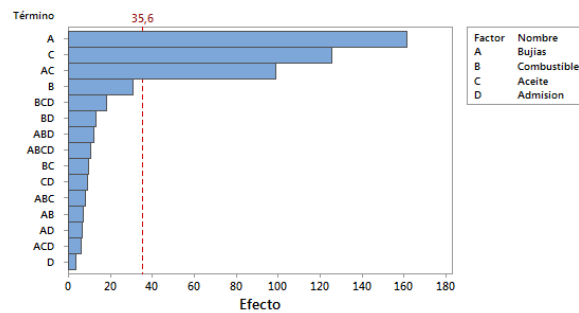
Para el análisis de los Hidrocarburos se considerara la opción o el efecto menos significativo que nos dé el valor más cercano a 200ppm cuyo valor está considerado para la emisión de gases por la norma INEN 2204.



PSE de Lenth = 13,8375

**Fig. 4.66.** Grafico del HC (ppm) de efectos normales  
**Fuente:** Los Autores.

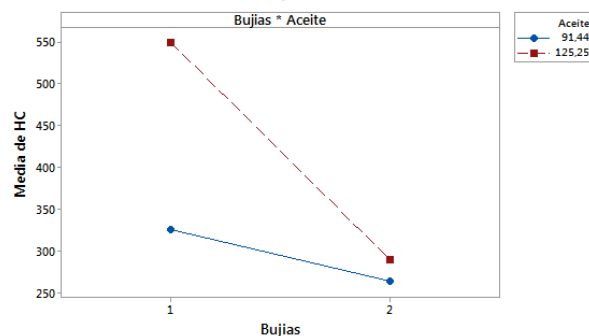
La fig. 4.77 indica dos efectos principales del Tipo de Bujías y del tipo de Aceite con una interacción doble del tipo de Bujías y Aceite.



PSE de Lenth = 13,8375

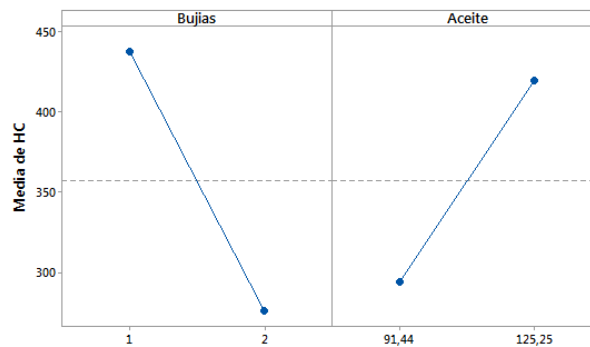
**Fig. 4.67.** Grafico del HC (ppm) según el diagrama de Pareto.  
**Fuente:** Los Autores

Para el análisis la mejor opción de estudio es la interacción doble debido que abarca a los dos efectos principales que son el Tipo de bujías y el tipo de Aceite.



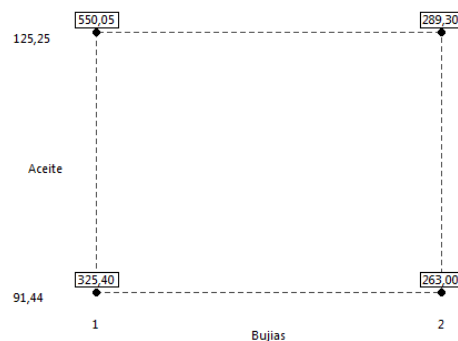
**Fig. 4.68.** Gráfico de los efectos de las interacciones.  
**Fuente:** Los Autores.

Es una interacción nula la del tipo de Bujías y del tipo de Aceite.



**Fig. 4.69.** Gráfico de los efectos individuales.  
**Fuente:** Los Autores.

Esta grafica de los efectos principales fig. 4.68, se observa que el tipo de Bujías R BKR6E reduce las emisiones y el tipo de Aceite 20W50 sin aditivo aumenta las emisiones mínimas.



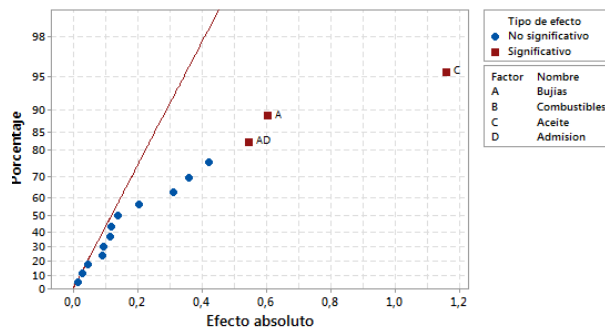
**Fig. 4.70.** Grafico del diagrama de bloques.  
**Fuente:** Los Autores.

En el diagrama de bloque fig. 4.69, analizamos que tipo de Aceite y qué tipo de Bujías nos da la menor emisión de Hidrocarburos, observando que la mejor combinación es utilizando un Aceite 20W50 y el tipo de Bujías R BKR6E teniendo como segunda opción un Aceite 20W50 con aditivo S3 y el tipo de Bujías R BKR6E, por que únicamente son 20ppm de diferencia siendo todavía admisible por la norma.

#### 4.3.6 ANÁLISIS DE CO2 (%)

Para el análisis del Dióxido de Carbono se considerara la opción o el efecto menos significativo que nos dé el valor más cercano a 11% cuyo valor está considerado para la emisión de gases por la norma INEN 2204.

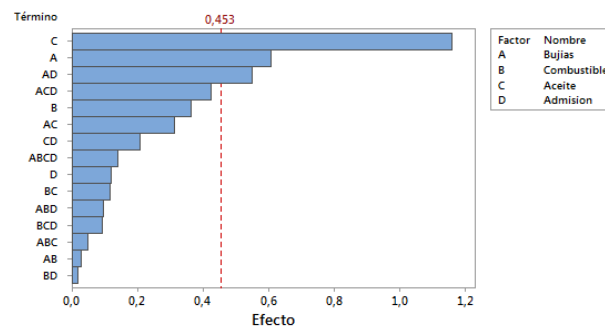




SE de Lenth = 0.17625

**Fig. 4.71.** Grafico del CO<sup>2</sup>(%) de efectos normales  
Fuente: Los Autores.

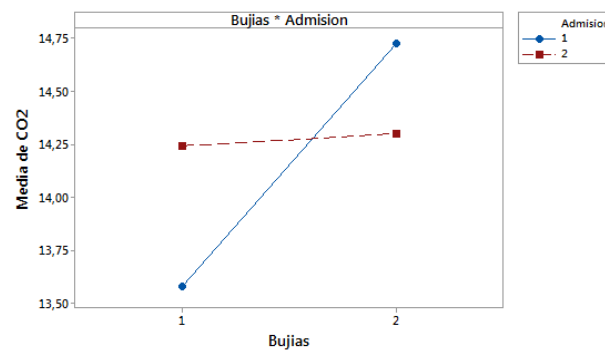
En la fig. 4.82 se tiene dos efectos principales del tipo de Aceite y del Tipo de Bujías, además de una interacción doble del tipo de Bujías y del tipo de Admisión.



PSE de Lenth = 0.17625

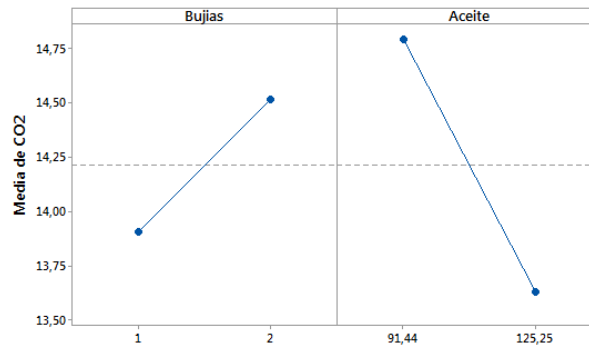
**Fig. 4.72.** Grafico del CO<sup>2</sup>(%) según el diagrama de Pareto.  
Fuente: Los Autores

El efecto principal del tipo de Aceite tiene mayor influencia que la interacción doble.



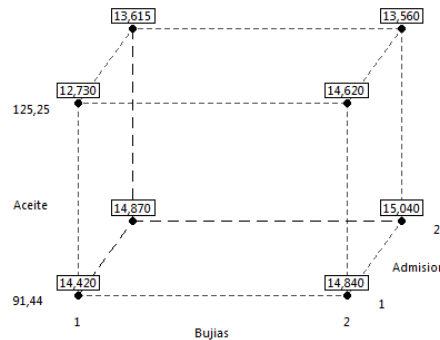
**Fig. 4.73.** Gráfico de los efectos de las interacciones.  
Fuente: Los Autores.

En la interacción fig. 4.72 del tipo de Aceite y del tipo de Admisión se obtiene el mínimo de emisiones ya que se genera una interacción cruzada.



**Fig. 4.74.** Gráfico de los efectos individuales.  
**Fuente:** Los Autores

El efecto principal del tipo de Aceite con aditivo S3 se observa que es el que más reduce las emisiones de CO2, fig. 4.85.



**Fig. 4.75.** Gráfico del diagrama de bloques.  
**Fuente:** Los Autores

En el diagrama de bloques fig. 4.86 se puede observar los valores de la interacción doble que la mejor combinación es utilizando un Aceite 20W50 sin aditivo y Bujías convencionales NKG.

#### 4.3.6.1 Conclusiones del diseño de experimentos 3

- Se obtiene un aumento de la Potencia de un 5,65%.
- La disminución de la Carga es del 3,82%.
- El combustible tuvo una reducción del 2,48%.
- La emisión del CO (%) tiene una gran disminución del 85,43%.
- Los Hidrocarburos disminuyeron 23,92%.
- El Dióxido de Carbono redujo sus emisiones en 6,34%

## **CAPITULO 5**

Generación de la guía de procedimiento  
para prácticas en el motor Armfield  
Volkswagen CM11.

## 5.1 INTRODUCCION

El estudiante va a realizar en esta práctica un análisis experimental, para conocer qué factores externos van a tener influencia significativa sobre el aumento de la Potencia, reducción de Carga, Eficiencia y disminución de las Emisiones de gases contaminantes.

Para esta práctica los estudiantes van a tener que ir combinando los factores externos o variables de entrada con sus respectivos niveles, los mismos que se encuentran en la tabla 5.1.

**Tabla 5.1.** Variables de entrada y sus respectivos niveles.  
**Fuente:** Los Autores

<b>FACTORES EXTERNOS O VARIABLES DE ENTRADA</b>	<b>NIVELES</b>
<b>BUJÍAS</b>	Tipo 1= Bujías convencionales. Tipo 2= Bujías R BKR6E
<b>COMBUSTIBLE</b>	Tipo 1= Gasolina extra Tipo 2= Gasolina extra mezclada con aditivo mejorador de octanaje. Tipo 3= Gasolina extra mezclada con 10% de etanol.
<b>ACEITE</b>	Tipo 1= Aceite lubricante 20W50 UBX GOLD 7000. Tipo 2= Aceite mezclado con aditivo "S3"
<b>ADMISIÓN</b>	Tipo 1= Filtro Normal del motor. Tipo 2= Filtro de alto rendimiento con tornado para filtro de aire.

Para el desarrollo de la práctica los estudiantes tendrán que someterse estrictamente a las condiciones de funcionamiento del motor mencionadas en el procedimiento de la práctica.

Con los 24 tratamientos posibles se puede llegar a obtener un tratamiento que brinde la máxima Potencia con la mínima Carga, reduciendo el Consumo de combustible y los niveles de emisión de gases contaminantes, manteniendo los valores permitidos por la Norma INEN 2204 para la Emisión de gases de escape para vehículos a gasolina.

Luego de haber realizado la práctica los estudiantes deberán realizar un cuadro, para cada experimento, en los que consten todos los datos obtenidos de las diferentes combinaciones, para poder realizar las respectivas comparaciones entre los experimentos.

Luego de haber realizado dichas comparaciones se anotaran los resultados obtenidos, para luego hacer un análisis de los resultados y de esta manera dar las respectivas conclusiones finales de la práctica desarrollada.

## **5.2 CONOCIMIENTOS TEÓRICOS PREVIOS**

Para el desarrollo de esta práctica, el estudiante deberá tener conocimientos de cómo realizar un diseño de experimentos, para esto debe revisar conceptos teóricos sobre el diseño de experimentos. De igual manera el estudiante tendrá que revisar varias normas, ya que estarán sujetos a las condiciones de las mismas, estas son:

- Norma NTE INEN 2204: 2002, LÍMITES PERMITIDOS DE EMISIONES PRODUCIDAS POR FUENTES MÓVILES TERRESTRES DE GASOLINA.
- Norma NTE INEN 439: 1984, COLORES, SEÑALES Y SÍMBOLOS DE SEGURIDAD.
- Norma NTE INEN 2203: 2000, DETERMINACIÓN DE LA CONCENTRACIÓN DE EMISIONES DE ESCAPE EN CONDICIONES DE MARCHA MÍNIMA O “RALENTÍ”. PRUEBA ESTÁTICA.

## **5.3 CONOCIMIENTO SOBRE LOS INSTRUMENTOS.**

Antes de realizar la práctica el estudiante deberá conocer el funcionamiento del banco de prueba "MOTOR ARMFIELD VOLKSWAGEN CM11", además de cómo funciona:

- El analizador de gases marca OROTECH QGA 6000.
- La interface OBD-II ELM 327 y como se enlaza con la aplicación DASHCOMMAND.
- La aplicación DASHCOMMAND.

EL estudiante deberá tener en cuenta que para realizar esta práctica efectivamente debe ejecutarla con los tiempos propuestos para la repetición de cada tratamiento, revisando con detalle los aspectos teóricos y de instrumentación asociados a dicha práctica.

#### **5.4 MATERIALES Y ELEMENTOS NECESARIOS PARA REALIZAR PRÁCTICA**

- Mandil.
- Protección para los oídos.
- Juego de dados.
- Dado correcto para las bujías.
- 2 Ventiladores (para mantener la temperatura deseada).
- Destornillador mediano plano y estrella.
- Probeta.
- Filtros para el analizador de gases.
- Intake (filtro de alto rendimiento).
- Tornado para filtro de aire
- Una batería totalmente cargada.
- Recipientes para la mezcla de las sustancias. (capacidad mínima 2Gal).
- Tipo de aceite según el experimento.
- Aditivo "S3".
- Gasolina extra.
- Aditivo mejorador de octanaje.
- Etanol.

#### **5.5 INSTRUMENTACIÓN NECESARIA**

- Teléfono celular o Tablet con sistema android, iPhone o iPad.
- Interface OBD-II ELM 327 Wi-Fi.
- Analizador de gases marca OROTECH QGA 6000.

#### **5.6 ESPECIFICACIONES DE LOS EQUIPOS E INSTRUMENTOS UTILIZADOS.**

En las tabla 5.2, 5.3, 5.4 se presentan todas las especificaciones técnicas del motor Armfield Volkswagen CM11, Analizador de gases marca OROTECH QGA 6000, interface OBD-II y la aplicación "DASHCOMMAND" sucesivamente.

**Tabla 5.2.** Especificaciones técnicas del banco motor Armfield Volkswagen cm11.

**Fuente:** Manual del motor Armfield cm11.

<b>Especificaciones Técnicas del Motor Armfield Volkswagen CM11-306</b>	
<b>DIMENSIONES</b>	
<b>Altura</b>	1250 mm
<b>Largo</b>	2200 mm
<b>Ancho</b>	850 mm
<b>MOTOR</b>	
<b>Fabricante</b>	Volkswagen
<b>Identificación</b>	AER/ATE 111/66
<b>Capacidad</b>	1.0 litro (999 cm <sup>3</sup> )
<b>Cilindros</b>	4
<b>Diámetro</b>	67.10 mm
<b>Carrera</b>	70.60 mm
<b>Relación de compresión</b>	10.5: 1
<b>Potencia Nominal</b>	37 Kw @ 5000 rpm
<b>Torque Máximo</b>	86 Nm @ 3400 rpm
<b>Gasolina</b>	95 RON (ResearchOctaneNumber)
<b>Sistema de control</b>	Bosch <i>Motronic</i> <sup>TM</sup> MP9.0
<b>Bujías</b>	W8DTC
<b>Capacidad de aceite</b>	3.5 litros
<b>Capacidad de refrigerante</b>	4.2 litros
<b>FRENOS</b>	
<b>Fabricante</b>	Klam
<b>Modelo</b>	K40
<b>Potencia máxima</b>	60 KW
<b>Torque máximo</b>	145 Nm
<b>RODAMIENTOS</b>	
<b>Fabricante</b>	SKF
<b>Modelo</b>	1209/SN509y 1210/SN510
<b>Engrasante</b>	Grasa de alta velocidad
<b>UNIONES</b>	
<b>Fabricante</b>	Reich
<b>Modelo</b>	ArcusaflexAC2,3HT.2012
<b>ELECTRICIDAD</b>	
<b>Voltaje</b>	220-240 Voltios
<b>Frecuencias</b>	50-60 Hz
<b>Fusibles</b>	20 Amp.
<b>INDICADORES DEL MOTOR</b>	
<b>Fabricante del sensor</b>	Kistler

<b>Modelo</b>	GU 13Z-31 yZF42
<b>Sensibilidad</b>	16pC/bar
<b>Fabricante del amplificador</b>	Kistler
<b>Modelo</b>	5039A322
<b>Rango</b>	500pC=10VDC

**Tabla 5.3.** Especificaciones técnicas del Analizador de gases marca OROTECH QGA 6000.  
**Fuente:** <http://mcautomotriz.com.ec/index.php/analizador-de-gases/2013-02-13-01-39-33/grotech-qga-6000>

<b>ESPECIFICACIONES TÉCNICAS DEL ANALIZADOR DE GASES</b>
Análisis de 4 gases con cálculo de valor lambda y AFR.
Visualización en display integrado.
Bomba de trabajo pesado.
Impresora térmica integrada.
Kit de conexión al computador.
Selección del tipo de combustible (gasolina, alcohol, gnv, glp).
Accesorios de repuesto incluidos
Rango de operación y precisión en equipos de certificación
Excepcional precisión, estabilidad y durabilidad
Actualizable a cinco gases (opcional nox).
Tiempo de respuesta de menos de 10 segundos
Sland-by para la vida extendida de la bomba y el bajo consumo de energía.
Ajuste automático de tiempo de calentamiento 2 a 8 minutos
RS232 pc-link kit (software y cables).
Sonda de acero inoxidable para una mayor duración.

**Tabla 5.4.** Especificaciones técnicas de la interface OBD-II y la aplicación "DASHCOMMAND".  
**Fuente:** <http://www.iobd2.org/elm327-iphone/>.

<b>ESPECIFICACIONES TÉCNICAS DE LA INTERFACE OBD-II ELM 327</b>
Funciona con todos los vehículos OBD II.
Funciona en todos los modelos comprendidos de 1996-2010 automóviles y camiones ligeros algunos de 1994 y 1995 modelos también están bien.
Lee los códigos de apuro de diagnóstico, genéricos y específicos del fabricante, y mostrar su significado (sobre 3000 definiciones genéricas del código en la base de datos).
WI-FI OBD es capaz de comunicarse con los vehículos que adoptan después de protocolos: ISO 9141. 11898 ISO (aka. CAN).. ISO 14230 (aka. KWP2000). 15765 ISO (aka. CAN). SAE J1939



Los siguientes, son algunos de los parámetros que se pueden leer desde el vehículo. Velocidad del vehículo.  
RPM.  
Consumo de combustible.  
Temperatura del refrigerante del motor.  
Presión de combustible.  
Carga del motor.  
Posición del acelerador.  
Presión del múltiple de ADMISIÓN.  
Temperatura del aire de admisión.  
Nivel de combustible.  
Presión atmosférica.

Material: de plástico de automoción de grado

Temperatura de funcionamiento: 15 a 100 grados centígrados

SSID: WiFi OBD

IP: 192.168.0.10

Subred: 255.255.255.0

Puerto: 35000

Rango: 50 pies (línea de vista)

Antena: Interna

Consumo de energía: 0.75 vatios (con el interruptor)

Estándar de Wifi: 802.11a / b / g

Tamaño del artículo: 9 \* 5 \* 3 cm (3.5 \* 2.0 \* 1.2in)

Peso del artículo: 75g / 2.6oz

## 5.7 PUESTA A PUNTO DE EQUIPOS DE MEDICIÓN Y CONTROL

Antes de realizar la toma de datos el estudiante deberá tener ya instalado la aplicación DASHCOMMAND.

### 5.7.1 Puesta a punto de la interface OBD-II y la aplicación "DASHCOMMAND".

La interface OBD-II ELM 327 funciona conjuntamente con la aplicación DASHCOMMAND, la cual es compatible con cualquier teléfono celular o Tablet que tenga un sistema andriod, iPhone o iPad, para enlazar estos dos equipos de medición y observar los datos requeridos se realiza el siguiente procedimiento:

- Se conecta la interface al OBD-II del auto.
- Se enciende el switch.

- Luego en el teléfono celular o Tablet que tenga un sistema andriod, iPhone o iPad, se va a la opciones de conectividad, se busca la opción WIFI, se busca el dispositivo, en este caso deberá aparecer el dispositivo OBD-II. Se escoge esta opción y automáticamente aparecerá un cuadro en el que se debe ingresar la contraseña la misma que es: 1234, para que se pueda enlazar el celular con la interface.
- Una vez que se enlazo el celular con el motor, se entra al programa DASHCOMMAND.
- En el programa se pulsa en CONNECTED, una vez que este botón este de color verde como se muestra en la fig. 5.1, la aplicación se enlazo con el motor del banco Armfield.



**Fig. 5.1.** Página principal de la aplicación DASHCOMMAND.  
**Fuente:** Los Autores

- Antes de proceder a la lectura de los datos se debe seleccionar el tipo de vehículo, para ello ingresamos en la opción VEHICLE y se debe escoger la marca del vehículo, en este caso Volkswagen.
- Para poder observar los datos requeridos, se pulsa en la opción GAUGES, aquí se mostraran todos los datos que puede leer la interface pero definiremos en una sola ventana los GAUGES de Potencia, Carga, Eficiencia, Torque y Revoluciones como se muestra en la fig. 5.2.



**Fig. 5.2.**Lectura de los datos.  
**Fuente:**Los Autores

- La pantalla de la fig. 5.2, se obtuvo ingresando un nuevo GAUGE, en esta se colocan todas las mediciones de las variables a estudiar.

### 5.7.2 Puesta a punto del Analizador de gases marca OROTECH QGA 6000.

- Conectar la alimentación eléctrica del analizador.
- Revisar que el analizador tenga los filtros en la parte posterior.
- Colocar los filtros en el sentido correcto en la manguera de la sonda.
- No conectar la sonda en el escape del motor antes de encenderlo.
- Encender el analizador del botón POWER colocado en la parte posterior del analizador.
- Esperar que el analizador calibre el oxígeno del ambiente
- Conectar la sonda al motor
- Esperar que se establezcan las emisiones.
- Imprimir desde el botón Print para verificar que se impriman los valores obtenidos.

## 5.8 PROCEDIMIENTO PARA REALIZAR LA PRÁCTICA

Para que la práctica se desarrolle de manera eficaz y precisa, se presenta una guía de práctica para que los estudiantes sigan estos pasos sin excepción alguna.

1. Tener instalado la aplicación DASHCOMMAND en un celular o Tablet con sistema androide, iPhone o iPad.
2. Dejar listo por lo menos un día antes todos los materiales a utilizarse en la práctica.

3. Cerciorarse que los estudiantes que vayan a realizar la práctica cuenten con los implementos de seguridad personal. VER EN ANEXO 3, LA NORMA NTE INEN 439: 1984.
4. Observar que el laboratorio este provisto de todos los elementos de seguridad industrial. VER EN ANEXO 3, LA NORMA NTE INEN 439: 1984.
5. Verificar que en el laboratorio no ingresen más de 4 estudiantes para realizar la práctica.
6. Despejar la zona de medición, para facilitar la movilización de los investigadores y evitar posibles accidentes.
7. Inspeccionar visualmente las líneas de conducción de combustible para verificar la no existencia de fugas.
8. Cerciorarse de que la batería a ser utilizada este con un voltaje no inferior a los 12V.
9. Verificar que el nivel de aceite en el motor sea el correcto.
10. Asegurarse que el depósito de agua este con el nivel correcto, para evitar posibles recalentamientos del motor. El agua es distribuida gracias a una bomba interna de agua, que hace circular hacia un intercambiador de calor y seguidamente al motor.
11. Verificar que el eje del motor no esté en contacto con mangueras, cables trapos, etc.
12. Colocar los ventiladores en un lugar que no interrumpa la circulación de los estudiantes y que brinden de mejor manera el flujo de aire, para poder reducir la temperatura que se genera en el laboratorio.
13. Conectar los equipos de medición y control en el motor. (Analizador de gases, interface OBD-II), asegurándose que estén en un lugar seguro.
14. Verificar que la bomba de agua para el intercambiador esté conectada.
15. Energizar el motor, incluido todos los elementos de medición y control.
16. Calibrar la interface que servirá para la toma de los datos.

17. Calibrar el analizador de gases. VER EN ANEXO 1 LA NORMA NTE INEN 2203: 2000.
18. Verificar que exista la suficiente cantidad de combustible. (2 Gal en todos los experimentos).
19. Asegurarse de tener las correctas combinaciones de combustible para realizar la práctica respectiva.
20. Encender el banco Armfield Volkswagen CM11.
21. Conectar la interface ELM 327 Wi-fi y enlazar con el teléfono celular o Tablet con sistema Androide la aplicación DASHCOMMAND.
22. Verificar con la Aplicación DASHCOMMAND que el motor no esté generando ningún código de falla.
23. Dejar que el motor del banco se caliente hasta alcanzar las temperaturas requeridas, (del refrigerante o agua a 70 grados centígrados y la temperatura en la entrada de admisión a 25 grados centígrados).
24. Encender los ventiladores.
25. Ajustar la apertura de la mariposa a un 7% para todos los experimentos.
26. Dejar que el motor se estabilice por 1 minuto y medio.
27. Tomar las mediciones correspondientes haciendo un PRINT de la pantalla del teléfono celular o Tablet.
28. Al terminar la toma de datos, dejar el motor nuevamente en ralentí.
29. Realizar la siguiente repetición después de que le motor se estabilice 45 segundos.
30. Asegurarse de realizar todas las repeticiones establecidas en cada experimento.
31. Verificar que la temperatura del refrigerante no sobrepase de los 72 grados centígrados y la temperatura en la entrada de admisión no sobrepase los 35 grados centígrados.

32. Luego de haber realizado el experimento con las repeticiones respectivas, si la temperatura sobrepasa de los valores mencionados, apagar el motor, esperar como mínimo, 45 minutos y dejar que la temperatura se encuentre en el rango de 25 a 35 grados centígrados. De preferencia esperar que la temperatura este en 25 grados, para poder realizar el experimento completo, caso contrario si la temperatura excede el valor mencionado, se deberá dejar nuevamente que la temperatura descienda hasta el rango requerido, esto puede generar valores diferentes entre las repeticiones.
33. Mientras la temperatura desciende a la requerida, los estudiantes deben proceder a cambiar y combinar todos los factores y niveles correspondientes para empezar con el siguiente experimento.
34. Al término de cada experimento se debe realizar todos los pasos nuevamente, desde el 25 al 34.
35. Al terminar la toma de datos de todos los experimentos, apagar el motor, bombas e instrumentos de medición.
36. Cerrar la alimentación de agua al intercambiador.
37. Desconectar todas las alimentaciones del motor y elementos de medición.
38. Colocar en su lugar todos los materiales y elementos e instrumentos que se utilizaron para la práctica.
39. Dejar en orden y limpio el laboratorio.

## **5.9 ACTIVIDADES A REALIZAR**

Con todos los datos medidos, los estudiantes deberán:

- Obtener los valores de cada tratamiento propuesto por la guía.
- Realizar un diseño de experimentos que se ajuste a su objetivo, de preferencia el diseño factorial  $2^k$ .
- Sacar la media de las 5 repeticiones de la Potencia, Carga, Eficiencia y Emisión de gases de escape.
- Hacer el respectivo análisis de los resultados obtenidos mediante el diseño experimental, para finalmente exponer las debidas conclusiones de la práctica realizada.

## 5.10 PREGUNTAS.

- Porque existe variación de los valores obtenidos con la disminución de voltaje de la batería.
- Cuál es el porcentaje de rpm varían con el 7% de la mariposa abierta.
- Las emisiones de gases varían si se pasa o no del tiempo establecido por la práctica, ¿porque?
- ¿Porque no existe variación de torque?
- Porque aumenta la Carga al aumentar la Potencia.
- Si existe mejoras para el rendimiento del motor porque no implantarlas desde la fabricación.
- Según sus datos obtenidos cual es el tratamiento que mejor se asemeja a los objetivos planteados.
- ¿De las emisiones de gases cual es la más perjudicial y porque?
- ¿La disminución de la Carga prolongara la vida útil del motor sí, no y porque?
- Si se aumenta el consumo de gasolina y se obtiene una mayor potencia con una reducción de gases contaminantes que optaría usted su salud o la performance del motor.
- ¿Cuándo las rpm aumentan el efecto del Aceite en la disminución de CO aumenta también?

## 5.11 PRESENTACIÓN DEL INFORME

Una vez concluida toda la práctica, el estudiante deberá presentar un informe detallado de todo lo que realizo en la práctica, a fin de evaluar los conocimientos adquiridos por el estudiante. Para la presentación del informe, éste debe contener lo siguiente:

- Resumen
- Introducción
- Desarrollo
- Análisis de resultados
- Conclusiones y recomendaciones
- Referencias

# CONCLUSIONES

- El máximo aumento de Potencia del 5,65% se obtiene con:
  - **Bujías R BKR6E:** Este tipo de bujía genera una mejor chispa para la combustión.
  - **Aceite con aditivo S3:** El aumento del índice de viscosidad reduce el roce de los elementos de fricción.
  - **Filtro de alto rendimiento con tornado de aire:** Más aire significa más caballos de potencia y aceleración disponibles a lo largo del rango de RPM del motor.
  - **Gasolina extra con aditivo mejorador de octanaje y el 10% de etanol:** El aumento de octanaje produce una mayor explosión con la misma cantidad de gasolina.
- No siempre los factores externos más caros nos garantiza el máximo aumento de la Potencia.
- Se obtiene un aumento de la carga del 1,20%. Con el tipo de:
  - **Bujías R BKR6E:** Debido al aumento del índice de temperatura se combustiona mejor la mezcla eso significa mayor Potencia mayor Carga.
  - **Aceite con aditivo S3:** Las funciones mecánicas y Fluidas consumen más energía.
  - **Filtro de alto rendimiento con tornado de aire:**
  - **Gasolina extra con aditivo mejorador de octanaje y el 10% de etanol:** Aumenta el poder antidetonante. El etanol actúa como un anticongelante en los motores, mejorando el arranque del motor en frío y previniendo el congelamiento.
- Nunca se obtendrá una disminución de la carga cuando se pretende obtener un aumento de Potencia.
- El fabricante no usa filtros de alto rendimientos debido al mayor desgaste que sufre el motor.
- Existe una disminución de combustible del 0,84% con el tipo de:
  - **Bujías R BKR6E:** Porque necesita menos voltaje para producir la chispa.
  - **Aceite con aditivo S3:** Ya que el motor necesita mayor esfuerzo consume mayor combustible pero la disminución se da por los otros factores estudiados.



- **Gasolina extra con aditivo mejorador de octanaje y el 10% de etanol.**
- Siempre se dará preferencia a la disminución de gases de escape que al aumento de Potencia.
- El monóxido de carbono tiene una disminución del 100% debido a que:
  - **Bujías R BKR6E:** Mejor chispa para la combustión.
  - **Aceite con aditivo S3:** Debido a que fluye de mejor manera y evita el aumento de temperatura no se genera un aumento de carbonilla.
  - **Filtro de alto rendimiento con tornado de aire:** Mayor cantidad de aire que mejora la combustión.
  - **Gasolina extra con aditivo mejorador de octanaje y el 10% de etanol:** Al ser un aditivo oxigenante, el etanol también reemplaza a aditivos nocivos para la salud humana.
- Se obtiene una disminución del 33,84% de los Hidrocarburos debido al tipo de:
  - **Bujías R BKR6E:** Genera una mejor chispa para la combustión.
  - **Aceite con aditivo S3:** Debido a que fluye de mejor manera y evita el aumento de temperatura no se genera un aumento de carbonilla.
  - **Filtro de alto rendimiento con tornado de aire:** Mayor cantidad de aire que mejora la combustión.
  - **Gasolina extra con aditivo mejorador de octanaje y el 10% de etanol.** Menor cantidad de Azufre en el combustible.
- El CO<sub>2</sub> disminuye 5,67% debido al tipo de:
  - **Bujías R BKR6E:** Genera una mejor chispa para la combustión.
  - **Aceite con aditivo S3:** Debido a que fluye de mejor manera y evita el aumento de temperatura no se genera un aumento de carbonilla.
  - **Filtro de alto rendimiento con tornado de aire:** Mayor cantidad de aire que mejora la combustión.
  - **Gasolina extra con aditivo mejorador de octanaje y el 10% de etanol.** El octanaje del etanol puro es de 113 y se quema mejor a altas compresiones que la gasolina.
- Si no se mantiene el tiempo de la toma de datos en cada tratamiento se tendrán diferentes valores entre cada repetición.

# RECOMENDACIONES

- Se recomienda realizar el mismo diseño de experimento a diferentes regímenes de giro y analizar los valores obtenidos.
- Se puede reemplazar los factores que no tienen influencia en el diseño por factores externos sin la necesidad de generar los diferentes tratamientos.
- Se pueden integrar en un nuevo diseño de experimentos factores externos como son: Cable de bujías de alto rendimiento, Filtros de gasolina para competencia.
- Se recomienda hacer un diseño de experimentos por cuatro personas como un examen final con su respectiva sustentación.
- Se recomienda implementar un ventilador industrial para mantener la temperatura ideal de funcionamiento del motor.
- Se recomienda instalar un catalizador para una post combustión y obtener valores de las emisiones deseados.
- El diseño de experimentos se recomienda realizarlo en diferentes motores y analizar sus valores obtenidos.
- Se recomienda tener todas las herramientas en el laboratorio para el desarrollo de la práctica.
- Se recomienda que la Universidad adquiera más interfaces ELM327 para que más estudiantes realicen las prácticas en diferentes motores.
- Se podría instalar diferentes escapes y verificar si tienen influencia en la Potencia del motor.
- Se recomienda colocar refrigerante en el motor envés de agua y verificar los valores que se obtengan con ya obtenidos.
- Se recomienda separar las placas que controlan el mando del motor para evitar daños por la vibración.
- Se recomienda colocar cintas térmicas en los tubos de escape para evitar que se tenga un aumento de temperatura.
- Se recomienda tener una batería nueva libre de mantenimiento para agilizar el desarrollo de la práctica.

# BIBLIOGRAFÍA

## LIBROS:

- D. Alberto Castaño, G. Adolfo Patiño, "Estudio de los factores que inciden en el desempeño de motores de encendido provocado (mep) convertidos a gas natural", Trabajo de grado para Especialista, Departamento de Mecánica, Universidad de Antioquia, Medellín, 2003.
- José Antonio Pérez Galera estudio de las mezclas.
- P. AREAS, *Manual de Automóviles*, 55<sup>a</sup> ed. Madrid: Dossat 2000 S.L . ,2004
- D. Aranda, *Electrónica del Automóvil*. 1<sup>era</sup> ed. Buenos Aires: Fox Andina, 2013.
- L. ROJAS, *Mecánica Automotriz*. 1<sup>era</sup> ed. INACAP, 2001.
- H. Gerschler, *Tecnología del automóvil*, 20<sup>a</sup> ed. Barcelona: REVERTE, 1980.
- J. A. Andrino, *Mecánica y entretenimiento simple del automóvil*, 2011.
- H. Gutiérrez Pulido y R. de la Vara, *Análisis y Diseño de Experimentos*, 2da.ed.Mexico: McGraw-Hill, 2008.

## PAGINAS WEB:

- <http://dspace.ups.edu.ec/bitstream/123456789/92/6/Capitulo1.pdf>
- <http://repositorio.utn.edu.ec/bitstream/123456789/590/2/CAP2.pdf>
- <http://dspace.ups.edu.ec/bitstream/123456789/6115/1/UPS-CT001690.pdf>
- <http://dspace.esPOCH.edu.ec/bitstream/123456789/454/4/65T00003.pdf>
- INSTITUTO ECUATORIANO DE NORMALIZACIÓN, Norma Técnica Ecuatoriana NTE INEN 935:2012- Derivados del petróleo. Gasolina requisitos (octava revisión).
- <http://www.tuner.com.mx/catalogo.php?producto=tornado>
- <http://www.spazioracing.com/store/electrico/bujias/bujia-bkr6e-ngk.html>
- <http://repositorio.utn.edu.ec/bitstream/123456789/356/6/FECYT%20929%20TE SIS%20FINAL.pdf>

# **ANEXOS**

## ANEXO 1



# INSTITUTO ECUATORIANO DE NORMALIZACIÓN

Quito - Ecuador

## **NORMA TÉCNICA ECUATORIANA INEN 2 203:2000: GESTIÓN AMBIENTAL AIRE VEHÍCULOS AUTOMOTORES DETERMINACIÓN DE LA CONCENTRACIÓN DE EMISIONES DE ESCAPE EN CONDICIONES DE MARCHA MÍNIMA O “RALENTI”. PRUEBA ESTÁTICA.**

### **Primera Edición**

ENVIRONMENTAL MANAGEMENT. AIR. MOTOR VEHICLES. DETERMINATION OF CONCENTRATION OF EXHAUST EMISSIONS IN MINIMUM SPEED CONDITIONS OR RALENTI STATIC TEST.

First Edition

DESCRIPTORES: Emisión de gases, protección del medio ambiente, calidad del aire, método de ensayo. MC 08.06-302 CDU: 662.75 CIU: 3530 ICS: 13.040.50



Norma Técnica  
Ecuatoriana  
Obligatoria

**GESTIÓN AMBIENTAL. AIRE. VEHÍCULOS AUTOMOTORES.  
DETERMINACIÓN DE LA CONCENTRACIÓN DE EMISIONES DE  
ESCAPE, EN CONDICIONES DE MARCHA MÍNIMA O "RALENTI".**

**NTE INEN  
2 203:2000**

2000-07

**PRUEBA ESTÁTICA.**

**1. OBJETO**

**1.1** Esta norma establece el método de ensayo para determinar la concentración de las emisiones provenientes del sistema de escape de vehículos equipados con motor de encendido por chispa, en condiciones de marcha mínima o "ralenti".

**2. ALCANCE 2.1** Esta norma se aplica a

los vehículos automotores cuyo combustible es gasolina.

**3. DEFINICIONES**

**3.1** Para los efectos de esta norma se adoptan las definiciones contempladas en la NTE INEN 2204, y las que a continuación se detallan:

**3.1.1** *Aislamiento electromagnético.* Característica del equipo de medición que impide la alteración en sus lecturas por causa de radiaciones electromagnéticas externas.

**3.1.2** *Calibración de un equipo de medición.* Operación destinada a llevar un instrumento de medida al estado de funcionamiento especificado por el fabricante para su utilización.

**3.1.3** *Motor de encendido por chispa.* Es aquel en el cual la reacción de la mezcla aire/combustible se produce a partir de un punto caliente, generalmente una chispa eléctrica.

**3.1.4** *Gas patrón.* Gas o mezcla de gases de concentración conocida, certificada por el fabricante del mismo, y que se emplea para la calibración de equipos de medición de emisiones de escape.

**3.1.5** *Autocalibración.* Es la rutina en la cual el equipo verifica el funcionamiento óptimo de todos sus componentes instrumentales y realiza una comparación con los patrones internos incorporados por el fabricante del mismo.

**3.1.6** *Exactitud.* Grado de concordancia (la mayor o menor cercanía) entre el resultado de una medición y un valor verdadero del mensurando.

**3.1.7** *Repetibilidad.* Grado de concordancia de resultados de sucesivas mediciones de la misma variable, realizadas en iguales condiciones de medida.

**3.1.8** *Tiempo de calentamiento del equipo de ensayo.* Es el período en segundos entre el momento en que el equipo es energizado o encendido y el momento en que cumple con los requerimientos de estabilidad, para realizar la lectura de la variable.

**3.1.9** *Tiempo de respuesta del equipo de medición.* Es el período en segundos que el equipo requiere para medir y entregar los resultados de los ensayos realizados.

**3.1.10** *Sonda de prueba.* Tubo o manguera que se introduce a la salida del sistema de escape del vehículo automotor para tomar una muestra de las emisiones.

(Continúa)



## 4. DISPOSICIONES GENERALES

**4.1** Los importadores y distribuidores de equipos de medición de emisiones deben obtener una certificación de cumplimiento, expedida por la casa fabricante o propietaria del diseño del equipo o de un laboratorio autorizado por ella y avalada por la autoridad competente del país de origen. El procedimiento de evaluación base para certificar los equipos de medición a ser utilizados debe cumplir con la International Recommendation OIML R 99.

**4.2** Los importadores y distribuidores están obligados a suministrar copia de la certificación establecida en el numeral 4.1, a quienes adquieran los equipos.

**4.3** La autoridad competente, podrá en cualquier momento verificar la legalidad de las certificaciones presentadas por los importadores y distribuidores, sobre el cumplimiento de los requisitos establecidos en esta norma, así como las características de funcionamiento de los equipos y procedimientos utilizados para determinar la concentración de emisiones de escape en condiciones de marcha mínima o "ralentí", prueba estática.

## 5. MÉTODO DE ENSAYO

### 5.1 Fundamento.

**5.1.1** El principio de operación se basa en la absorción de luz infrarroja no dispersa de gases para la determinación de hidrocarburos, monóxido y dióxido de carbono.

**5.1.1.1** El oxígeno se mide utilizando una celda de combustible (fuel cell). Esto no excluye el uso de equipos con otro principio de operación, siempre y cuando sean homologados.

### 5.2 Equipos

**5.2.1** Ver numeral 4, Disposiciones Generales.

**5.2.2** Capacidad de auto calibración. Los equipos de medición deben tener incorporada la función propia de auto calibración, la cual se debe realizar automáticamente cada vez que el equipo es encendido, o manualmente cada vez que el usuario lo requiera.

**5.2.3** Los equipos de medición deben contar con un dispositivo de impresión directa de los resultados y de la identificación del vehículo automotor medido.

**5.2.4** Los equipos deben contar con un tacómetro para la medición de las revoluciones del motor.

**5.2.5** El equipo debe disponer de características de seguridad que garanticen la protección del operador.

### 5.3 Calibración

**5.3.1** La calibración del equipo se debe realizar siguiendo estrictamente las especificaciones de frecuencia del fabricante del equipo. En caso que éstas no estén disponibles, la calibración se debe realizar, como máximo, cada tres meses.

**5.3.2** El equipo se debe calibrar luego de cada mantenimiento correctivo.

**5.3.3** La calibración anterior es independiente de la autocalibración automática que realiza el equipo cada vez que es encendido.

**5.3.4** El gas de calibración debe cumplir con los requisitos establecidos en la norma ISO 6145. Este gas debe contar con una certificación emitida por el fabricante, de acuerdo con lo establecido en la norma anteriormente indicada.





## **5.4 Procedimiento de medición**

**5.4.1** Antes de la prueba, realizar las verificaciones siguientes:

**5.4.1.1** Someter al equipo a un período de calentamiento y estabilización, según las especificaciones del fabricante.

**5.4.1.2** Retirar todo material en forma de partículas y eliminar toda sustancia extraña o agua, que se hayan acumulado en la sonda de prueba y que puedan alterar las lecturas de la muestra.

**5.4.1.3** Revisar que la transmisión del vehículo esté en neutro (transmisión manual) o parqueo (transmisión automática).

**5.4.1.4** Revisar que el control manual del ahogador (choque), no se encuentre en operación, y que los accesorios del vehículo (luces, aire acondicionado, etc.), estén apagados.

**5.4.1.5** Revisar en el vehículo que el sistema de escape se encuentre en perfectas condiciones de funcionamiento y sin ninguna salida adicional a las del diseño que provoque dilución de los gases de escape o fugas de los mismos. Las salidas adicionales a las contempladas en el diseño original no deben ser aceptadas, aunque éstas se encuentren bloqueadas al momento de la prueba.

**5.4.1.6** Si el vehículo no cumple con las condiciones establecidas en el numeral 5.4.1.5, la prueba no se debe realizar hasta que se corrijan aquellas.

**5.4.1.7** Revisar que el nivel de aceite en el cárter esté entre el mínimo y máximo recomendado por el fabricante, con el motor apagado y el vehículo en posición horizontal.

**5.4.1.8** Encender el motor del vehículo y verificar que se encuentre a la temperatura normal de operación.

### **5.4.2 Medición**

**5.4.2.1** Conectar el tacómetro del equipo de medición al sistema de encendido del motor y verificar las condiciones de marcha mínima o "ralentí".

**5.4.2.2** Con el motor a temperatura normal de operación y en condición de marcha mínima o "ralentí", introducir la sonda de prueba en el punto de salida del sistema de escape del vehículo. Tener la seguridad de que la sonda permanezca fija dentro del sistema de escape mientras dure la prueba.

**5.4.2.3** Esperar el tiempo de respuesta del equipo de medición dado por cada fabricante.

**5.4.2.4** Imprimir las lecturas estabilizadas de las emisiones medidas.

**5.4.2.5** Si, por diseño, el vehículo tiene doble sistema de escape, medir por separado cada salida. El valor del resultado final será la mayor lectura registrada.

## **5.5 Informe de resultados**

**5.5.1** El resultado final será la mayor lectura registrada de los valores de las lecturas obtenidas en el numeral 5.4.2.4.

**5.5.2** La institución que realiza la prueba debe emitir un informe técnico con los resultados de la misma, adjuntado el documento de impresión directa del equipo de medición.

*(Continúa)*

## APÉNDICE Z Z.1 DOCUMENTOS NORMATIVOS A

### CONSULTAR

Norma Técnica Ecuatoriana INEN 2204:1998 *Gestión Ambiental. Aire. Vehículos Automotores.*

*Límites permitidos de emisiones producidas por fuentes móviles terrestres de gasolina.*

Norma ISO 6145-1:86 *Gas Analysis Preparation of Calibration Gas Mixtures.*

*Dynamic Volumetric Methods - Part 1 - Methods of*

*Calibration.* International Recommendation OIML R 99. *Instruments for measuring vehicle exhaust emissions.*

*International Organization of Legal Metrology.*

### Z.2 BASES DE ESTUDIO

Norma técnica colombiana ICONTEC 4230. *Gestión ambiental. Aire. Determinación de la concentración de emisiones de escape, en condiciones de marcha mínima o "ralentí".* Instituto Colombiano de Normas Técnicas. Bogotá, 1997.

## INFORMACIÓN COMPLEMENTARIA

<b>Documento:</b> NTE INEN 2 203	<b>TÍTULO:</b> GESTIÓN AMBIENTAL. AIRE. VEHÍCULOS AUTOMOTORES. DETERMINACIÓN DE LA CONCENTRACIÓN DE EMISIONES DE ESCAPE EN CONDICIONES DE MARCHA MÍNIMA O "RALENTI". PRUEBA ESTÁTICA.	<b>Código:</b> MC 08.06-302
-------------------------------------	---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	--------------------------------

<b>ORIGINAL:</b> Fecha de iniciación del estudio: 1998-02-17	<b>REVISIÓN:</b> Fecha de aprobación anterior por Consejo Directivo Oficialización con el Carácter de por Acuerdo No. de publicado en el Registro Oficial No. de  Fecha de iniciación del estudio:
--------------------------------------------------------------------	-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------

Fechas de consulta pública: de a

Comité Interno del INEN: GESTIÓN AMBIENTAL

Fecha de iniciación: 1998-06-12

Fecha de aprobación: 1998-06-17

Integrantes del Comité Interno del INEN:

**NOMBRES:**

**INSTITUCIÓN REPRESENTADA:**

Dr. Ramiro Gallegos (Presidente)  
Ing. Enrique Troya  
Sr. Guido Reyes

SUBDIRECTOR TÉCNICO  
DIRECTOR DE PROTECCIÓN AL CONSUMIDOR  
DIRECTOR DE DESARROLLO Y CERTIFICACIÓN DE CALIDAD

Sr. Arturo Arévalo  
Ing. Marco Narváez  
Ing. Fernando Hidalgo (Secretario Técnico)

DIRECTOR DE ASEGURAMIENTO METROLÓGICO  
DIRECCIÓN DE VERIFICACIÓN FÍSICA  
DIRECCIÓN DE NORMALIZACIÓN

Subcomité Técnico: GESTIÓN AMBIENTAL

Fecha de iniciación: 1998-09-24

Fecha de aprobación: 1999-02-25

Integrantes del Subcomité Técnico:

**NOMBRES:**

**INSTITUCIÓN REPRESENTADA:**

Ing. Jorge Jurado (Presidente)  
Ing. Pablo Ubidia  
Ing. Jorge Medina  
Ing. Julio Salazar C.  
Ing. Eduardo Espín  
Ing. Jorge Mantilla  
Ing. Ritha Burbano  
Tlgo. Mauricio Barros B.  
Ing. Kléver Chávez  
Ing. Jorge Álvarez  
Myr. Henry Aulestia C.  
Myr. Carlos Naveda  
Ing. Marco Oleas  
Ing. Lucía Montenegro  
Ing. Mauro González  
Sr. Suck Jun Yun Kim  
Ing. Pablo Durango  
Ing. Edwin Tamayo  
Ing. Fernando Hidalgo (Secretario Técnico)

MUNICIPIO METROPOLITANO DE QUITO  
CINAE - AEADI  
CONUEP/ING. QUÍMICA (U.C.)  
PETROINDUSTRIAL  
MIDUVI/SSA  
CNNT  
DIRECCIÓN NACIONAL DE HIDROCARBUROS  
UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA (CUENCA)  
MINISTERIO DEL MEDIO AMBIENTE  
MUNICIPIO METROPOLITANO DE QUITO  
COMISIÓN DE TRANSITO DEL GUAYAS  
COMISIÓN DE TRANSITO DEL GUAYAS  
GENERAL MOTORS - OMNIBUS BB  
FACULTAD DE ING. QUÍMICA (E.P.N)  
DIRECCIÓN NACIONAL DE HIDROCARBUROS  
AUTOMOTORES HINO  
COLEGIO DE INGENIEROS QUÍMICOS DE PICHINCHA  
COLEGIO DE INGENIEROS MECÁNICOS DE PICHINCHA  
INEN

Otros trámites: ♦<sup>6</sup> Esta norma sin ningún cambio en su contenido fue DESREGULARIZADA, pasando de OBLIGATORIA a VOLUNTARIA, según Resolución de Consejo Directivo de 1998-01-08 y oficializada mediante Acuerdo Ministerial No. 03 612 de 2003-12-22, publicado en el Registro Oficial No. 248 del 2004-01-09

El Consejo Directivo del INEN aprobó este proyecto de norma en sesión de 2000-03-23

Oficializada como: Obligatoria Por Acuerdo Ministerial No. 2000373 de 2000-07-03  
Registro Oficial No. 115 de 2000-07-07

---

Instituto Ecuatoriano de Normalización, INEN - Baquerizo Moreno E8-29 y Av. 6 de Diciembre  
Casilla 17-01-3999 - Telfs: (593 2)2 501885 al 2 501891 - Fax: (593 2) 2 567815  
Dirección General: [E-Mail:furresta@inen.gov.ec](mailto:furresta@inen.gov.ec)  
Área Técnica de Normalización: [E-Mail:normalizacion@inen.gov.ec](mailto:normalizacion@inen.gov.ec)  
Área Técnica de Certificación: [E-Mail:certificacion@inen.gov.ec](mailto:certificacion@inen.gov.ec)  
Área Técnica de Verificación: [E-Mail:verificacion@inen.gov.ec](mailto:verificacion@inen.gov.ec)  
Área Técnica de Servicios Tecnológicos: [E-Mail:inencati@inen.gov.ec](mailto:inencati@inen.gov.ec)  
Regional Guayas: [E-Mail:inenguayas@inen.gov.ec](mailto:inenguayas@inen.gov.ec)  
Regional Azuay: [E-Mail:inencuenca@inen.gov.ec](mailto:inencuenca@inen.gov.ec)  
Regional Chimborazo: [E-Mail:inenriobamba@inen.gov.ec](mailto:inenriobamba@inen.gov.ec)  
URL:[www.inen.gov.ec](http://www.inen.gov.ec)

## ANEXO 2

# INSTITUTO ECUATORIANO DE NORMALIZACIÓN

Quito - Ecuador

**NORMA TÉCNICA ECUATORIANA INEN 2 204:2002:  
GESTIÓN AMBIENTAL. AIRE. VEHÍCULOS AUTOMOTORES. LÍMITES  
PERMITIDOS DE EMISIONES PRODUCIDAS POR FUENTES MÓVILES  
TERRESTRES DE GASOLINA.**

**(Primera Revisión)**

**Primera Edición**

ENVIRONMENTAL MANAGEMENT. AIR. MOTOR VEHICLES. EMISSIONS PERMITTED LEVELS PRODUCED BY GASOLINE ROAD MOVABLE SOURCES.

First Edition

DESCRIPTORES: Protección ambiental y sanitaria, seguridad, calidad del aire, emisiones de escapes de transportes, requisitos.

## 1. OBJETO

**1.1** Esta norma establece los límites permitidos de emisiones de contaminantes producidas por fuentes móviles terrestres (vehículos automotores) de gasolina.

## 2. ALCANCE

**2.1** Esta norma se aplica a las fuentes móviles terrestres de más de tres ruedas o a sus motores, según lo definido en los numerales 3.24 y 3.25.

**2.2** Esta norma no se aplica a las fuentes móviles que utilicen combustible diferentes a gasolina.

**2.3** Esta norma no se aplica a motores de pistón libre, motores fijos, motores náuticos, motores para tracción sobre rieles, motores para aeronaves, motores para tractores agrícolas, maquinarias y equipos para uso en construcciones y aplicaciones industriales.

## 3. DEFINICIONES

Para los efectos de esta norma se adoptan las siguientes definiciones:

**3.1 Año modelo.** Año que identifica el de producción del modelo de la fuente móvil.

**3.2 Área frontal.** Área determinada por la proyección geométrica de las distancias básicas del vehículo sobre su eje longitudinal el cual incluye llantas pero excluye espejos y deflectores de aire a un plano perpendicular al eje longitudinal del vehículo.

**3.3 Certificación de la casa fabricante.** Documento expedido por la casa fabricante de un vehículo automotor en el cual se consignan los resultados de la medición de las emisiones de contaminantes del aire (por el escape y evaporativas) provenientes de los vehículos prototipo seleccionados como representativos de los modelos nuevos que saldrán al mercado.

**3.4 Ciclo.** Es el tiempo necesario para que el vehículo alcance la temperatura normal de operación en condiciones de marcha mínima o ralentí. Para las fuentes móviles equipadas con electro ventilador, es el período que transcurre entre el encendido del ventilador del sistema de enfriamiento y el momento en que el ventilador se detiene.

**3.5 Ciclos de prueba.** Un ciclo de prueba es una secuencia de operaciones estándar a las que es sometido un vehículo automotor o un motor, para determinar el nivel de emisiones que produce. Para los propósitos de esta norma, los ciclos que se aplican son los siguientes:

**3.5.1 Ciclo ECE-15 + EUDC.** Es el ciclo de prueba dinámico establecido por la Unión Europea para los vehículos livianos y medianos, de diesel o gasolina, definidos en la directiva 93/59/EEC.

**3.5.2 Ciclo FTP-75.** Es el ciclo de prueba dinámico establecido por la Agencia de Protección del Medio Ambiente de los Estados Unidos (EPA), para los vehículos livianos y medianos, de gasolina o diesel, y publicado en el Código Federal de Regulaciones, partes 86 a 99.

*(Continúa)*





**3.5.3 Ciclo transiente pesado).** Es el ciclo de prueba de estado transitorio establecido por la Agencia de Protección del Medio Ambiente de los Estados Unidos (EPA), para la medición de emisiones de motores diesel y gasolina utilizados en vehículos pesados y el cual se encuentra especificados en el Código Federal de Regulaciones de ese país, CFR, título 40, partes 86 a 99, subparte N.

**3.6 Dinamómetro.** Aparato utilizado para medir la potencia generada por un vehículo automotor o motor solo, a través de aplicaciones de velocidad y torque.

**3.7 Emisión de escape.** Es la descarga al aire de una o más sustancias en estado sólido, líquido o gaseoso o, de alguna combinación de estos, proveniente del sistema de escape de una fuente móvil.

**3.8 Emisiones evaporativas.** Es la descarga al aire de una o más sustancias gaseosas, producto del funcionamiento normal del vehículo o de la volatilidad del combustible. Las emisiones evaporativas se desprenden desde varios puntos a lo largo del sistema de combustible de un vehículo automotor.

**3.9 Equipo de medición.** Es el conjunto completo de dispositivos, incluyendo todos los accesorios, para la operación normal de medición de las emisiones.

**3.10 Fuente móvil.** Es la fuente de emisión que por razón de su uso o propósito es susceptible de desplazarse propulsado por su propia fuente motriz. Para propósitos de esta norma, son fuentes móviles todos los vehículos automotores.

**3.11 Homologación.** Es el reconocimiento de la autoridad ambiental competente a los procedimientos de evaluación de emisiones o a los equipos o sistemas de medición o de inspección de emisiones, que dan resultados comparables o equivalentes a los procedimientos, equipos o sistemas definidos en esta norma.

**3.12 Informe técnico.** Documento que contiene los resultados de la medición de las emisiones del motor, operando en las condiciones contempladas en esta norma.

**3.13 Marcha mínima o ralentí.** Es la especificación de velocidad del motor establecidas por el fabricante o ensamblador del vehículo, requeridas para mantenerlo funcionando sin carga y en neutro (para cajas manuales) y en parqueo (para cajas automáticas). Cuando no se disponga de la especificación del fabricante o ensamblador del vehículo, la condición de marcha mínima o ralentí se establecerá en un máximo de 1 100 r.p.m.

**3.14 Masa máxima.** Es la masa equivalente al peso bruto del vehículo.

**3.15 Método SHED.** Procedimiento aprobado por la Agencia de Protección Ambiental de los Estados Unidos (EPA) para determinar las emisiones evaporativas en vehículos de gasolina mediante la recolección de estas en una cabina sellada en la que se ubica el vehículo sometido a prueba. SHED son las siglas correspondientes al nombre de dicho método (SealedHousingforEvaporativeDetermination). Los procedimientos, equipos y métodos de medición utilizados se encuentran consignados en el Código Federal de Regulaciones en los Estados Unidos, partes 86 y 99; o en las directivas 91/441 EEC y 93/59 EEC.

**3.16 Motor.** Es la principal fuente de poder de un vehículo automotor que convierte la energía de un combustible líquido o gaseoso en energía cinética.

**3.17 Peso bruto del vehículo.** Es el peso neto del vehículo más la capacidad de carga útil o de pasajeros, definida en kilogramos.

**3.18 Peso neto del vehículo.** Es el peso real solo del vehículo en condiciones de operación normal con todo el equipo estándar de fábrica, más el combustible a la capacidad nominal del tanque.

**3.19 Peso de referencia.** Es el peso neto del vehículo más 100 kg.

**3.20 Peso del vehículo cargado.** Es el peso neto del vehículo más 136,08 kg (300 lb).

(Continúa)



**3.21 Prueba estática.** Es la medición de emisiones que se realiza con el vehículo a temperatura normal de operación, en marcha mínima (ralentí), sin carga, en neutro (para cajas manuales) y en parqueo (para cajas automáticas).

**3.22 Prueba dinámica.** Es la medición de emisiones que se realiza con el vehículo o motor sobre un dinamómetro, aplicando los ciclos de prueba descritos en la presente norma.

**3.23 Temperatura normal de operación.** Es aquella que alcanza el motor después de operar un mínimo de 10 minutos en marcha mínima (ralentí), o cuando en estas mismas condiciones la temperatura del aceite en el cárter del motor alcance 75°C o más. En las fuentes móviles equipadas con electro ventilador esta condición es confirmada después de operar un ciclo.

**3.24 Vehículo automotor.** Vehículo de transporte terrestre, de carga o de pasajeros, que se utiliza en la vía pública, propulsado por su propia fuente motriz.

**3.25 Vehículo o motor prototipo o de certificación.** Vehículo o motor de desarrollo o nuevo, representativo de la producción de un nuevo modelo.

#### 4. CLASIFICACIÓN

Para los propósitos de esta norma, se establece la siguiente clasificación de los vehículos automotores:

**4.1** Según la agencia de protección ambiental de los Estados Unidos (EPA), la siguiente clasificación se aplica únicamente para los ciclos de prueba FTP-75 y ciclo transiente pesado:

**4.1.1 Vehículo liviano.** Es aquel vehículo automotor tipo automóvil o derivado de éste, diseñado para transportar hasta 12 pasajeros.

**4.1.2 Vehículo mediano.** Es aquel vehículo automotor cuyo peso bruto vehicular es menor o igual a 3 860 kg, cuyo peso neto vehicular es menor o igual a 2 724 kg y cuya área frontal no exceda de 4,18 m<sup>2</sup>. Este vehículo debe estar diseñado para:

**4.1.2.1** Transportar carga o para convertirse en un derivado de vehículos de este tipo

**4.1.2.2** Transportar más de 12 pasajeros

**4.1.2.3** Ser utilizado u operado fuera de carreteras o autopistas y contar para ello con características especiales.

**4.1.3 Vehículo pesado.** Es aquel vehículo automotor cuyo peso bruto del vehículo sea superior a 3 860 kg, o cuyo peso neto del vehículo sea superior a 2 724 kg, o cuya área frontal excede de 4,18 m<sup>2</sup>.

**4.2** Según La Unión Europea, la siguiente clasificación se aplica únicamente para el ciclo de prueba ECE-15 + EUDC.

**4.2.1 Categoría M.** Vehículos automotores destinados al transporte de personas y que tengan por lo menos cuatro ruedas.

**4.2.1.1 Categoría M1.** Vehículos automotores destinados al transporte de hasta 8 personas más el conductor.

**4.2.2 Categoría N.** Vehículos automotores destinados al transporte de carga, que tengan por lo menos cuatro ruedas.

**4.2.2.1 Categoría N1.** Vehículos automotores destinados al transporte de carga con una masa máxima no superior a 3,5 toneladas.

(Continúa)

## 5. DISPOSICIONES GENERALES

**5.1** Los importadores y ensambladores de vehículos deben obtener la certificación de emisiones expedida por la casa fabricante o propietaria del diseño del vehículo y avalada por la autoridad competente del país de origen, o de un laboratorio autorizado por ella. Los procedimientos de evaluación base para las certificaciones serán los establecidos para los ciclos FTP 75, ciclo transiente pesado ECE 15 + EUDC, SHED (EEC 91/441 y 93/59 EEC); según las características del vehículo.

**5.2** Los importadores y ensambladores están obligados a suministrar copia de la certificación de emisiones a quienes adquieran los vehículos.

**5.3** La autoridad competente podrá en cualquier momento verificar la legalidad de las certificaciones presentadas por los importadores y ensambladores sobre el cumplimiento de los requisitos establecidos en esta norma, así como las características de funcionamiento de los equipos y procedimientos utilizados para la medición de las emisiones de escape, en condición de marcha mínima o ralentí.

## 6. REQUISITOS

**6.1** Límites máximos de emisiones permitidos para fuentes móviles con motor de gasolina. Marcha mínima o ralentí (prueba estática).

**6.1.1** Toda fuente móvil con motor de gasolina, durante su funcionamiento en condición de marcha mínima o ralentí y a temperatura normal de operación, no debe emitir al aire monóxido de carbono (CO) e hidrocarburos (HC) en cantidades superiores a las señaladas en la tabla 1.

**TABLA 1. Límites máximos de emisiones permitidos para fuentes móviles con motor de gasolina. Marcha mínima o ralentí (prueba estática).**

Año modelo	% CO*		ppm HC*	
	0 - 1 500 **	1 500 - 3 000 **	0 - 1 500 **	1 500 - 3 000 **
2000 y posteriores	1,0	1,0	200	200
1990 a 1999	3,5	4,5	650	750
1989 y anteriores	5,5	6,5	1 000	1 200
* Volumen				
**Altitud = metros sobre el nivel del mar (msnm).				

**6.2** Límites máximos de emisiones para fuentes móviles de gasolina. Ciclos FTP-75 y ciclo transiente pesado (prueba dinámica)

**6.2.1** Toda fuente móvil de gasolina que se importe o se ensamble en el país no podrá emitir al aire monóxido de carbono (CO), hidrocarburos (HC), óxidos de nitrógeno (NOx) y emisiones evaporativas, en cantidades superiores a las indicadas en la tabla 2.

(Continúa)



**TABLA 2. Límites máximos de emisiones para fuentes móviles con motor de gasolina (prueba dinámica)\* a partir del año modelo 2000 (ciclos americanos).**

Categoría	Peso bruto del vehículo kg	Peso del vehículo cargado kg	CO g/km	HC g/km	NOx g/km	CICLOS DE PRUEBA	Evaporativas g/ensayo SHED
Vehículos Livianos			2,10	0,25	0,62	FTP - 75	2
Vehículos Medianos	=< 3 860	=< 1 700	6,2	0,5	0,75		2
		1 700 - 3 860	6,2	0,5	1,1		2
Vehículos Pesados**	> 3 860 = < 6 350		14,4	1,1	5,0	Transientepesado	3
	> 6 350		37,1	1,9	5,0		4

\* prueba realizada a nivel del mar

\*\* en g/bHP-h (gramos/brakeHorsePower-hora)

**6.3** Límites máximos de emisiones para fuentes móviles de gasolina. Ciclo ECE-15+ EUDC (prueba dinámica).

**6.3.1** Toda fuente móvil con motor de gasolina no podrá emitir al aire monóxido de carbono (CO), hidrocarburos (HC), óxidos de nitrógeno (NOx) y emisiones evaporativas, en cantidades superiores a las indicadas en la tabla 3.

**TABLA 3. Límites máximos de emisiones para fuentes móviles con motor de gasolina (prueba dinámica) \* a partir del año modelo 2000 (ciclos europeos)**

Categoría	Peso bruto del vehículo	Peso de Referencia	CO g/km	HC + NOx g/km	CICLOS DE PRUEBA	Evaporativas g/ensayo
M1 (1)	=< 3 500		2,72	0,97	ECE 15 + EUDC	2
M1 <sup>(2)</sup> , N1		< 1 250	2,72	0,97		2
		> 1 250 < 1 700	5,17	1,4		2
		> 1 700	6,9	1,7		2

\* Prueba realizada a nivel del mar

<sup>(1)</sup> Vehículos que transportan hasta 5 pasajeros más el conductor y con un peso bruto del vehículo menor o igual a 2,5 toneladas

<sup>(2)</sup> Vehículos que transportan más de 5 pasajeros más el conductor o cuyo peso bruto del vehículo exceda de 2,5 toneladas

## 7. MÉTODO DE ENSAYO

**7.1** Determinación de la concentración de emisiones del tubo de escape en condiciones de marcha mínima o ralentí.

**7.1.1** Seguir el procedimiento descrito en la NTE INEN 2 203.

(Continúa)



## APÉNDICE Z

### Z.1 DOCUMENTOS NORMATIVOS A CONSULTAR

Norma Técnica Ecuatoriana NTE INEN 2 203:1998 *Gestión ambiental. Aire. Vehículos automotores. Determinación de la concentración de emisiones del escape, en condiciones de marcha mínima o ralentí.*

### Z.2 BASES DE ESTUDIO

Norma técnica ecuatoriana NTE INEN 2 056. *Metrología. Vocabulario internacional de términos fundamentales y generales.* Quito, 1998.

Norma técnica colombiana ICONTEC 4230. *Gestión ambiental. Aire. Determinación de la concentración de emisiones de escape, en condiciones de marcha mínima o ralentí.* Instituto Colombiano de Normas Técnicas. Bogotá, 1997.

EPA 94: *Code of Federal Regulations Protection of Environment 40. Part 86 (Revised as of July 1, 1996) Control of air pollution from new and in-use motor vehicles and new and in-use motor vehicle engines: certification and test procedures: 86.090-8 Emission standards for 1990 and later model year light - duty vehicles (Diesel and gasoline); 86.091.9 Emission standards for 1991 and later model year light - duty trucks (diesel and gasoline); 86-091-10. Emission standards for 1991 and later model year otto - cycle heavy - duty engines and vehicles (gasoline).* U.S Environmental Protection Agency, EPA. Washington D.C., 1996.

EURO II: *Community Directive (Directive 88/77/EEC). Regulación 49, gaseous pollutants. Truck and buses > 3,5 Ton. EEC regulation for small utilite records. Enforcement date: 01.10.1993 new models, 01.10.1994 new vehicles.* European Economic Community. Brussels. 1996.

Normas para la protección y el control de la calidad del aire: *Resolución 005 de 1995-01-09, Resolución 1619 de 1995-12-21, Resolución 1351 de 1995-11-14, Resolución 898 de 1995-08-23 - Adicionada por la Resolución 125 de 1996-03-19, Decreto 948 de 1995-06-05 - Modificado por el Decreto 2107 de 1995-11-30.* Ministerio del Medio Ambiente de la República de Colombia. Bogotá, 1996.

Decreto 2673: *Normas sobre Emisiones de fuentes móviles. Ministerio del Ambiente y de los Recursos Naturales Renovables.* República de Venezuela. Caracas, 1998.

*Proyecto de reglamentación para control de emisiones para vehículos automotores en el Distrito Metropolitano de Quito.* Cámara de la Industria Automotriz Ecuatoriana, CINAIE - Asociación Ecuatoriana Automotriz del Interior, AEADI, Quito, 1998.

*Exhaust Emissions, Standards, Regulations and Measurement of Exhaust emissions and Calculation of fuel consumption based on the Exhaust emission test - Passenger cars; Mercedes Benz.* Alemania, 1997.

*Vehicle Emissions Study, Kiyoshi Yuki - Overseas Regulation & Compliance Department, Engineering Administration Division, Toyota Motor Corporation.* Tokyo, 1995.



### INFORMACIÓN COMPLEMENTARIA

<b>Documento:</b> NTE INEN 2 204 (Primera Revisión)	<b>TITULO: GESTIÓN AMBIENTAL. AIRE. VEHÍCULOS          AUTOMOTORES. LÍMITES PERMITIDOS DE EMISIÓN          PRODUCIDAS POR FUENTES MÓVILES TERRESTRES DE          GASOLINA.</b>	<b>Código:</b> MC 08.06-401
<b>ORIGINAL:</b> Fecha de iniciación del estudio: 2000-09-11/2001-11-19	<b>REVISIÓN:</b> Fecha de aprobación anterior por Consejo Directivo 1998-12-08 Oficialización con el Carácter de OBLIGATORIA por Acuerdo No. 98163 de 1998 - 12 - 17 publicado en el Registro Oficial No. 100 de 1 999 - 01 - 04  Fecha de iniciación del estudio:	

Fechas de consulta pública: de \_\_\_\_\_ a \_\_\_\_\_

Comité Interno del INEN:  
 Fecha de iniciación: 2 000-09-11  
 Intragrantes del Comité Interno del INEN. \_\_\_\_\_ Fecha de aprobación: 2 000-09-11

**NOMBRES:**

Dr. Ramiro Gallegos (Presidente)  
 Ing. Enrique Troya  
  
 Sr. Guido Reyes  
  
 Fis. René Chanchay  
  
 Ing. Marco Narváez  
 Ing. Rafael Aguirre  
 Dra. Beatriz Cañizares  
 Ing. Fernando Hidalgo (Secretario Técnico)

**INSTITUCIÓN REPRESENTADA:**

SUBDIRECTOR TÉCNICO  
 DIRECCIÓN DE PROTECCIÓN AL  
 CONSUMIDOR  
 DIRECCIÓN DE DESARROLLO Y  
 CERTIFICACIÓN  
 DIRECCIÓN DE ASEGURAMIENTO  
 METROLÓGICO  
 DIRECCIÓN DE VERIFICACIÓN FÍSICA  
 DIRECCIÓN DE PLANIFICACIÓN  
 DIRECCIÓN DE VERIFICACIÓN ANALÍTICA  
 DIRECCIÓN DE NORMALIZACIÓN

**2001-11-20**

Dr. Ramiro Gallegos (Presidente)  
  
 Ing. Gustavo Jiménez  
  
 Tlgo. Francisco Cevallos  
  
 Arq. Francisco Ramírez  
 Sr. Marco Proaño  
  
 Ing. Guillermo Layedra (Secretario Técnico)

DIRECTOR TÉCNICO DEL ÁREA DE  
 SERVICIOS TECNOLÓGICOS  
 DIRECTOR TÉCNICO DEL AREA DE  
 NORMALIZACIÓN  
 ÁREA DE SERVICIOS TECNOLÓGICOS:  
 ENSAYOS DE CALIBRACIÓN  
 ÁREA DE CERTIFICACIÓN: PRODUCTOS  
 ÁREA DE SERVICIOS TECNOLÓGICOS:  
 ENSAYOS FÍSICOS  
 REGIONAL CHIMBORAZO

Otros trámites: Esta NTE INEN 2 204:2002 (Primera Revisión), reemplaza a la NTE INEN 2 204:1999

♦<sup>9</sup> La NTE INEN 2 204:2002 (Primera Revisión), sin ningún cambio en su contenido fue **DESREGULARIZADA**, pasando de OBLIGATORIA a VOLUNTARIA, según Resolución del Directorio del INEN No. 009-2010 de 2010-03-05, publicada en el Registro Oficial No. 152 del 2010-03-17.

El Consejo Directivo del INEN aprobó este proyecto de norma en sesión de 2002-04-17

Oficializada como: Obligatoria  
 Registro Oficial No. 673 de 2002-09-30

Por Acuerdo Ministerial No. 02 368 de 2002-09-18



---

Instituto Ecuatoriano de Normalización, INEN - Baquerizo Moreno E8-29 y Av. 6 de Diciembre  
Casilla 17-01-3999 - Telfs: (593 2)2 501885 al 2 501891 - Fax: (593 2) 2 567815  
Dirección General: E-Mail: [furresta@inen.gov.ec](mailto:furresta@inen.gov.ec)  
Área Técnica de Normalización: E-Mail: [normalizacion@inen.gov.ec](mailto:normalizacion@inen.gov.ec)  
Área Técnica de Certificación: E-Mail: [certificacion@inen.gov.ec](mailto:certificacion@inen.gov.ec)  
Área Técnica de Verificación: E-Mail: [verificacion@inen.gov.ec](mailto:verificacion@inen.gov.ec)  
Área Técnica de Servicios Tecnológicos: E-Mail: [inencati@inen.gov.ec](mailto:inencati@inen.gov.ec)  
Regional Guayas: E-Mail: [inenguayas@inen.gov.ec](mailto:inenguayas@inen.gov.ec)  
Regional Azuay: E-Mail: [inencuenca@inen.gov.ec](mailto:inencuenca@inen.gov.ec)  
Regional Chimborazo: E-Mail: [inenriobamba@inen.gov.ec](mailto:inenriobamba@inen.gov.ec)  
URL: [www.inen.gov.ec](http://www.inen.gov.ec)

## ANEXO 3

# INSTITUTO ECUATORIANO DE NORMALIZACIÓN

Quito - Ecuador

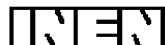
## NORMA TÉCNICA ECUATORIANANTE INEN 439:1984: COLORES, SEÑALES Y SÍMBOLOS DE SEGURIDAD.

Primera Edición

xxxxx.

FirstEdition

SG 01.02-402  
CDU:614.8/084



## 1. OBJETO

**1.1** Esta norma establece los colores, señales y símbolos de seguridad, con el propósito de prevenir accidentes y peligros para la integridad física y la salud, así como para hacer frente a ciertas emergencias.

## 2. ALCANCE

**2.1** Esta norma se aplica a la identificación de posibles fuentes de peligro y para marcar la localización de equipos de emergencia o de protección.

**2.2** Esta norma no intenta la sustitución, mediante colores o símbolos, de las medidas de protección y prevención apropiadas para cada caso; el uso de colores de seguridad solamente debe facilitar la rápida identificación de condiciones inseguras, así como la localización de dispositivos importantes para salvaguardar la seguridad.

**2.3** Esta norma se aplica a colores, señales y símbolos de uso general en seguridad, excluyendo los de otro tipo destinados al uso en calles, carreteros, vías férreas y regulaciones marinas.

## 3. TERMINOLOGIA

**3.1 Color de seguridad.** Es un color de propiedades colorimétricas y/o foto métricas especificadas, al cual se asigna un significado de seguridad (ver Anexo A).

**3.2 Símbolo de seguridad.** Es cualquiera de los símbolos o imágenes gráficas usadas en la señal de seguridad.

**3.3 Señal de seguridad.** Es aquella que transmite un mensaje de seguridad en un caso particular, obtenida a base de la combinación de una forma geométrica, un color y un símbolo de seguridad. La señal de seguridad puede también incluir un texto (palabras, letras o números).

**3.4 Color de contraste.** Uno de los dos colores neutrales, blanco o negro, usado en las señales de seguridad.

**3.5 Señal auxiliar.** Señal que incluye solamente texto, que se utiliza, de ser necesario, con la señal de seguridad, para aclarar o ampliar la información.

**3.6 Luminancia.** De un punto de determinada dirección, es el cociente de dividir la intensidad luminosa en dicha dirección, para el área de la proyección ortogonal de la superficie infinitesimal que contiene al punto, sobre un plano perpendicular a la dirección dada.

## 4. SIMBOLOGIA

### 4.1 En esta norma significan:

A= Área ( $m^2$ ).

l= Distancia (m).

x,y= Coordenadas cromáticas

$\beta$ = Factor de luminancia

$\alpha$  = Angulo de observación.

e - Angulo de entrada (incidencia).

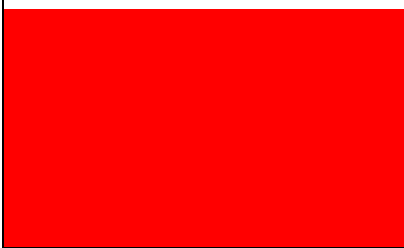
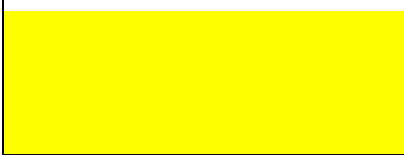


(Continúa)

## 5. DISPOSICIONES GENERALES

### 5.1 Colores de seguridad

5.1.1 La Tabla 1 establece los tres colores de seguridad, el color auxiliar, sus respectivos significados y da ejemplos del uso correcto de los mismos.

**TABLA 1. Colores de seguridad y significado**

COLOR	SIGNIFICADO	EJEMPLOS DE USO
	Alto Prohibición	Señal de parada Signos de prohibición  Este color se usa también para prevenir fuego y para marcar equipo contra incendio y su localización.
	Atención  Cuidado, peligro	Indicación de peligros (fuego, explosión, envenenamiento, etc.) Advertencia de obstáculos.
	Seguridad	Rutas de escape, salidas de emergencia, estación de primeros auxilios.
	Acción obligada *)  Información	Obligación de usar equipos de seguridad personal. Localización de teléfono.
*) El color azul se considera color de seguridad sólo cuando se utiliza en conjunto con un círculo.		

### 5.2 Colores de contraste

5.2.1 Si se requiere un color de contraste, éste debe ser blanco o negro, según se indica en la Tabla 2.

**TABLA 2. Colores de contraste**

Color de seguridad	Color de contraste
rojo	blanco
amarillo	negro
verde	blanco
azul	blanco

5.2.2 El color de contraste para negro es blanco y viceversa.



### 5.3 Señales de seguridad

**5.3.1** La Tabla 3 establece las formas geométricas y sus significados para las señales de seguridad. Aplicaciones ver en el Anexo B.

### 5.4 Señales auxiliares

**5.4.1** Las señales auxiliares deben ser rectangulares. El color de fondo será blanco con texto en color negro. En forma alternativa, se puede usar como color de fondo, el color de seguridad de la señal principal, con texto en color de contraste correspondiente.

**5.4.2** Los tamaños de las señales auxiliares deben estar de acuerdo a los tamaños para rótulos rectangulares, cuyas dimensiones se establecen en la Norma INEN 878. Ejemplos de textos se detallan en el anexo C.

**5.4.3** Los textos deberán escribirse en idioma español.

### 5.5 Diseño de los símbolos

**5.5.1** El diseño de los símbolos debe ser tan simple como sea posible y deben omitirse detalles no esenciales para la comprensión del mensaje de seguridad. El Anexo D presenta los símbolos normalizados internacionalmente, los cuales deberán aplicarse sin modificación alguna en la señal de seguridad respectiva.

### 5.6 Distancia de observación

**5.6.1** La relación entre la distancia ( $l$ ) desde la cual la señal puede ser identificada y el área mínima ( $A$ ) de la señal, está dada por:

$$A \frac{l^2}{2000}$$

La fórmula se aplica a distancias menores a 50 m .





**TABLA 3. Señales de seguridad**

Señales y significado	Descripción
	<p>Fondo blanco círculo y barra inclinada rojos. El símbolo de seguridad será negro, colocado en el centro de la señal, pero no debe superponerse a la barra inclinada roja. La banda de color blanco periférica es opcional. Se recomienda que el color rojo cubra por lo menos el 35% del área de la señal. Aplicaciones ver en Anexo B.</p>
	<p>Fondo azul. El símbolo de seguridad o el texto serán blancos y colocados en el centro de la señal, la franja blanca periférica es opcional. El color azul debe cubrir por lo menos el 50% del área de la señal. Los símbolos usados en las señales de obligación presentados en el Anexo B establecen tipos generales de protección. En caso de necesidad, debe indicarse el nivel de protección requerido, mediante palabras y números en una señal auxiliar usada conjuntamente con la señal de seguridad.</p>
	<p>Fondo amarillo. Franja triangular negra. El símbolo de seguridad será negro y estará colocado en el centro de la señal, la franja periférica amarilla es opcional. El color amarillo debe cubrir por lo menos el 50% del área de la señal.</p>
	<p>Fondo verde. Símbolo o texto de seguridad en blanco y colocada en el centro de la señal. La forma de la señal debe ser un cuadrado o rectángulo de tamaño adecuado para alojar el símbolo y/o texto de seguridad. El fondo verde debe cubrir por lo menos un 50% del área de la señal. La franja blanca periférica es opcional</p>

*(Continúa)*

1982-165

-4-

## ANEXO A

### PROPIEDADES COLORIMÉTRICAS Y FOTOMÉTRICAS DE LOS COLORES DE SEGURIDAD

#### A.1 Definiciones

**A.1.1 Límite del color.** Línea (recta) en el diagrama de cromaticidad CIE (ver nota 1), que separa el área de los colores permitidos de los que se excluyen (ver figura 1).

**A.1.2 Factor de luminancia.** (En un punto de la superficie de un cuerpo no radiante, en determinada dirección y bajo condiciones específicas de iluminación), es la relación de la luminancia del material a aquella de un reflectante difuso perfecto, idénticamente iluminado.

**A.1.3 Coeficiente de intensidad luminosa.** Cociente de la intensidad luminosa reflejada en la dirección concerniente y la luminancia del material retroreflectivo, para ángulos dados de entrada y de observación (unidades,  $\text{cd} \cdot \text{l}^{-1}$ ).

**A.1.4 Coeficiente específico de intensidad luminosa.** Coeficiente entre la intensidad luminosa en la dirección concerniente, el área de la superficie y la luminancia del material retroreflectivo, para ángulos dados de entrada y de observación (unidades,  $\text{cd} \cdot \text{l}^{-1} \cdot \text{m}^{-2}$ ).

#### A.2 Condiciones

**A.2.1** Las mediciones deben efectuarse como se especifica en la publicación CIE Nr. (E . 13.1) - 1971, hasta que se expida la Norma INEN correspondiente. Para mediciones colorimétricas y para la determinación del factor de luminancia bajo reflexión difusa, el material se considera iluminado por luz diurna, como el representado por el iluminante normalizado  $D_{65}$  (ver CIE 45.15.145) a un ángulo de  $45^\circ$  con la perpendicular a la superficie; la observación se hace en dirección de la normal (geometría  $45^\circ/0^\circ$ ).

**A.2.2** Los requisitos físicos que deben cumplir las señales de seguridad se relacionan primordialmente a colores diurnos y al factor de luminancia ( $\beta$ ) bajo reflexión difusa.

**A.2.3** Los coeficientes específicos de intensidad luminosa de los materiales retroreflectivos deben medirse de acuerdo a las recomendaciones CIE, usando iluminante normalizado A, bajo condiciones en las cuales los ángulos de entrada y de observación estén en el mismo plano.

#### A.3 Requisitos

**A.3.1** La Tabla 4 contiene las coordenadas x, y de los puntos que determinan las áreas de color permitidas, como se muestra en la figura 1, así como los factores de luminancia requeridos, ya sea para los materiales no - reflectivos o para los retroreflectivos bajo reflexión difusa.

**A.3.2** La Tabla 5 contiene los requisitos relevantes para los materiales fluorescentes.

**A.3.3** La Tabla 6 contiene los coeficientes específicos mínimos de intensidad luminosa para materiales retroreflectivos.

**A.3.4** Si en la práctica los valores fotométricos de los materiales retroreflectivos están bajo el 50% del mínimo requerido, o si las coordenadas cromáticas caen fuera de los límites de la Tabla 4, los materiales no se considerarán aceptables para usos de seguridad.

**A.3.5** Si en la práctica el factor de luminancia de los materiales fluorescentes está bajo el 50% del mínimo requerido para materiales nuevos, según la Tabla 5, o si las coordenadas cromáticas caen fuera de los límites de la Tabla 5, los materiales usados se consideran que han dejado de ser aptos para usos de seguridad.

NOTA 1. CIE = Comisión Internationale de l' éclairage. París. (Continúa)



**TABLA 4. Coordenadas cromáticas de los colores de seguridad**

COLOR	Coordenadas cromáticas de los puntos que determinan las áreas color. Iluminante normalizado D <sub>65</sub>					factor de luminancia $\beta_{\beta\beta}$	
		1	2	3	4	material no retroreflectivo	material retroreflectivo
ROJO	x y	0,690 0,310	0,595 0,315	0,571 0,339	0,658 0,342	≥ 0,07	≥ 0,05
AMARILLO	x y	0,531 0,468	0,477 0,433	0,427 0,583	0,465 0,534	≥ 0,45	≥ 0,27
VERDE	x y	0,230 0,754	0,291 0,438	0,248 0,409	0,007 0,703	≥ 0,12	-
VERDE RETROFLECTIV	x y	0,007 0,703	0,248 0,409	0,177 0,362	0,026 0,399	-	≥ 0,04
AZUL	x y	0,078 0,171	0,198 0,252	0,240 0,210	0,137 0,038	≥ 0,05	≥ 0,01
BLANCO	x y	0,350 0,360	0,300 0,310	0,290 0,320	0,340 0,370	≥ 0,75	-
BLANCO RETROFLECTIV	x y	0,355 0,355	0,305 0,305	0,285 0,325	0,335 0,375	-	≥ 0,35
NEGRO	x y	0,385 0,355	0,300 0,270	0,260 0,310	0,345 0,395	≥ 0,03	-

**TABLA 5. Coordenadas cromáticas para colores fluorescentes**

COLOR		Coordenadas cromáticas de las las áreas que determinan las áreas de color permitidas. Iluminante normalizado					factor de luminancia $\beta_{\beta\beta}$
			1	2	3	4	
ROJO FLUORESCENTE	Nuevo	x y	0,690 0,310	0,664 0,341	0,634 0,341	0,658 0,342	≥ 0,25
	Antiguo	x y	0,690 0,310	0,595 0,315	0,571 0,339	0,658 0,342	≥ 0,13
ANARANJADO FLUORESCENTE	Nuevo	x y	0,658 0,342	0,634 0,341	0,600 0,375	0,622 0,378	0,40
	Antiguo	x y	0,658 0,342	0,571 0,339	0,544 0,366	0,622 0,378	0,22

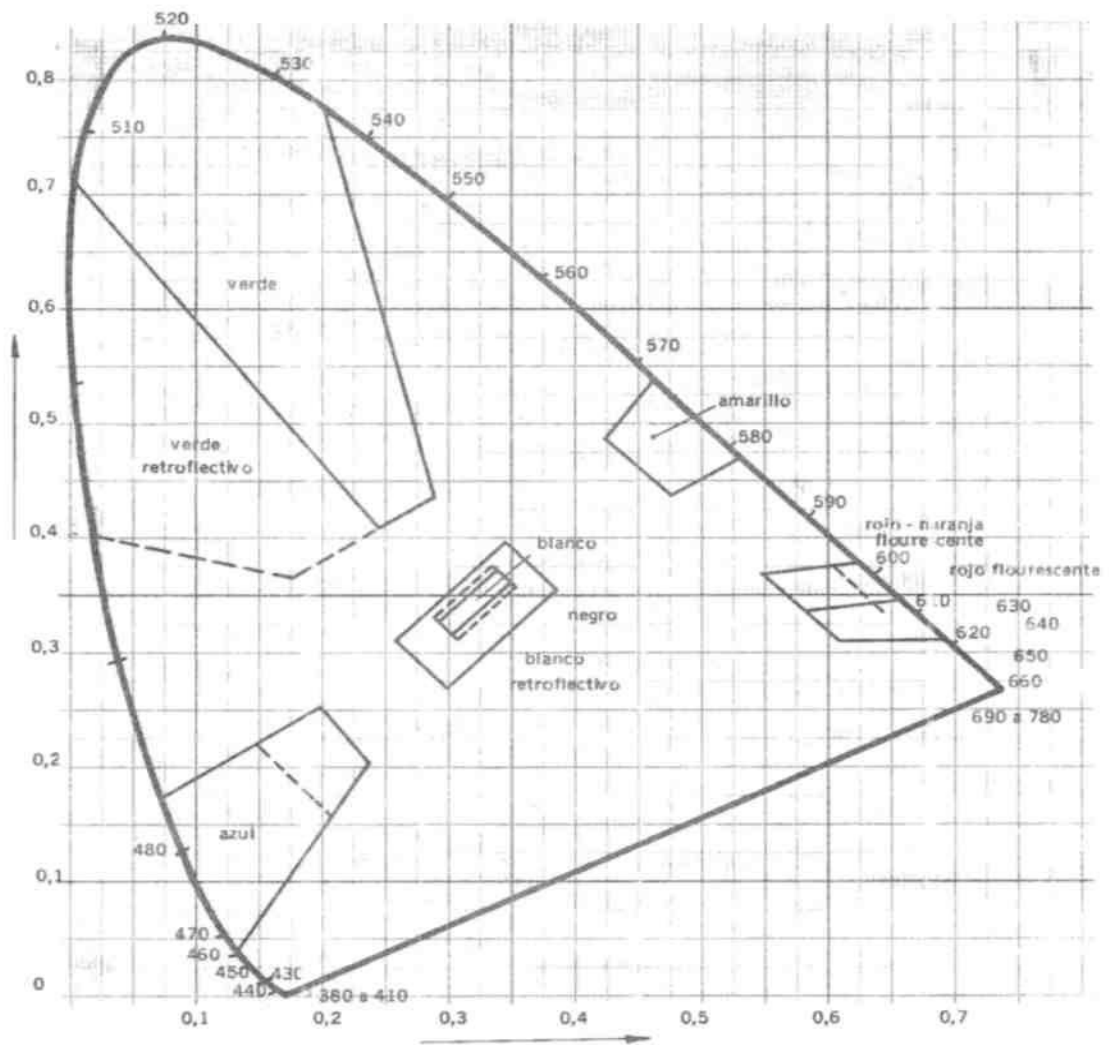


**TABLA 6. Coeficientes específicos mínimos de intensidad luminosa para materiales retroreflectivos**

Ángulo de observación $\theta_{02}$	ángulo de entrada $e$	coeficientes específicos mínimos de intensidad luminosa (cd. $1x^{-1}.m^{-2}$ ) Iluminante normalizado A				
		blanco	amarillo	rojo	verde	azul
1/3°	5°	50	35	10	7	3
	30°	24	16	4	3	1
	40°	9	5	1,8	1,2	0,4
2°	5°	5	4	1	1	0,6
	30°	2,5	2	0,5	0,4	0,1
	40°	1,5	1	0,3	0,2	0,06

NOTA. El factor de luminancia correspondiente a una superficie de luminancia uniforme puede determinarse aproximadamente multiplicando los valores de la tabla por el factor:

$$\frac{\pi}{\cos e^2}$$











## ANEXO B

## B.1 EJEMPLOS DE SEÑALES DE SEGURIDAD



No.	Señal de seguridad	Significado
1.1		Prohibido fumar
1.2		Prohibido fuego, llama abierta y prohibido fumar
1.3		Prohibido el paso a peatones
1.4		Prohibido usar agua como extinguidor de fuego

(Continúa)



## B.1 EJEMPLOS DE SEÑALES DE SEGURIDAD





*(Continuación)*

No.	Señal de seguridad	Significado
1.5	 A circular sign with a red border and a red diagonal slash. Inside the circle, there is a black silhouette of a water tap and a black mug with a handle.	Prohibido beber; agua no potable
1.6	 A circular sign with a red border and a red diagonal slash. Inside the circle, there is a black silhouette of a car from a front-facing perspective.	Prohibido el paso de automotores

*(Continúa)*

**B.1 EJEMPLOS DE SEÑALES DE SEGURIDAD**

*(Continuación)*





No.	Señal de seguridad	Significado
2.1		Atención. Peligro, Tener cuidado
2.2		Cuidado, peligro de fuego
2.3		Cuidado, peligro de explosión
2.4		Cuidado, peligro de agentes corrosivos

*(Continúa)*



## B.1 EJEMPLOS DE SEÑALES DE SEGURIDAD

*(Continuación)*





No.	Señal de seguridad	Significado
2.5		Cuidado, peligro de intoxicación. Veneno
2.6		Cuidado, peligro de radiación ionizante (ver también Anexo B.2.1)
2.7		Cuidado, peligro de shock eléctrico. Tensión (voltaje) peligroso
2.8		Cuidado, peligro de rayos láser

*(Continúa)*



**B.1 EJEMPLOS DE SEÑALES DE SEGURIDAD**

*(Continuación)*


No.	Señal de seguridad	Significado
2.9		<p>Cuidado. Peligro de contaminación biológica. (ver también el Anexo B.2.2)</p>
2.10		<p>Cuidado. Peligro radiaciones no ionizantes (ver también el Anexo B.2.3)</p>
2.11		<p>Cuidado. Agente oxidante</p>
2.12		<p>Cuidado. Temperatura peligrosa</p>

*(Continúa)*





**B.1 EJEMPLOS DE SEÑALES DE SEGURIDAD***(Continuación)*



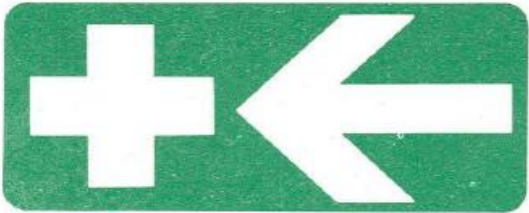


No.	Señal de seguridad	Significado
2.13		Cuidado. Ruido excesivo, peligro

*(Continúa)*



**B.1 EJEMPLOS DE SEÑALES DE SEGURIDAD**





*(Continuación)*

No.	Señal de seguridad	Significado
3.1		Primeros auxilios
3.2		Indicación general de dirección a ...
3.3		Indicación de dirección a estación de primeros auxilios
3.4		Teléfono. Localización
3.5		Timbre. Localización

*(Continúa)*

## B.1 EJEMPLOS DE SE SEÑALES DE SEGURIDAD

(Continuación)



No.	Señal de seguridad	Significado
4.1		Obligación de usar protección visual
4.2		Obligación de usar protección respiratoria
4.3		Obligación de usar protección para la cabeza
4.4		Obligación de usar protección para los oídos

(Continúa)




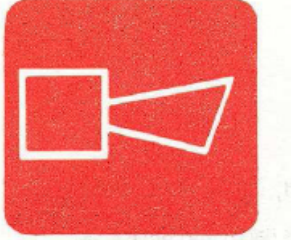
## B.1 EJEMPLOS DE SEÑALES DE SEGURIDAD

*(Continuación)*

No.	Señal de seguridad	Significado
4.5		Obligación de usar protección para las manos
4.6		Obligación de usar protección para los pies

*(Continúa)*

**B.1 EJEMPLOS DE SEÑALES DE SEGURIDAD***(Continuación)*

No.	Señal de seguridad	Significado
5.1		Extintor
5.2		Alarma. Sirena de incendios

*(Continúa)*



## **B.2 Especificaciones adicionales**

### **B.2.1 Símbolo básico de radiación ionizante**

**B.2.1.1** El símbolo internacional para señalar las radiaciones ionizantes ha sido establecido como un trébol, cuyas medidas en función del radio (R) aparecen en la figura 2.

**B.2.1.2** *Uso del símbolo.* El símbolo de radiación ionizante debe usarse para significar:

- a) presencia de radiación ionizante inmediata,
- b) presencia potencial de radiación ionizante,
  
- c) identificación de objetos, materiales, aparatos o combinación de materiales que emiten radiación ionizante.

Las radiaciones ionizantes contra las cuales advierte el símbolo son:

- a) rayos X,
- b) rayos  $\gamma$  (gama),
  
- c) partículas  $\alpha$  (alfa),
- d) partículas  $\beta$  (beta),
- e) electrones de alta velocidad,
- f) neutrones, protones y otras partículas nucleares.

El símbolo no incluye en su advertencia las radiaciones siguientes:

- a) ondas sonoras (ruído) o de radio,
- b) luz visible,
- c) radiación infrarroja,
- d) radiación ultravioleta.

El símbolo por sí solo, y tampoco esta norma, en ninguna de sus partes, establece a qué nivel de radiación debe utilizarse el símbolo de radiación ionizante. Los niveles mínimos de radiación deben determinarse en cada caso particular.

**B.2.1.3** *Restricción al uso del símbolo.* El símbolo debe usarse sólo en presencia de radiaciones ionizantes o cuando éstas existen potencialmente. Textos o símbolos adicionales no deben interferir en ningún caso, con el símbolo básico. Los textos podrán indicar:

- a) naturaleza de la fuente de radiación,
- b) tipo de radiación,
- c) límites de áreas de acercamiento,
- d) informaciones adicionales preventivas.

### **B.2.2 Símbolo básico de peligro biológico**

**B.2.2.1** El símbolo para prevenir contra peligros de naturaleza biológica se establece en la figura 3, y las dimensiones se establecen como funciones de la unidad básica (A). La tabla adjunta a la figura 3 indica la proporción de cada dimensión respecto a la unidad básica (A).

(Continúa)



**B.2.2.2** *Uso del símbolo.* El símbolo básico de peligro biológico deberá usarse para significar:

- a) presencia de peligro biológico,
- b) peligro biológico potencial,
- c) identificación de equipo, recipientes, habitaciones, materiales, animales experimentales, cultivos biológicos, o combinación de ellos, los cuales contienen o son contenidos por agentes que representan peligro biológico.

El símbolo por sí solo, y tampoco esta norma, en ninguna de sus partes, establece a qué nivel debe considerarse un peligro biológico actual o potencial para ser advertido por el símbolo. Los grados de peligro biológico deben establecerse en cada caso particular.

**B.2.2.3** *Restricciones al uso del símbolo.* El símbolo debe usarse limitando su significado a peligros biológicos actuales o potenciales nocivos para el hombre, los animales, o el medio ambiente en general. Textos o símbolos adicionales deben usarse sin interferir en ningún caso con el símbolo básico. Los textos podrán indicar:

- a) naturaleza del peligro,
- b) nombre del responsable por el control del peligro advertido,
- c) informaciones adicionales preventivas.

**B.2.3** *Símbolo básico de radiación no - ionizante*

**B.2.3.1** El símbolo básico para señalar las radiaciones no - ionizantes se establece en la figura 4, cuyas dimensiones se establecen como funciones de la unidad básica (b).

**B.2.3.2** *Uso del símbolo.* El símbolo de radiación no - ionizante debe usarse para significar:

- a) presencia de radiación no - ionizante,
- b) presencia potencial de radiaciones no ionizantes,
- c) identificación de objetos, aparatos, u equipos que emiten radiaciones no - ionizantes.

Las radiaciones no - ionizantes contra las cuales advierte el símbolo son:

- a) energía emitida en forma de ondas electromagnéticas, de longitud de onda media o larga, incluyendo luz *blanca,* infrarroja, y transmisiones de radio con longitudes de onda mayores a 10 m (frecuencias de 30 MHz y superiores),
- b) microondas,
- c) antenas de transmisión,
- d) radiofrecuencia de uso industrial, p. e. para calentamiento,
- e) emisiones de radio de alta potencia.

El símbolo no incluye en su advertencia las radiaciones siguientes:

- a) láseres,
- b) radiación ultravioleta,
- c) ruido.

El símbolo por sí solo, y tampoco esta norma, en ninguna de sus partes, establece a qué nivel de radiación debe utilizarse el símbolo de radiación no - ionizante. Los niveles mínimos de radiación deben determinarse en cada caso particular.

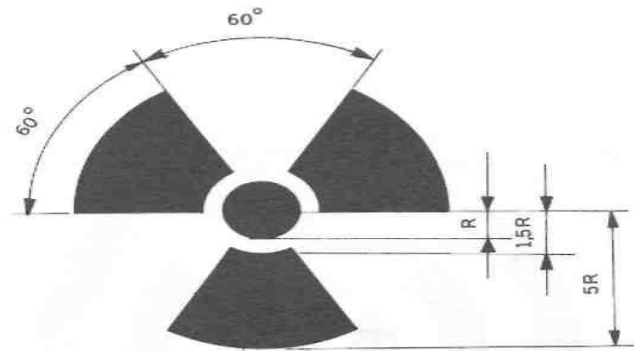


**B.2.3.3** *Restricciones al uso del símbolo.* El símbolo debe usarse sólo en presencia de radiaciones no ionizantes, o cuando éstas existen potencialmente. Textos o símbolos adicionales no deben interferir en ningún caso con el símbolo básico. Los textos podrán indicar:

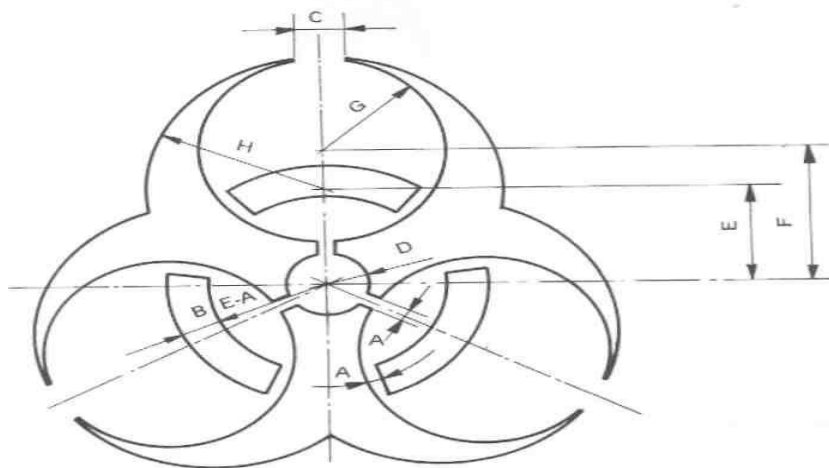
- a) naturaleza de la fuente de radiación,
- b) tipo de radiación,
- c) informaciones adicionales preventivas.







**FIGURA 2. Símbolo de radiación ionizante**



Dimensión	A	B	C	D	E	F	G	H
Unidades	1	3,5	4	3	11	15	10,5	15

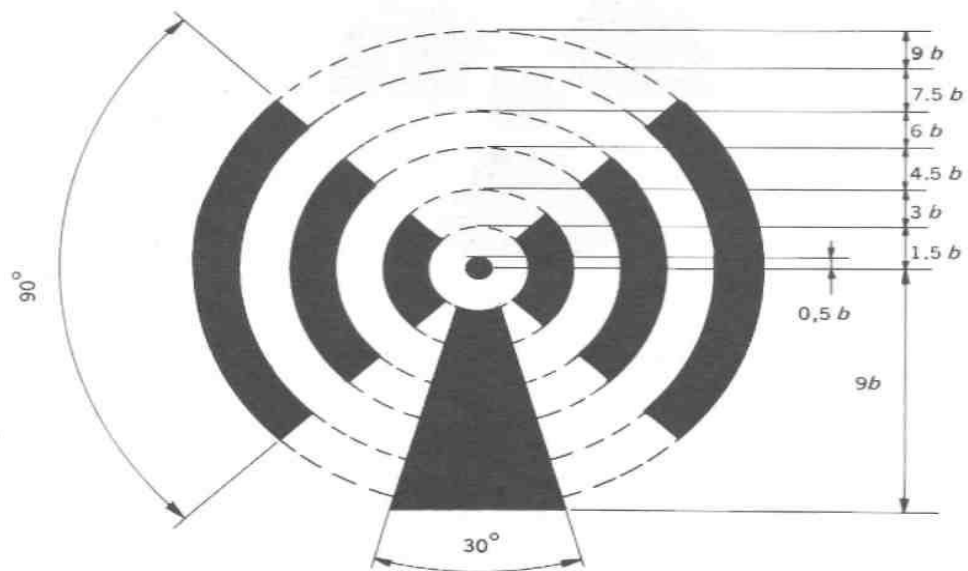
**FIGURA 3. Símbolo de peligro biológico**

*(Continúa)*









**FIGURA 4. Símbolo de radiación no - ionizante**

*(Continúa)*

**ANEXO C SEÑALES DE  
SEGURIDAD AUXILIARES**

**C.1 Ejemplos**



**C.2 Otros textos usuales**

Símbolo principal No.	Texto recomendado
1.1	Peligro. No fumar Prohibido fumar
1.2	No hacer fuego. Combustibles  No hacer fuego. Peligro de incendio forestal
1.3	No pase Prohibido el paso Paso solo a empleados

*(Continúa)*

1982-165

Símbolo principal No.	Texto recomendado
1.3	Prohibido el paso a particulares Prohibida la entrada Prohibido el paso a peatones Prohibido pisar el césped
1.4	En caso de incendio, no usar agua
1.5	No beber. Agua contaminada Prohibido beber agua Agua; no potable. No bebería
1.6	No hay paso para vehículos Prohibido el paso a automotores
2.1	Peligro. Techo bajo Peligro. Mantenga la puerta cerrada Peligro. No obstruya la salida Peligro. No use ropa suelta al operar esta máquina Peligro. Piso resbaloso Peligro. Paso de vehículos Peligro. Área restringida Peligro. Excavación profunda Atención. Área estéril; use ropa y botas esterilizadas
2.2	Peligro. Inflamable Peligro. Inflamable si se moja Peligro. Gasolina (o la identificación apropiada del combustible) Peligro. Gas inflamable
2.3	Peligro. Dinamita (o la identificación apropiada del explosivo) Peligro. TNT. No sacudir
2.4	Cuidado. Acido sulfúrico Cuidado. Base concentrada

(Continúa)



Símbolo principal No.	Texto recomendado
2.5	Peligro. Gas venenoso Peligro. Veneno Peligro. Cianuro diluido (o la identificación apropiada del veneno)
2.6	Peligro. Sala de Rayos X Peligro. Contenido radiactivo: <i>(especificar)</i> Actividad: <i>(especificar) curies</i> Distancia mínima: <i>(especificar) m</i>
2.7	Peligro. Alta tensión Peligro. Línea de transmisión de 13 000 V. Peligro. Desconecte la tensión antes de operaciones de Mantenimiento Peligro. Antes de reparar desconecte la tensión
2.8	Peligro. Rayos láser
2.9	Peligro. Riesgo de contaminación biológica Peligro. Cultivo de <i>(especificar)</i> Encargado: <i>(especificar nombre)</i> No abrir antes de <i>(fecha, hora)</i>
2.10	Peligro. Radiofrecuencia de alto poder Peligro. Antena de micro - onda
2.11	Cuidado. Peróxido orgánico (o la identificación apropiada del agente oxidante)
2.12	Peligro. Sala de alta refrigeración. - 50°C Cuidado. Piezas calientes a 500°C
2.13	Atención; Ruidos fuertes cada 10 minutos Cuidado. Sala de prueba de altavoces. Ruido fuerte
3.1	Estación de primeros auxilios
3.2	Salida de emergencia A estación de primeros auxilios <i>(especificar) metros</i>
-	Ducha de emergencia Lavabo de emergencia Atención médica de emergencia. Urgencias
4.1	Obligatorio usar gafas Obligatorio usar gafas oscuras. Hombres soldando Obligatorio usar gafas. Limalla de esmeril





<b>Símbolo principal No.</b>	<b>Texto recomendado</b>
4.2	Obligatorio usar mascarilla
4.3	Obligatorio usar casco Obligatorio usar casco. Obra en construcción
4.4	Obligatorio usar protección para los oídos. Ruido fuerte ( <i>especificar</i> ) decibeles
4.5	Obligatorio usar guantes. Materiales cortantes Obligatorio usar guantes. Sustancia agresiva
4.6	Obligatorio usar calzado de seguridad Obligatorio usar botas de caucho
5.1	Extintor  Extintor de incendios Extintor portátil Carro con extintores Extintor seco
5.2	Alarma de incendios  Sirena de incendios
-	Manguera de incendios
-	Hidrante
-	Escalera de emergencia para incendios  Arena. Usar sólo en caso de incendio  Extintor para sofocar aceite inflamado  Señal de la estación de bomberos



## ANEXO D

### SÍMBOLOS GRÁFICOS NORMALIZADOS

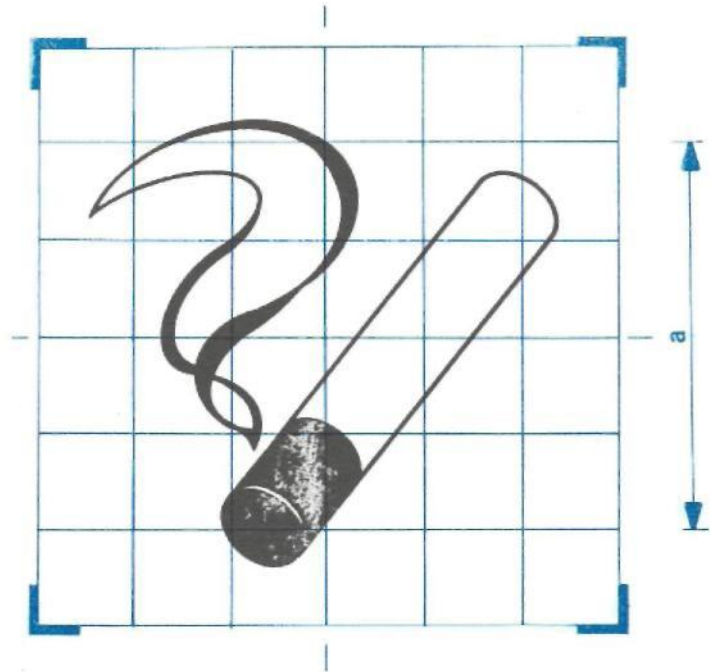
**D.1** A continuación se presentan individualmente los símbolos gráficos normalizados, utilizados en esta norma para símbolos de seguridad. Para el diseño de los mismos se ha procedido en conformidad con la norma ISO 3461. Graphic symbols. General principles for presentation, 1976.



**SÍMBOLO GRÁFICO: fumar**

**SIMBOLO ORIGINAL**  
(a = 50 mm)

Dimensiones reales:  
Altura = 1,2 a  
Ancho = 1,2 a



Aplicaciones: Sobre cualquier instalación. Significado: fumar.

Úsese especialmente en la señal de seguridad 1.1 para indicar prohibición de fumar.

Puede usarse el símbolo también para indicar áreas donde está permitido fumar.

(Continúa)



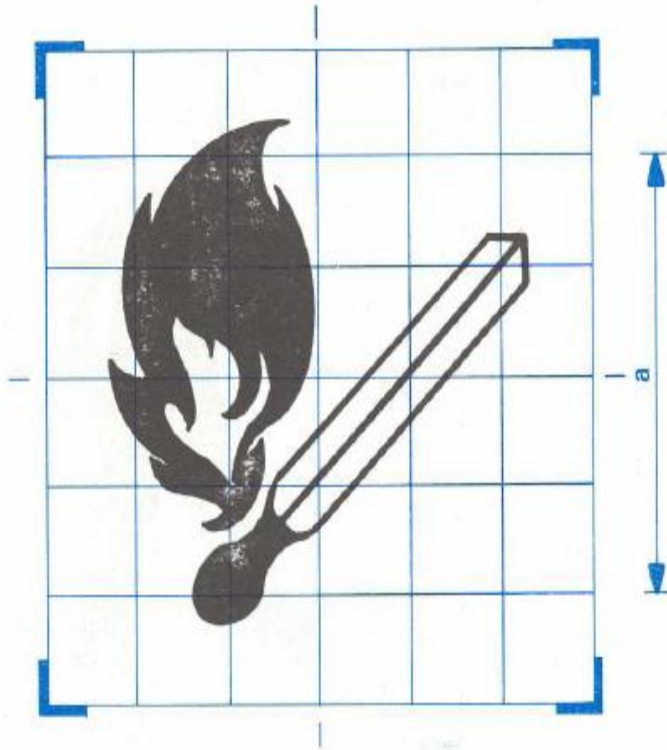
**SÍMBOLO GRÁFICO: Llama abierta****SÍMBOLO ORIGINAL**

( a = 50 mm)

**Dimensiones reales:**

altura = 1,2 a

ancho = 1,2 a



Aplicaciones: Sobre cualquier instalación o material. Significado: llama, fuego abierto.

Úsese especialmente la señal de seguridad 1.2 para indicar prohibición de hacer

fuego y llama abierta.

*(Continúa)*

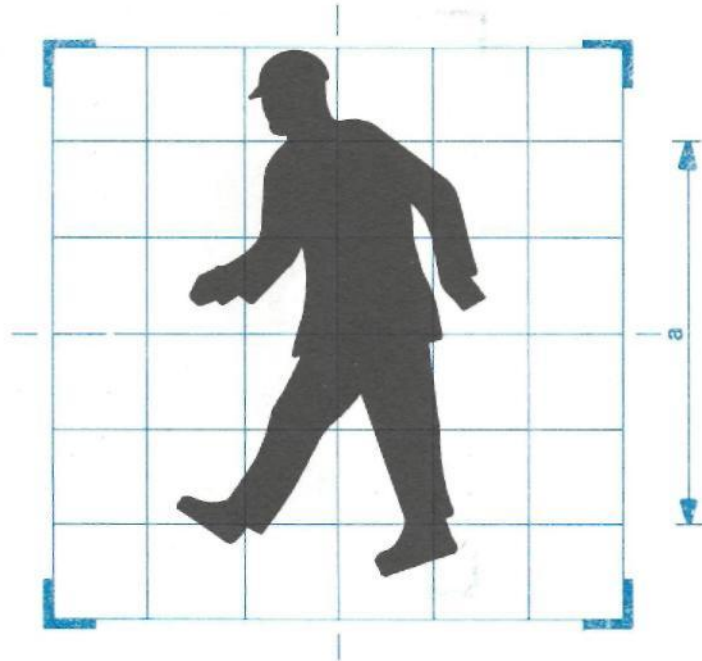




**SÍMBOLO GRÁFICO: peatón**

**SÍMBOLO ORIGINAL**  
(a = 50 mm)

Dimensiones reales :  
altura = 1,4 a  
ancho = 0,8 a



Aplicaciones: Sobre cualquier instalación o material. Significado: persona caminando, peatón.

Úsese el símbolo especialmente en la señal de seguridad 1.3, para indicar prohibición de paso para peatones.

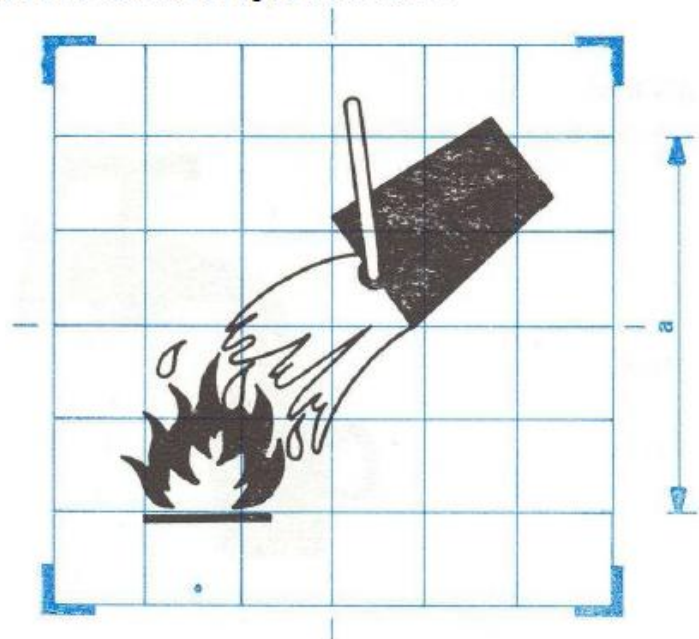
*(Continúa)*



**SÍMBOLO GRÁFICO: agua de incendio**

**SÍMBOLO ORIGINAL**  
(a = 50 mm)

Dimensiones reales:  
altura = 1,2 a  
ancho = 1,2 a



Aplicaciones: Sobre cualquier instalación o material. Significado: agua para sofocar incendios, o extinguir fuego.

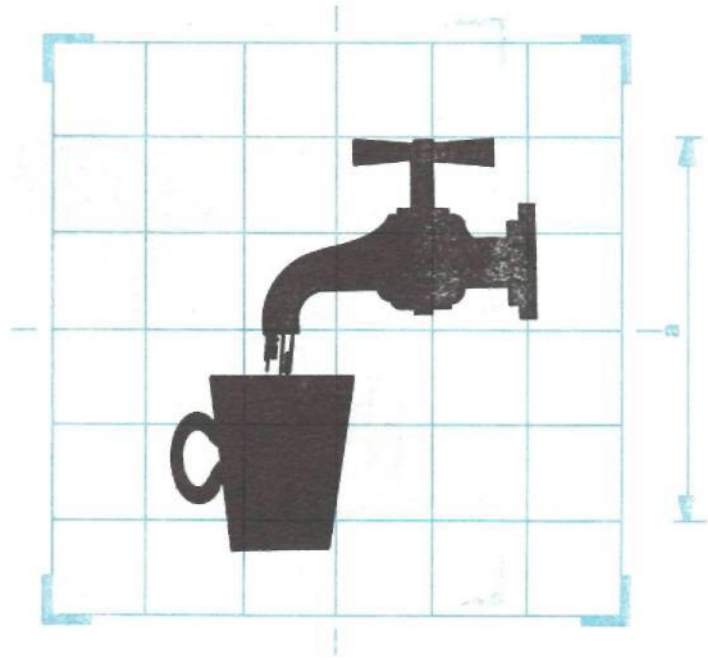
Úsese el símbolo especialmente en la señal de seguridad 1.4 para indicar prohibición de extinguir fuego con agua.



**SÍMBOLO GRÁFICO: agua potable**

**SIMBOLO ORIGINAL**  
(a = 50 mm)

Dimensiones reales:  
altura = 1,1 a  
ancho = 1,0 a



Aplicaciones:

cualquier instalación o material. Significado: agua potable, apta para consumo humano.  
Sobre  
mano.

Úsese especialmente en la señal de seguridad 1.5, que Indica prohibición de beber agua. Puede usarse también para señalar donde buscar agua potable.

(Continúa)



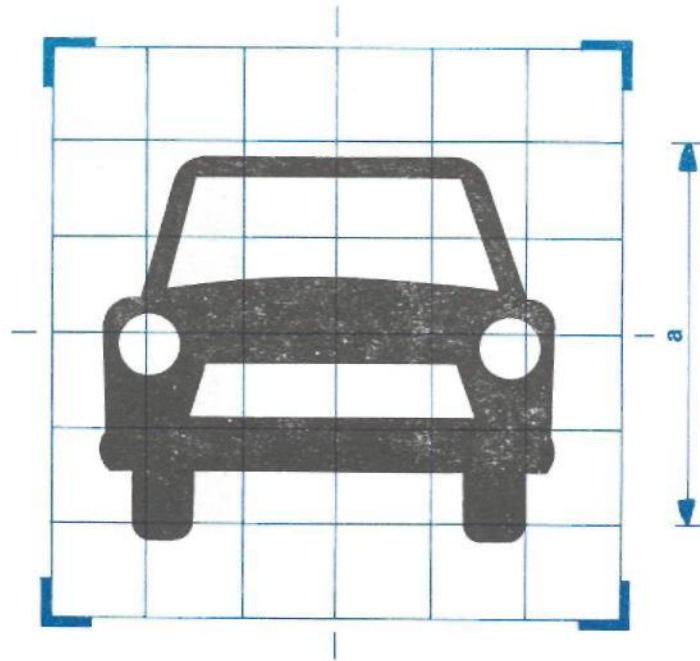
**SÍMBOLO GRÁFICO: vehículo automotor****SÍMBOLO ORIGINAL**

(a = 50 mm)

Dimensiones reales:

altura = 1,0 a

ancho = 1,2 a



Aplicaciones: Sobre cualquier tipo de material. Significado: vehículo motorizado de cualquier tipo.

Úsese especialmente en la señal de seguridad 1.6.

(Continúa)

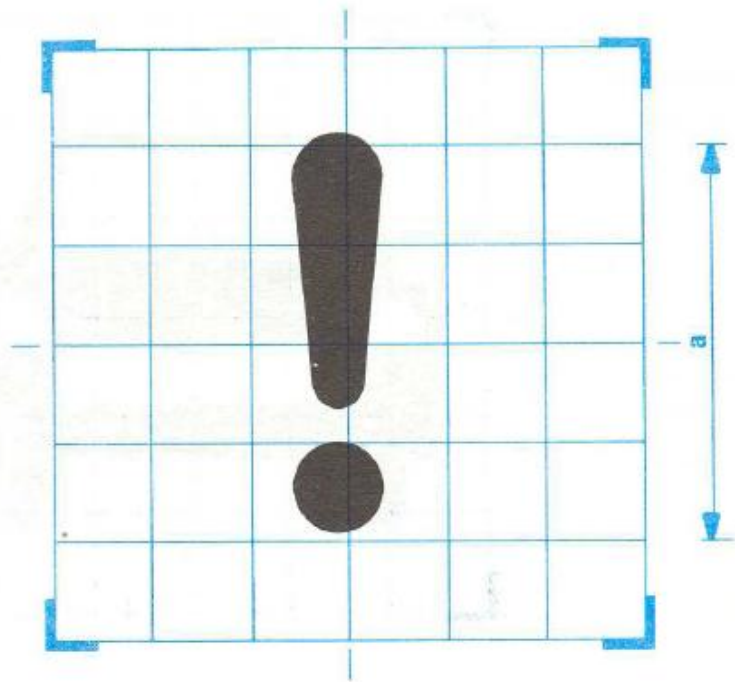




**SÍMBOLO GRÁFICO: atención!!**

**SIMBOLO ORIGINAL**  
(a = 50 mm)

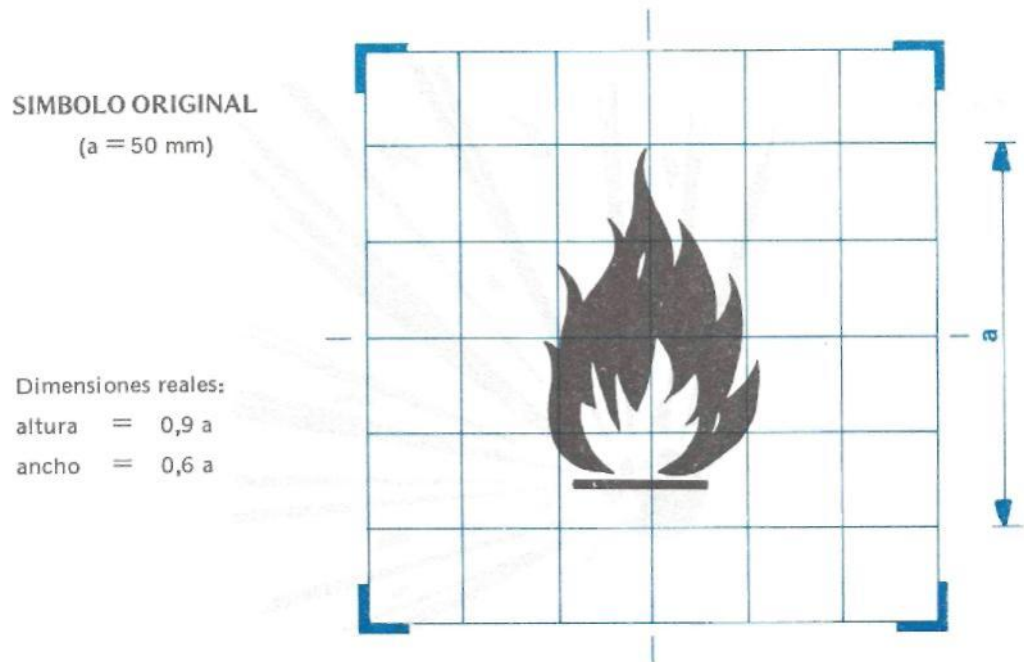
Dimensiones reales:  
altura = a  
ancho = 0,25 a



**Aplicaciones:** Sobre toda clase de instalación, equipo o material. Significado: atención!; cuidado!; peligro!. Símbolo de advertencia general, para denotar condiciones de riesgo o necesidad de prestar atención.

Úsese especialmente en el símbolo de seguridad 2.1.



**SÍMBOLO GRÁFICO: fuego**

Aplicaciones: Sobre cualquier instalación, equipo o material. Significado: fuego, incendio, inflamabilidad.

Úsese especialmente en la señal de seguridad 2.2.

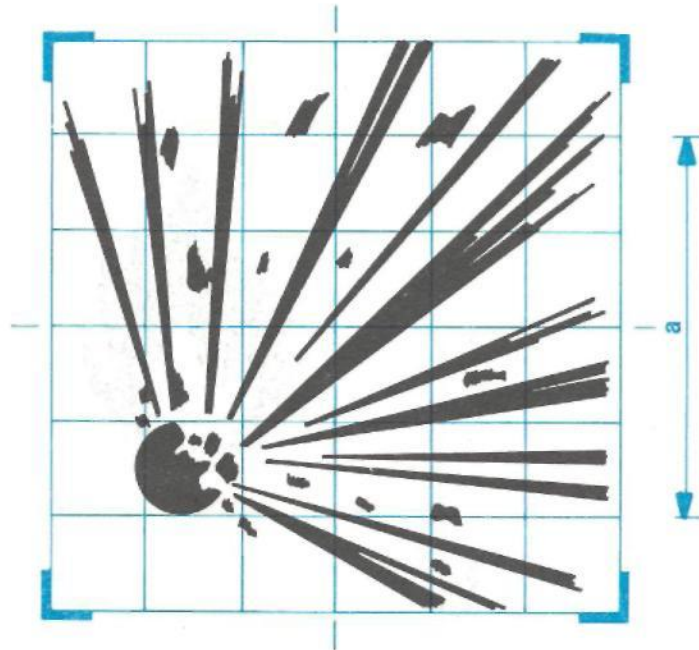
(Continúa)



**SÍMBOLO GRÁFICO: explosión**

SÍMBOLO ORIGINAL  
(a = 50 mm)

Dimensiones reales:  
altura = 1,5 a  
ancho = 1,5 a



Aplicaciones: Sobre cualquier instalación o material. Significado: explosión, estallido, detonación, expansión violenta.

Úsese especialmente en la señal de seguridad 2.3.

(Continúa)



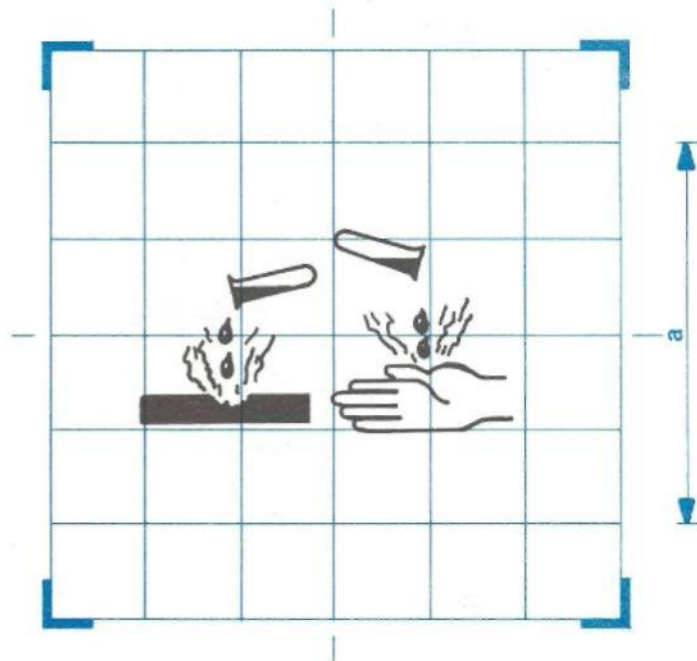
**SÍMBOLO GRÁFICO: agente corrosivo**

**SIMBOLO ORIGINAL**  
(a= 50 mm)

Dimensiones reales:

altura = 0,5 a

ancho = 1,0 a



Aplicaciones: Sobre cualquier material. Significado: presencia de ácidos o bases corrosivas.

Úsese especialmente en la señal de seguridad 2.4.

(Continúa)

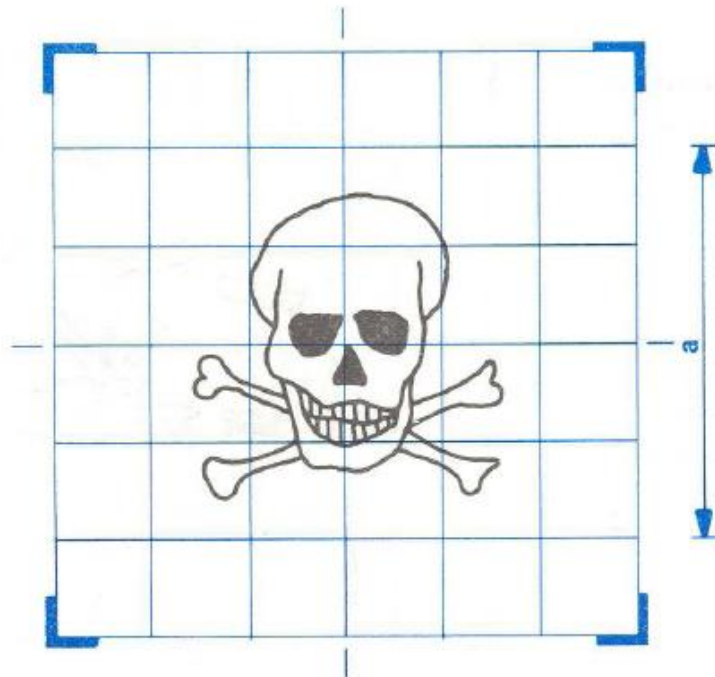




**SÍMBOLO GRÁFICO: calavera**

**SÍMBOLO ORIGINAL**  
(a = 50 mm)

Dimensiones reales:  
altura = 0,8 a  
ancho = 0,8 a



Aplicaciones: Sobre cualquier material. Significado: sustancia venenosa (gas líquido o sólido); sustancia tóxica.

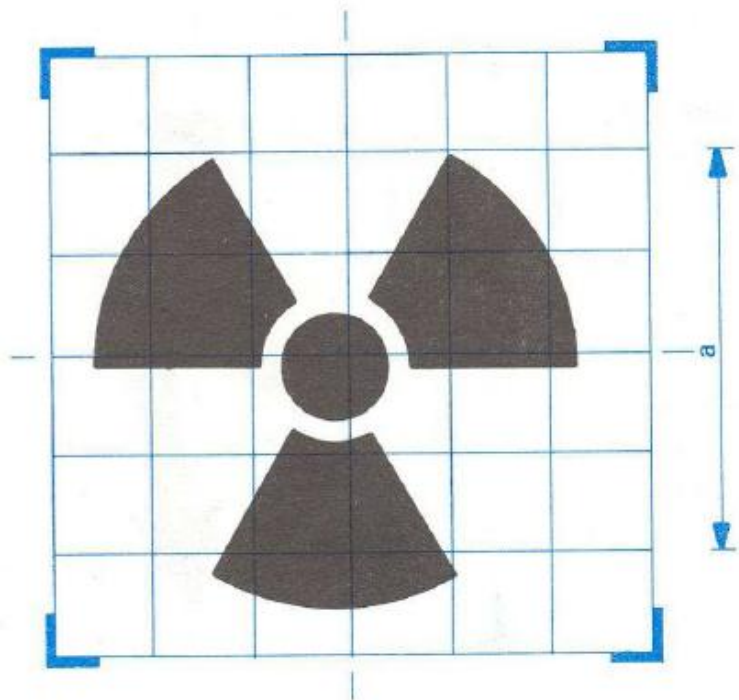
Úsese especialmente en la señal de seguridad 2.5.



**SÍMBOLO GRÁFICO: radiación ionizante**

**SÍMBOLO ORIGINAL**  
(a = 50 mm)

Dimensiones reales:



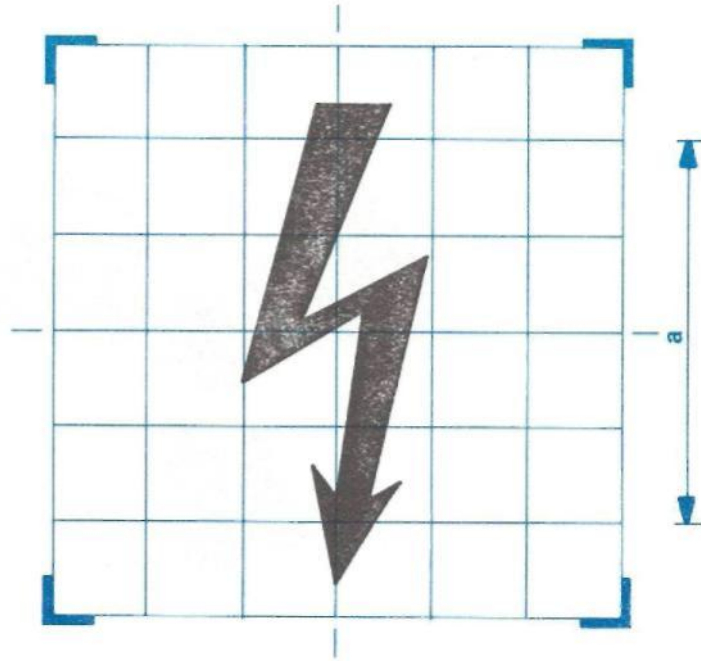
Aplicaciones: Sobre cualquier instalación, equipo o material. Significado: radiación ionizante.  
Úsese especialmente en la señal de seguridad 2.6.

*(Continúa)*

**SÍMBOLO GRÁFICO: tensión peligrosa**

**SÍMBOLO ORIGINAL**  
( a = 50 mm)

Dimensiones reales:  
altura = 1,26 a  
ancho = 0,50 a



Aplicaciones: Sobre todo equipo o material. Significado: peligro procedente de voltajes elevados.

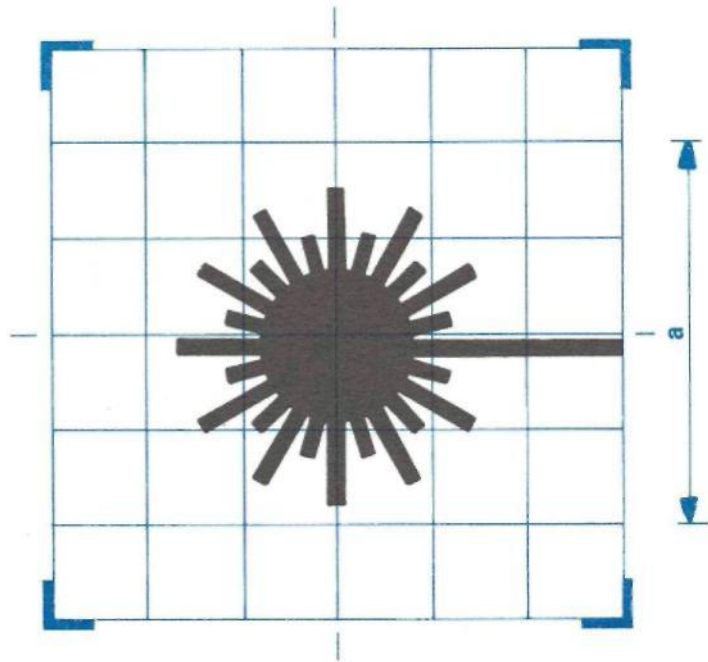
Úsese especialmente en la señal de seguridad 2.7.

(Continúa)

**SÍMBOLO GRÁFICO: láser**

**SÍMBOLO ORIGINAL**  
(a = 50 mm)

Dimensiones reales:  
altura = 0,8 a  
ancho = 1,2 a



Aplicaciones: Sobre cualquier equipo o instalación. Significado: presencia de rayos láser.

Úsese especialmente en la señal de seguridad 2.8.

(Continúa)

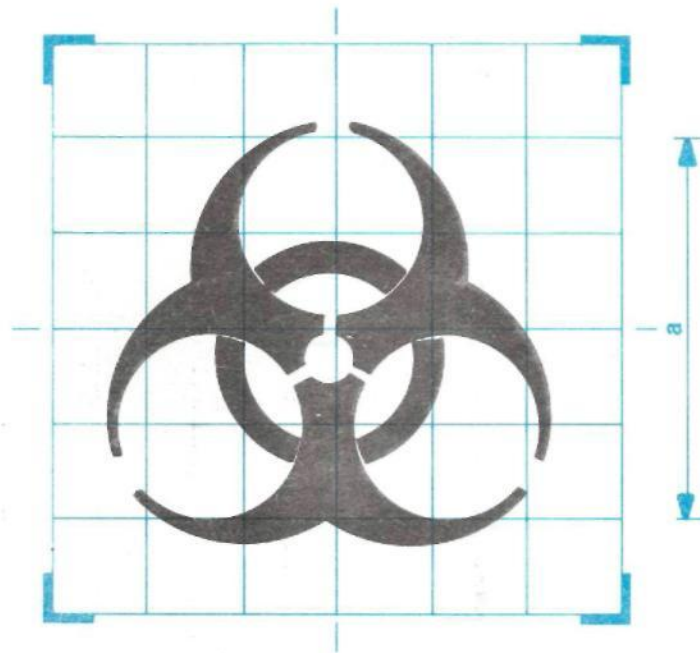
**SÍMBOLO GRÁFICO: peligro biológico****SÍMBOLO ORIGINAL**

(a = 50 mm)

Dimensiones reales:

altura = 1,2 a

ancho = 1,2 a



Aplicaciones: Sobre cualquier equipo o material. Significado: peligro procedente de materiales o equipos que representan riesgo de contaminación biológica.

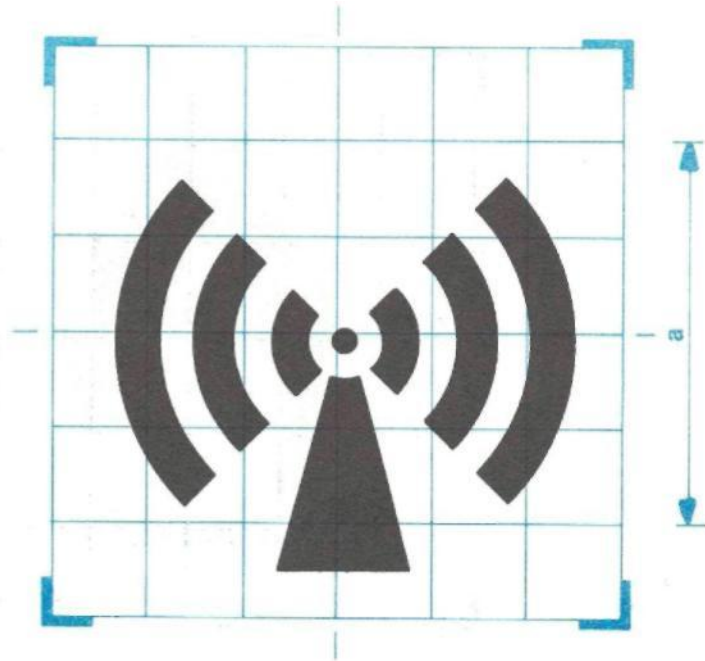
Úsese especialmente en la señal de seguridad 2.9.

*(Continúa)*

**SÍMBOLO GRÁFICO: peligro, radiación no ionizante**

**SÍMBOLO ORIGINAL**  
(a = 50 mm)

Dimensiones reales:  
altura = 1,05 a  
ancho = 1,2 a



Aplicaciones: Sobre cualquier equipo o material. Significado: peligro procedente de materiales o equipos que representan riesgo de radiación no ionizante.

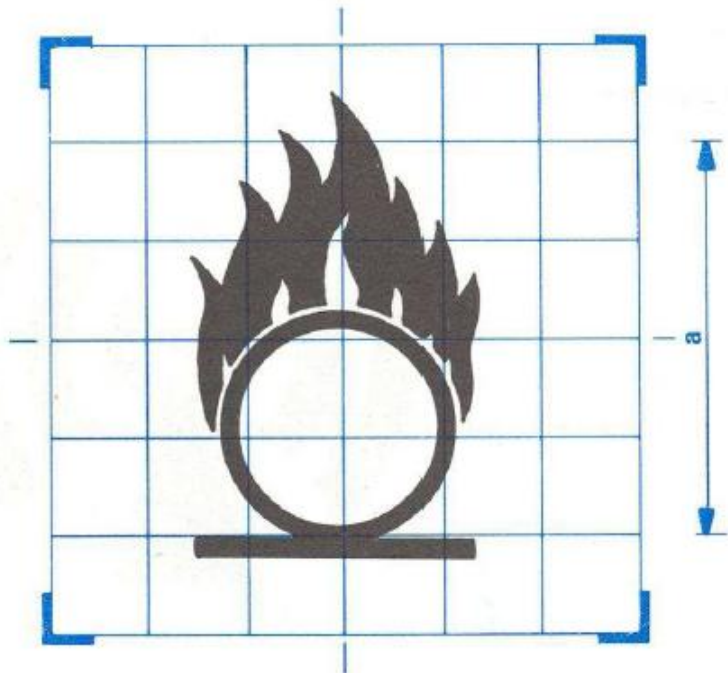
Úsese especialmente en la señal de seguridad 2.10.

*(Continúa)*

**SÍMBOLO GRÁFICO: agente oxidante**

**SÍMBOLO ORIGINAL**  
(a = 50 mm)

Dimensiones reales:  
altura = 1,2 a  
ancho = 0,7 a



Aplicaciones: Sobre cualquier material. Significado: peligro; presencia de agente oxidante.

Úsese especialmente en la señal de seguridad 2.11.

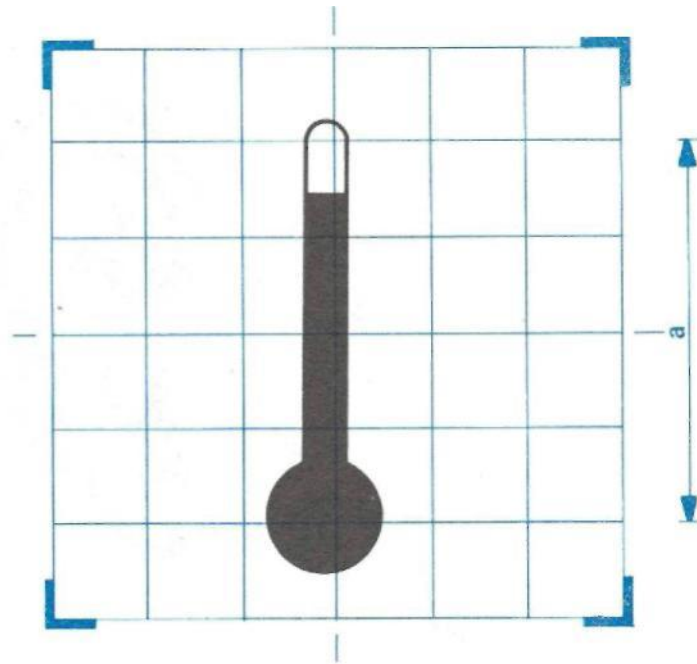
(Continúa)



**SÍMBOLO GRÁFICO: termómetro**

**SÍMBOLO ORIGINAL**  
(a = 50 mm)

Dimensiones reales:  
altura = 1,2 a  
ancho = 0,3 a



Aplicaciones: Sobre cualquier equipo o material. Significado: temperaturas poco usuales, muy frías o muy calientes, según la posición de la columna y la marca en grados centígrados.

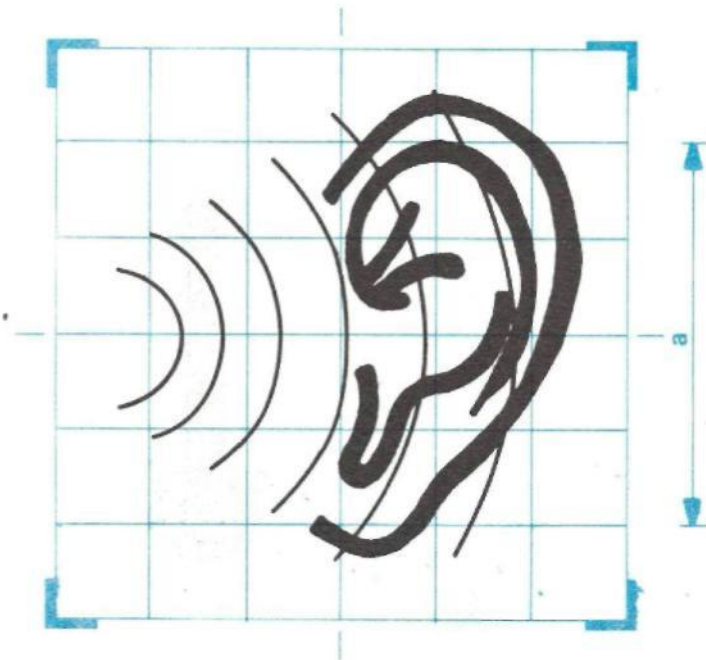
Úsese especialmente en la señal de seguridad 2.12.

*(Continúa)*

**SÍMBOLO GRÁFICO: oído exterior con ondas de presión**

**SÍMBOLO ORIGINAL**  
(a = 50 mm)

Dimensiones reales:  
altura = 1,25 a  
ancho = 1,25 a



Aplicaciones: Sobre cualquier equipo o material. Significado: presencia actual o potencial de ruidos u ondas sonoras de intensidad dañina al oído humano.

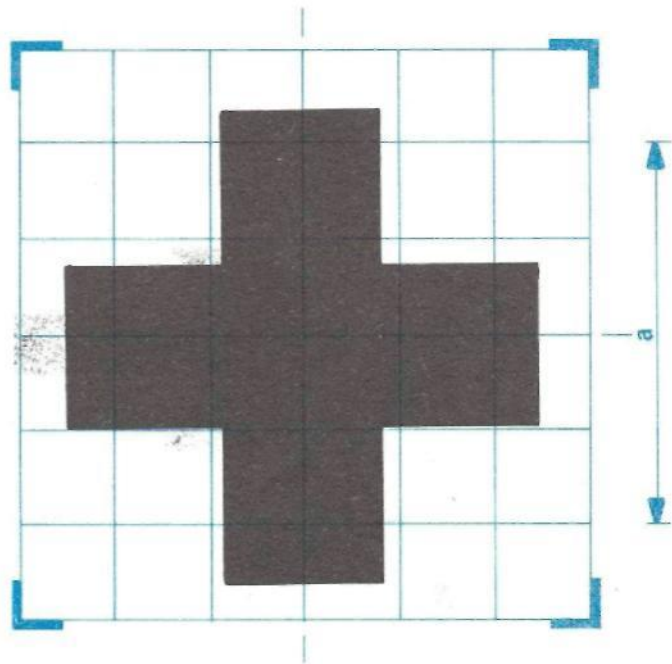
Úsese especialmente en la señal de seguridad 2.13.

*(Continúa)*

**SÍMBOLO GRÁFICO: cruz**

**SÍMBOLO ORIGINAL**  
(a = 50 mm)

Dimensiones reales:  
altura = 1,25 a  
ancho = 1,25 a



Aplicaciones: Sobre cualquier equipo o material. Significado: prestación de auxilio o ayuda médica.

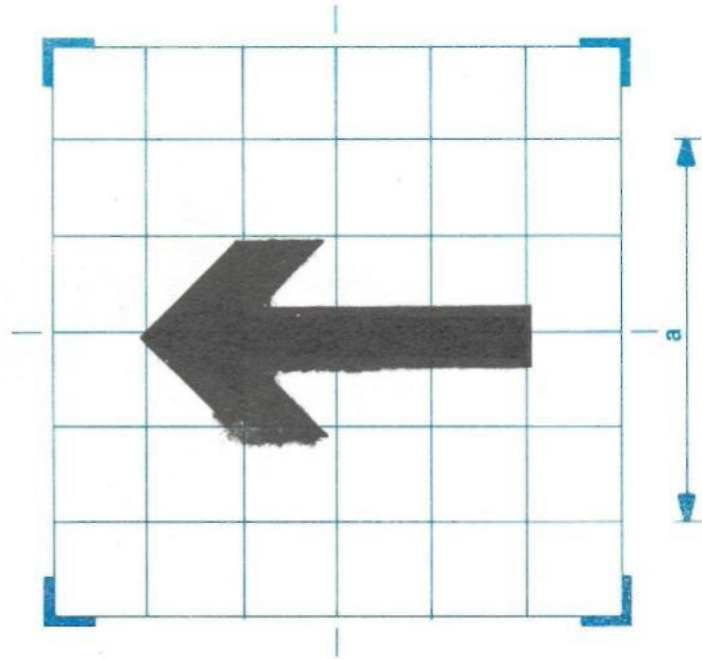
Úsese especialmente en la señal de seguridad 3.1 y en la señal 3.3.

*(Continúa)*

**SÍMBOLO GRÁFICO: flecha**

**SÍMBOLO ORIGINAL**  
(a = 50 mm)

Dimensiones reales:  
altura = 0,3 a  
ancho = a



Aplicaciones: Sobre cualquier equipo o material. Significado: indicación de dirección.

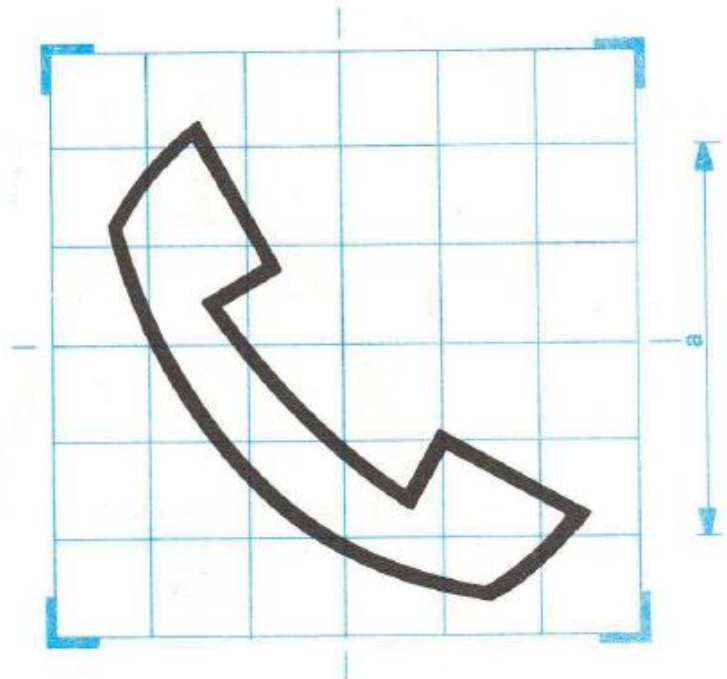
Úsese en la señal de seguridad 3.2 y en la señal 3.3.

*(Continúa)*

**SÍMBOLO GRÁFICO: teléfono**

**SÍMBOLO ORIGINAL**  
(a = 50 mm)

Dimensiones reales:  
altura = 1,25 a  
ancho = 1,25 a



Aplicaciones: Sobre cualquier equipo o material. Significado: cercanía a aparato telefónico.

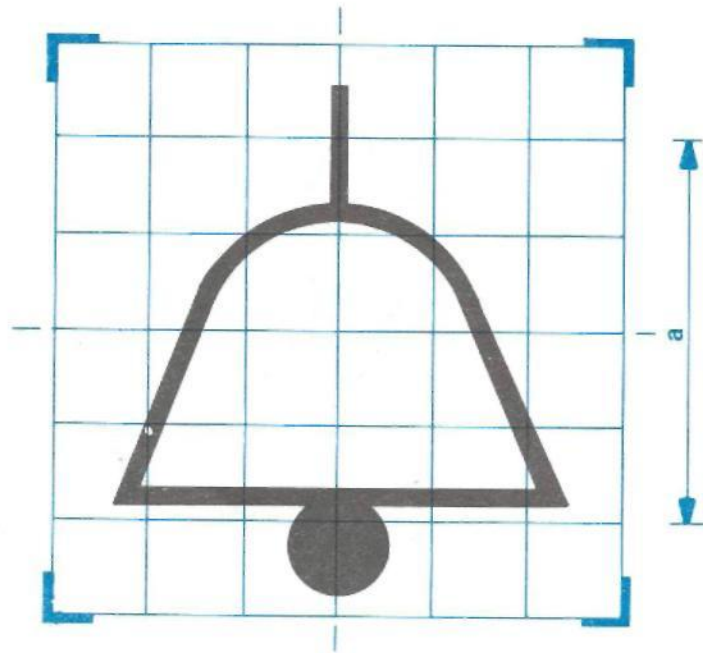
Úsese en la señal de seguridad 3.4.

(Continúa)

**SÍMBOLO GRÁFICO: campanilla**

**SÍMBOLO ORIGINAL**  
(a = 50 mm)

Dimensiones reales:  
altura = 1,25 a  
ancho = 1,2 a



Aplicaciones: Sobre interruptores que operan timbres, p.e. timbres de entrada, timbres de advertencia.

Úsese en la señal de seguridad 3.5.

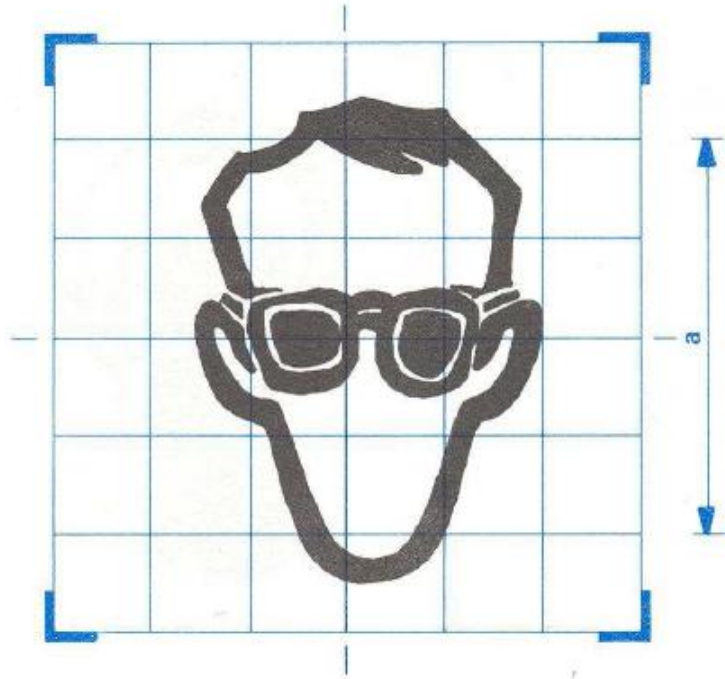
(Continúa)



**SÍMBOLO GRÁFICO: hombre con gafas**

**SÍMBOLO ORIGINAL**  
(a = 50 mm)

Dimensiones reales:  
altura = 1,25 a  
ancho = 0,9 a



Aplicaciones: Símbolo de seguridad para indicar obligación de usar gafas o protección de los ojos.

Úsese en la señal de seguridad 4.1.

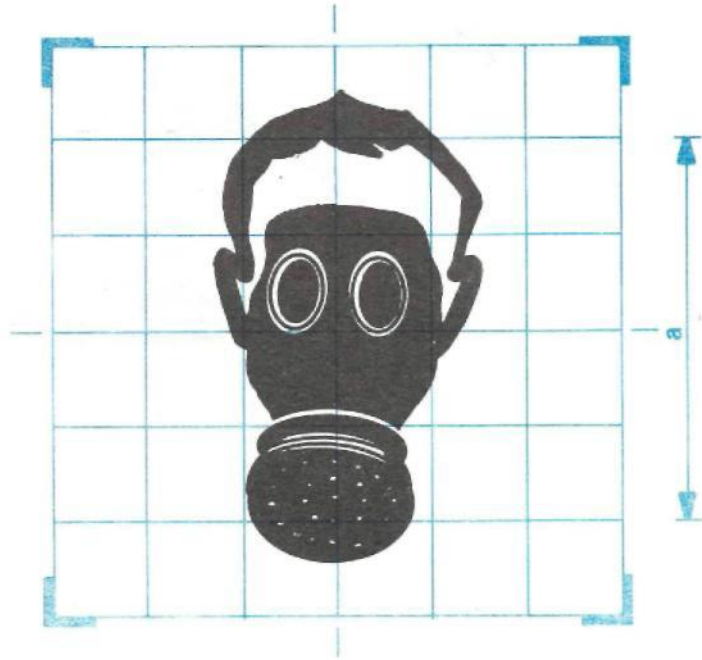
(Continúa)



**SÍMBOLO GRÁFICO: hombre con máscara respiratoria**

**SÍMBOLO ORIGINAL**  
(a = 50 mm)

Dimensiones reales:  
altura = 1,25 a  
ancho = 0,7 a



Aplicaciones: Sobre cualquier material o equipo. Significado: obligación de usar protección para las vías respiratorias.

Úsese en la señal de seguridad 4.2.

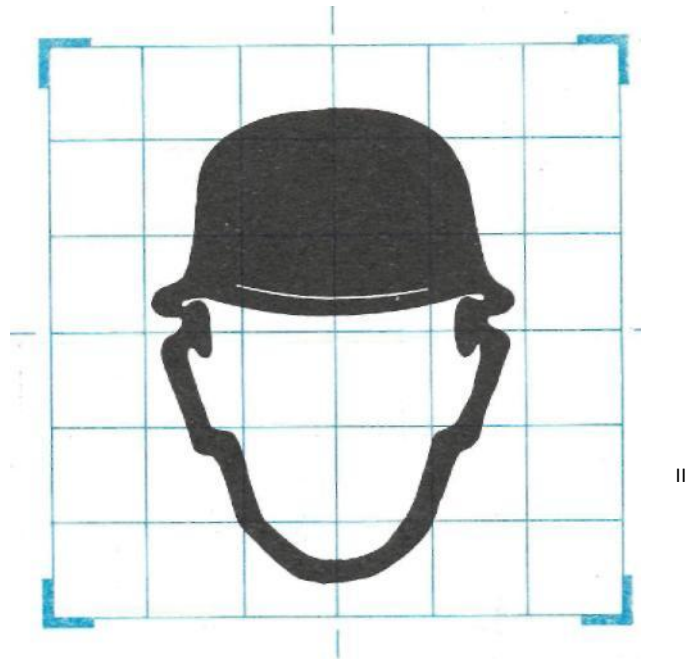
(Continúa)

**SÍMBOLO GRÁFICO: hombre con casco**

SIMBOLO ORIGINAL

(a = 50 mm)

Dimensiones reales:  
altura = 1,25 a  
= 0,95 a



Aplicaciones: Sobre cualquier equipo o material. Significado: obligación de usar casco o protección para la cabeza.

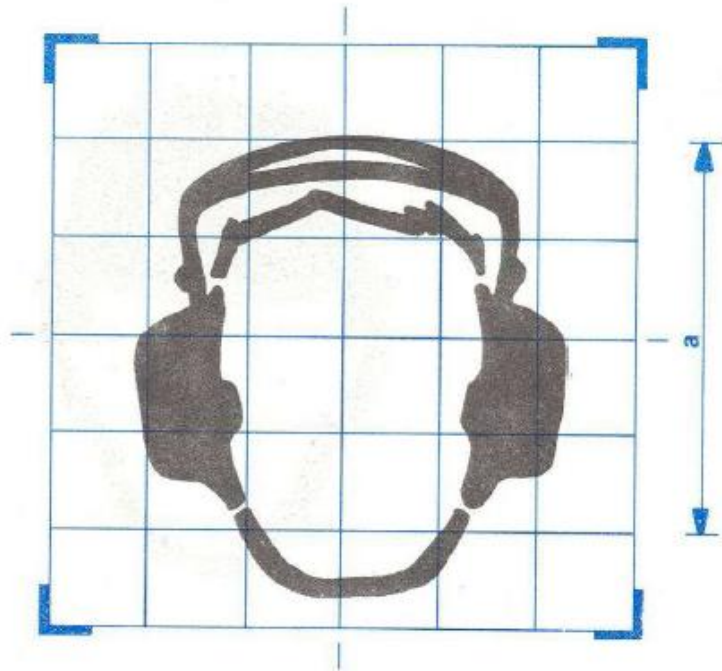
Úsese especialmente en la señal de seguridad 4.

(Continúa)

*(Continúa)***SÍMBOLO GRÁFICO: hombre con orejeras**

**SÍMBOLO ORIGINAL**  
(a = 50 mm)

Dimensiones reales:  
altura = 1,2 a  
ancho = 1,12 a



Aplicaciones: Sobre cualquier equipo o material. Significado: obligación de usar protección para los oídos.

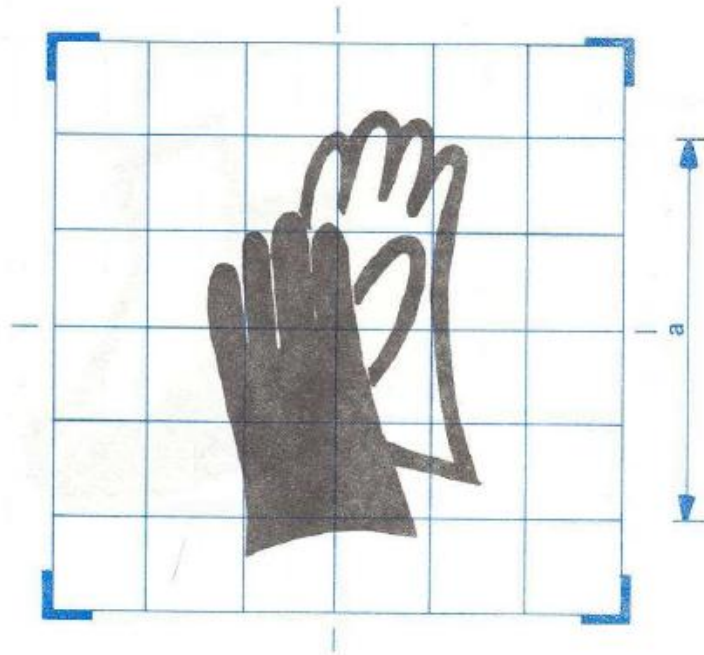
Úsese especialmente en la señal de seguridad 4.4.

*(Continúa)*

**SÍMBOLO GRÁFICO: guantes**

**SÍMBOLO ORIGINAL**  
(a = 50 mm)

Dimensiones reales:  
altura = 1,05 a  
ancho = 0,7 a



Aplicaciones: Sobre cualquier equipo o material. Significado: obligación de usar guantes o protección para las manos.

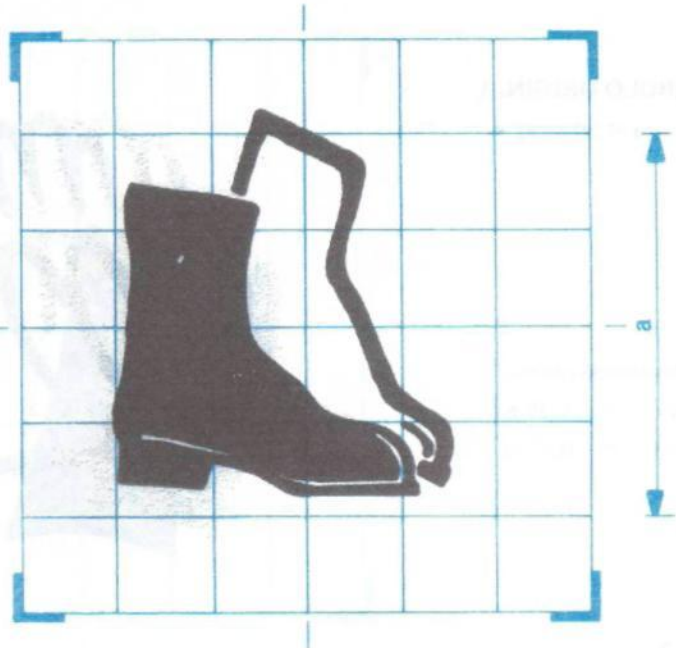
Úsese en la señal de seguridad 4.5.

(Continúa)

**SÍMBOLO GRÁFICO: media bota**

**SIMBOLO ORIGINAL**  
(a = 50 mm)

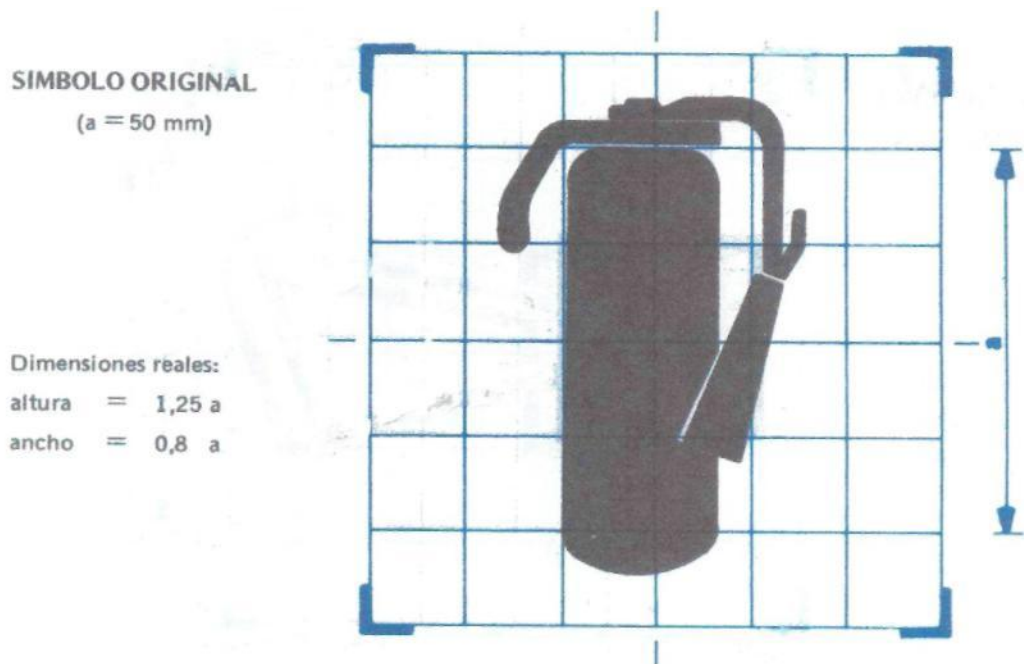
Dimensiones reales:  
altura = 1,05 a  
ancho = 0,9 a



Aplicaciones: Sobre cualquier equipo o material. Significado: obligación de usar protección para los pies, zapatos de seguridad, botas de caucho, etc.

Úsese en la señal de seguridad 4.6.

*(Continúa)*

**SÍMBOLO GRÁFICO: extintor de fuego**

Aplicaciones: Sobre cualquier equipo o material. Significado: indicación de la localización de extintores para fuego.

Úse en la señal de seguridad 5.1.

*(Continúa)*

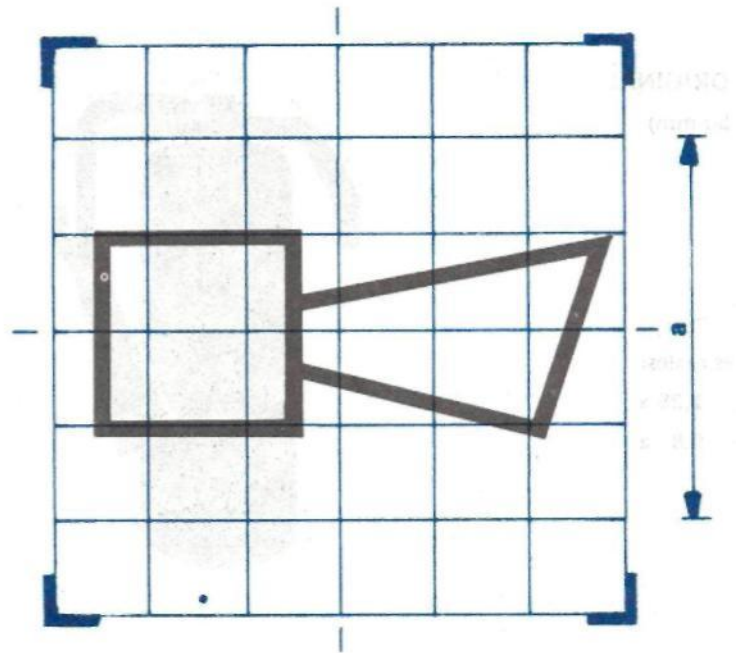
**SÍMBOLO GRÁFICO: bocina****SÍMBOLO ORIGINAL**

(a = 50 mm)

Dimensiones reales:

altura = 0,56 a

ancho = 1,33 a



Aplicaciones: Sobre interruptores que operan bocinas, p.e. sirenas, alarmas, señales acústicas de advertencia.

Úsese en la señal de seguridad 5.2.2

*(Continúa)*

## APENDICE Z Z.1 DOCUMENTOS NORMATIVOS A

### CONSULTAR

INEN 878. *Rótulos y placas cuadradas y rectangulares. Dimensiones.*

CIE Publication - No.-15 (E - 1.3.1). *Colorimetry.* Commission Internationale de L'eclairage. París, 1971.

ISO 3461. *Graphic Symbols. General principles for presentation,* 1976.

### Z.2 BASES DE ESTUDIO

G. Wyszecki/W. S. Stiles - *Color science, concepts and methods. Quantitative data and formulas* - John Wiley and Sons. New York, 1981.

Billmeyer, F. W./ Saltzman, M. *Principles of color technology.* John Wiley and Sons. New York, 1981.

Agoston, G. A. *Color Theory and its application in art and design* - Springer Verlag. Berlín, 1979.

Cadena, S. R. *Introducción a la teoría del color y sus aplicaciones.* Editorial Epsilon - Quito - (en prensa a la fecha de aprobación de la norma).

AS 1319. *Safety signs for the occupational environment.* Standard Association of Australia. Sydney, 1979.

ANSI Z 35.1. *Specification for accident prevention signs.* American National Standards Institute, Inc. 1968.

SABS 872. *Industrial Safety signs.* South African Bureau of Standards. Pretoria, 1967.

ISO/DIS 3864.2. *Safety colors and safety signs.* International Organization for Standardization. 1977.

BS 5378. *Safety colors and signs.* British Standards Institution. Londres, 1976.

Schulze, W. - *Farbenlehre und Farbenmessung.* Springer Verlag. Berlín, 1975.

BS 4765. *Safety signs, to denote the actual or Potential presence of a dangerous level of radio frequency or other non ionizing radiation.* British Standards Institution. Londres, 1971.

IEC Publication 417B. *Graphical symbols for use on equipment.* International Electrotechnical Commission. Ginebra, 1975.

ISO/R361. *Basic ionizing radiation symbol.* International Organization for Standardization. Ginebra, 1963.



## **NTE INEN 439 COLORES, SEÑALES Y SÍMBOLOS DE SEGURIDAD**

El ojo humano puede distinguir más o menos de 7 a 10 millones de colores.

### **LA RETINA:**

Los conos de la retina reaccionan a longitudes de onda en la porción media del espectro de luz si solo tuviera la retina bastoncillos solo pudiéramos ver en blanco y negro.

Los conos permiten la visión en colores.

Hay tres tipos de conos que se identifican con letras mayúsculas cada una de los cuales responden a un segmento de la luz visible (de su espectro): L, rojo; M, verde; S azul.

### **CURVA DE RESPUESTAS DE LOS CONOS**

La sensibilidad límite es de 580 nm (nanómetros) para el rojo (L), 540nm para el verde (M) y 440nm para el azul (S). Los conos rojos (L) y verde (M) responden a casi todas las longitudes de onda visibles mientras que los conos azules son insensibles a las longitudes de onda mayores a 550nm la respuesta total de los conos L, M y S tiene un "pico" (punto) de 560nm, o sea entre el espectro del amarillo y del verde.

Mientras el rojo, verde y azul están ubicados en alguna parte equidistante del espectro visible, la sensibilidad individual de los conos L, M y S no lo está. Esto parece un poco confuso especialmente si se toma en cuenta que los conos L están ubicados cercanamente (centrados) en el área roja del espectro, afortunadamente la sensibilidad espectral de los conos es solo una parte de cómo el cerebro decodifica la información sobre el color y en donde hay un procesamiento posterior.

### **DIAGRAMA DE LA COMISION INTERNACIONALE DE L'ECLARIRAGE (CIE) DIAGRAMA DE CROMATICIDAD**

La respuesta relativa de los conos rojos y verdes a los diferentes colores de la luz están colocados en los ejes horizontal y vertical, respectivamente los valores en el perímetro de la figura son de las longitudes de onda de un solo tipo de luz (expresado en nanómetros). Los valores dentro de la curva son para luces de frecuencia mezclada.

El punto central corresponde a la luz irradiada por un cuerpo negro a 6500°K.

La temperatura efectiva para la luz del día, a la mitad del día, es generalmente aceptada como valor estándar para la luz blanca



---

**Instituto Ecuatoriano de Normalización, INEN - Baquerizo Moreno E8-29 y Av. 6 de Diciembre**  
**Casilla 17-01-3999 - Telfs: (593 2)2 501885 al 2 501891 - Fax: (593 2) 2 567815**  
**Dirección General: E-Mail: [furresta@inen.gov.ec](mailto:furresta@inen.gov.ec)**  
**Área Técnica de Normalización: E-Mail: [normalizacion@inen.gov.ec](mailto:normalizacion@inen.gov.ec)**  
**Área Técnica de Certificación: E-Mail: [certificacion@inen.gov.ec](mailto:certificacion@inen.gov.ec)**  
**Área Técnica de Verificación: E-Mail: [verificacion@inen.gov.ec](mailto:verificacion@inen.gov.ec)**  
**Área Técnica de Servicios Tecnológicos: E-Mail: [inencati@inen.gov.ec](mailto:inencati@inen.gov.ec)**  
**Regional Guayas: E-Mail: [inenguayas@inen.gov.ec](mailto:inenguayas@inen.gov.ec)**  
**Regional Azuay: E-Mail: [inencuenca@inen.gov.ec](mailto:inencuenca@inen.gov.ec)**  
**Regional Chimborazo: E-Mail: [inenriobamba@inen.gov.ec](mailto:inenriobamba@inen.gov.ec)**  
**URL: [www.inen.gov.ec](http://www.inen.gov.ec)**

## ANEXO 4

### GUIA DE PRACTICAS

EQUIPO DE PRACTICA DE MOTOR A GASOLINA ARMFIELD VOLKSWAGEN CM-11



#### 1.INTRODUCCION

El estudiante va a realizar en esta práctica un análisis experimental, para conocer qué factores externos van a tener influencia significativa sobre el aumento de la Potencia, reducción de Carga, Eficiencia y disminución de las Emisiones de gases contaminantes.

Para esta práctica los estudiantes van a tener que ir combinando los factores externos o variables de

**Tabla 1.** Variables de entrada y sus respectivos niveles.

**Fuente:** Los Autores

<b>FACTORES EXTERNOS O VARIABLES DE ENTRADA</b>	<b>NIVELES</b>
<b>BUJIAS</b>	Tipo 1= Bujías convencionales NKG. Tipo 2= Bujías NKG R BKR6E
<b>CAMBUSTIBLE</b>	Tipo 1= Gasolina extra Tipo 2= Gasolina extra mezclada con aditivo motorex (mejorador de octanaje). Tipo 3= Gasolina extra mezclada con 10% de etanol.
<b>ACEITE</b>	Tipo 1= Aceite lubricante 20W50 UBX GOLD 7000. Tipo 2= Aceite mezclado con aditivo "S3"
<b>ADMISION</b>	Tipo 1= Filtro Normal del motor. Tipo 2= Filtro de alto rendimiento con tornado para filtro de aire.

Para el desarrollo de la práctica los estudiantes tendrán que someterse estrictamente a las condiciones de funcionamiento del motor mencionadas en el procedimiento de la práctica.

Con los 24 tratamientos posibles se puede llegar a obtener un tratamiento que brinde la máxima Potencia con la mínima Carga, reduciendo el Consumo de combustible y los niveles de emisión de gases contaminantes, manteniendo los valores permitidos por la Norma INEN 2204 para la Emisión de gases de escape para vehículos a gasolina.

Luego de haber realizado la práctica los estudiantes deberán realizar un cuadro, para cada experimento, en los que consten todos los datos obtenidos de las diferentes combinaciones, para poder realizar las respectivas comparaciones entre los experimentos.

Luego de haber realizado dichas comparaciones se anotaran los resultados obtenidos, para luego hacer un análisis de los resultados y de esta manera dar las respectivas conclusiones finales de la práctica desarrollada.

## **2. CONOCIMIENTOS TEORICOS PREVIOS**

Para el desarrollo de esta práctica, el estudiante deberá tener conocimientos de cómo realizar un diseño de experimentos, para esto debe revisar conceptos teóricos sobre el diseño de experimentos. De igual manera el estudiante tendrá que revisar varias normas, ya que estarán sujetos a las condiciones de las mismas, estas son:

- Norma NTE INEN 2204: 2002, LÍMITES PERMITIDOS DE EMISIONES PRODUCIDAS POR FUENTES MÓVILES TERRESTRES DE GASOLINA.
- Norma NTE INEN 439: 1984, COLORES, SEÑALES Y SÍMBOLOS DE SEGURIDAD.
- Norma NTE INEN 2203: 2000, DETERMINACIÓN DE LA CONCENTRACIÓN DE EMISIONES DE ESCAPE EN CONDICIONES DE MARCHA MÍNIMA O "RALENTI". PRUEBA ESTÁTICA.

### 3. CONOCIMIENTO SOBRE LOS INSTRUMENTOS.

Antes de realizar la práctica el estudiante deberá conocer el funcionamiento del banco de prueba "MOTOR ARMFIELD VOLKSWAGEN CM11", además de cómo funciona:

- El analizador de gases marca OROTECH QGA 6000.
- La interface OBD-II ELM 327 y como se enlaza con la aplicación DASHCOMMAND.
- La aplicación DASHCOMMAND.

EL estudiante deberá tener en cuenta que para realizar esta práctica efectivamente debe ejecutarla con los tiempos propuestos para la repetición de cada tratamiento, revisando con detalle los aspectos teóricos y de instrumentación asociados a dicha práctica.

### 4. MATERIALES Y ELEMENTOS NECESARIOS PARA REALIZAR PRÁCTICA

- Mandil.
- Protección para los oídos.
- Juego de dados.
- Dado correcto para las bujías.
- 2 Ventiladores (para mantener la temperatura deseada).
- Destornillador mediano plano y estrella.
- Probeta.
- Filtros para el analizador de gases.
- Intake (filtro de alto rendimiento).
- Tornado para filtro de aire
- Una batería totalmente cargada.
- Recipientes para la mezcla de las sustancias.(capacidad mínima 2Gal).
- Tipo de aceite según el experimento.
- Aditivo "S3".
- Gasolina extra.
- Aditivo de combustible "MOTOREX".
- Etanol.

## 5. INSTRUMENTACION NECESARIA

- Teléfono celular o Tablet con sistema android, iPhone o iPad.
- Interface OBD-II ELM 327 Wi-Fi.
- Analizador de gases marca OROTECH QGA 6000.

## 6. ESPECIFICACIONES DE LOS EQUIPOS E INSTRUMENTOS UTILIZADOS.

En las tabla 2, 3,4 se presentan todas las especificaciones técnicas del motor Armfield Volkswagen CM11, Analizador de gases marca OROTECH QGA 6000, interface OBD-II y la aplicación "DASHCOMMAND" sucesivamente.

**Tabla 2.** Especificaciones técnicas del banco motor Armfield Volkswagen cm11.

**Fuente:** Manual del motor Armfield cm11.

<b>Especificaciones Técnicas del Motor Armfield Volkswagen CM11-306</b>	
<b>DIMENSIONES</b>	
<b>Altura</b>	1250 mm
<b>Largo</b>	2200 mm
<b>Ancho</b>	850 mm
<b>MOTOR</b>	
<b>Fabricante</b>	Volkswagen
<b>Identificación</b>	AER/ATE 111/66
<b>Capacidad</b>	1.0 litro (999 cm <sup>3</sup> )
<b>Cilindros</b>	4
<b>Diámetro</b>	67.10 mm
<b>Carrera</b>	70.60 mm
<b>Relación de compresión</b>	10.5: 1
<b>Potencia Nominal</b>	37 Kw @ 5000 rpm
<b>Torque Máximo</b>	86 Nm @ 3400 rpm
<b>Gasolina</b>	95 RON (ResearchOctaneNumber)
<b>Sistema de control</b>	Bosch <i>Motronic</i> <sup>TM</sup> MP9.0
<b>Bujías</b>	W8DTC
<b>Capacidad de aceite</b>	3.5 litros
<b>Capacidad de refrigerante</b>	4.2 litros

**FRENOS**

<b>Fabricante</b>	Klam
<b>Modelo</b>	K40
<b>Potencia máxima</b>	60 KW
<b>Torque máximo</b>	145 Nm

**RODAMIENTOS**

<b>Fabricante</b>	SKF
<b>Modelo</b>	1209/SN509y 1210/SN510
<b>Engrasante</b>	Grasa de alta velocidad

**UNIONES**

<b>Fabricante</b>	Reich
<b>Modelo</b>	ArcusaflexAC2,3HT.2012
<b>ELECTRICIDAD:</b>	
<b>Voltaje</b>	220-240VolTios
<b>Frecuencia</b>	50-60 Hz
<b>Fusibles</b>	20 Amp.

**INDICADORES DEL MOTOR**

<b>Fabricante del sensor</b>	Kistler
<b>Modelo</b>	GU 13Z-31 yZF42
<b>Sensibilidad</b>	16pC/bar
<b>Fabricante del amplificador</b>	Kistler
<b>Modelo</b>	5039A322
<b>Rango</b>	500pC=10VDC



**Tabla 3.** Especificaciones técnicas del Analizador de gases marca OROTECH QGA 6000.

Fuente: <http://mcautomotriz.com.ec/index.php/analizador-de-gases/2013-02-13-01-39-33/qro-tech-qga-6000>

<b>ESPECIFICACIONES TECNICAS DEL ANALIZADOR DE GASES</b>
Análisis de 4 gases con cálculo de valor lambda y AFR.
Visualización en display integrado.
Bomba de trabajo pesado.
Impresora térmica integrada.
Kit de conexión al computador.
Selección del tipo de combustible (gasolina, alcohol, gnv, glp).
Accesorios de repuesto incluidos
Rango de operación y precisión en equipos de certificación
Excepcional precisión, estabilidad y durabilidad
Actualizable a cinco gases (opcional nox).
Tiempo de respuesta de menos de 10 segundos
Sland-by para la vida extendida de la bomba y el bajo consumo de energía.
Ajuste automático de tiempo de calentamiento 2 a 8 minutos
RS232 pc-link kit (software y cables).
Sonda de acero inoxidable para una mayor duración.

**Tabla 4.** Especificaciones técnicas de la interface OBD-II y la aplicación "DASHCOMMAND".

Fuente: <http://www.iobd2.org/elm327-iphone/>.

<b>ESPECIFICACIONES TECNICAS DE LA INTERFACE OBD-II ELM 327</b>
Funciona con todos los vehículos OBD II.
Funciona en todos los modelos comprendidos de 1996-2010 automóviles y camiones ligeros algunos de 1994 y 1995 modelos también están bien.
Lee los códigos de apuro de diagnóstico, genéricos y específicos del fabricante, y mostrar su significado (sobre 3000 definiciones genéricas del código en la base de datos).
WI-FI OBD es capaz de comunicarse con los vehículos que adoptan después de protocolos: ISO 9141. 11898 ISO (aka. CAN).. ISO 14230 (aka. KWP2000). 15765 ISO (aka. CAN). SAE J1939
Los siguientes, son algunos de los parámetros que se pueden leer desde el vehículo. Velocidad del vehículo. RPM. Consumo de combustible. Temperatura del refrigerante del motor. Presión de combustible. Carga del motor. Posición del acelerador. Presión del múltiple de ADMISION. Temperatura del aire de admisión. Nivel de combustible. Presión atmosférica.

Material: de plástico de automoción de grado
Temperatura de funcionamiento: 15 a 100 grados centígrados
SSID: WiFi OBD
IP: 192.168.0.10
Subred: 255.255.255.0
Puerto: 35000
Rango: 50 pies (línea de vista)
Antena: Interna
Consumo de energía: 0.75 vatios (con el interruptor)
Estándar de Wifi: 802.11a / b / g
Tamaño del artículo: 9 * 5 * 3 cm (3.5 * 2.0 * 1.2in)
Peso del artículo: 75g / 2.6oz

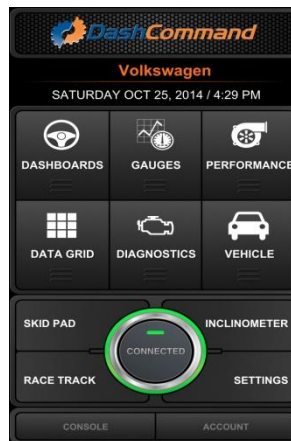
## 7. PUESTA A PUNTO DE EQUIPOS DE MEDICION Y CONTROL

Antes de realizar la toma de datos el estudiante deberá tener ya instalado la aplicación DASHCOMMAND.

### 7.1 Puesta a punto de la interface OBD-II y la aplicación "DASHCOMMAND".

La interface OBD-II ELM 327 funciona conjuntamente con la aplicación DASHCOMMAND, la cual es compatible con cualquier teléfono celular o Tablet que tenga un sistema andriod, iPhone o iPad, para enlazar estos dos equipos de medición y observar los datos requeridos se realiza el siguiente procedimiento:

- Se conecta la interface al OBD-II del auto.
- Se enciende el switch.
- Luego en el teléfono celular o Tablet que tenga un sistema andriod, iPhone o iPad, se va a la opciones de conectividad, se busca la opción WIFI, se busca el dispositivo, en este caso deberá aparecer el dispositivo OBD-II. Se escoge esta opción y automáticamente aparecerá un cuadro en el que se debe ingresar la contraseña la misma que es: 1234, para que se pueda enlazar el celular con la interface.
- Una vez que se enlazo el celular con el motor, se entra al programa DASHCOMMAND,.
- En el programa se pulsa en CONNECTED, una vez que este botón este de color verde como se muestra en la fig. 2, la aplicación se enlazo con el motor del banco Armfield.



**Fig. 2.** Página principal de la aplicación DASHCOMMAND.

**Fuente:** Los Autores

- Antes de proceder a la lectura de los datos se debe seleccionar el tipo de vehículo, para ello ingresamos en la opción VEHICLE y se debe escoger la marca del vehículo, en este caso Volkswagen.
- Para poder observar los datos requeridos, se pulsa en la opción GAUGES, aquí se mostraran todos los datos que puede leer la interface pero definiremos en una sola ventana los GAUGES de Potencia, Carga, Eficiencia, Torque y Revoluciones como se muestra en la fig. 3.



**Fig. 3.** Lectura de los datos.

**Fuente:** Los Autores

- La pantalla de la fig. 3, se obtuvo ingresando un nuevo GAUGE, en esta se colocan todas las mediciones de las variables a estudiar.

### 7.2 Puesta a punto del Analizador de gases marca OROTECH QGA 6000.

- Conectar la alimentación eléctrica del analizador.
- Revisar que el analizador tenga los filtros en la parte posterior.
- Colocar los filtros en el sentido correcto en la manguera de la sonda.
- No conectar la sonda en el escape del motor antes de encenderlo.
- Encender el analizador del botón POWER colocado en la parte posterior del analizador.
- Esperar que el analizar calibre el oxígeno del ambiente
- Conectar la sonda al motor
- Esperar que se estabilicen las emisiones.
- Imprimir desde el botón Print para verificar que se impriman los valores obtenidos.

### 8. PARAMETROS A TENER EN CUENTA ANTES DE PROCEDER A REALIZAR LA PRACTICA.

#### ➤ POTENCIA (hp)

Si se requiere un aumento de la potencia se debe realizar el diseño experimental 3 con los factores y niveles mencionados en la tabla 6, cabe mencionar que al utilizar estos factores no se obtiene una disminución significativa en ciertas variables de respuesta, ya que en la carga solo se obtiene el 3,65%, en el consumo de combustible se obtiene solo el 0,84% y en el CO<sub>2</sub> 5,67%, en las demás variables de respuesta si se obtienen disminuciones significativas, en el CO se obtiene una disminución del 100% y en los HC se obtiene una disminución del 33,91%.

Tabla 6. Diseño experimental 3

Fuente: Los Autores.

<b>DISEÑO EXPERIMENTAL 3</b>	
<b>Gasolina extra mezclada con aditivo mejorador de octanaje y gasolina extra mezclada con el 10% de etanol.</b>	
<b>Aumento de la potencia de 5.65%</b>	
<b>FACTOR</b>	<b>NIVEL</b>
<b>BUJIAS</b>	Bujías R BKR6E
<b>COMBUSTIBLE</b>	Gasolina extra mezclada con aditivo mejorador de octanaje y gasolina extra mezclada con el 10% de etanol.
<b>ACEITE</b>	Aceite mezclado con aditivo "S3".
<b>ADMISION</b>	Filtro de alto rendimiento con tornado para filtro de aire.

➤ **CARGA (%)**

Para obtener una máxima disminución en la carga se debe utilizar el diseño experimental 1 con los factores y niveles mostrados en la tabla 7, de igual manera al utilizar esos factores y niveles se obtiene valores no significativos en ciertas variables de respuesta, como es en la potencia solo se obtiene el 4,34%, en el CO se obtiene el 39,18% y en el HC se obtiene el 30,25%, en las demás variables de respuesta si se obtiene valores significativos máximos, en la disminución del consumo de combustible se obtiene el 1,14% y en el CO<sub>2</sub> se obtiene el 11,43%.

**Tabla 7.** Diseño experimental 1

**Fuente:** Los Autores.

<b>DISEÑO EXPERIMENTAL 1</b>	
<b>Gasolina extra y gasolina extra mezclada con aditivo mejorador de octanaje</b>	
<b>Disminución de la carga de 4.24%</b>	
<b>FACTOR</b>	<b>NIVEL</b>
<b>BUJIAS</b>	Bujías convencionales
<b>COMBUSTIBLE</b>	Gasolina extra y gasolina extra mezclada con aditivo mejorador de octanaje.
<b>ACEITE</b>	Aceite mezclado con aditivo "S3".
<b>ADMISION</b>	Filtro Normal del motor.

➤ **EFICIENCIA (mpg)**

Una disminución máxima del consumo de combustible se obtiene realizando el diseño experimental 1 con los factores y niveles expuestos en la tabla 8, al utilizar estos factores y niveles se obtiene valores poco significativos en algunas variables de respuesta, en la potencia solo se obtiene el 4,34%, en el CO se obtiene el 39,18% y en el HC se obtiene el 30,25%, en las demás variables de respuesta si se obtiene valores significativos máximos, en el CO<sub>2</sub> se obtiene el 11,43% y en la carga se obtiene 4,24%.

**Tabla 8.** Diseño experimental 1

**Fuente:** Los Autores.

<b>DISEÑO EXPERIMENTAL 1</b>	
<b>Gasolina extra y gasolina extra mezclada con aditivo mejorador de octanaje</b>	
<b>Disminución del consumo de combustible de 1,14%</b>	
<b>FACTOR</b>	<b>NIVEL</b>
<b>BUJIAS</b>	Bujías R BKR6E
<b>COMBUSTIBLE</b>	Gasolina extra y gasolina extra mezclada con aditivo mejorador de octanaje.
<b>ACEITE</b>	Aceite mezclado con aditivo "S3".
<b>ADMISION</b>	Filtro de alto rendimiento con tornado para filtro de aire.

➤ **CO (%)**

Si se requiere una disminución máxima en el CO se debe realizar el diseño experimental 3 con los factores y niveles mencionados en la tabla 9, cabe mencionar que al utilizar estos factores no se obtienen valores significativos en ciertas variables de respuesta, ya que en la carga solo se obtiene el 3,65%, en el consumo de combustible se obtiene solo el 0,84% y en el CO<sub>2</sub> 5,67%, en las demás variables de respuesta si se obtienen disminuciones significativas, en el CO se obtiene una disminución del 100%, en los HC se obtiene una disminución del 33,91% y en la potencia se obtiene un aumento máximo de 5.65%.

**Tabla 9.** Diseño experimental 3.

**Fuente:** Los Autores.

<b>DISEÑO EXPERIMENTAL 3</b>	
<b>Gasolina extra mezclada con aditivo mejorador de octanaje y gasolina extra mezclada con el 10% de etanol.</b>	
<b>Disminución del CO del 100%</b>	
<b>FACTOR</b>	<b>NIVEL</b>
<b>BUJIAS</b>	Bujías R BKR6E
<b>COMBUSTIBLE</b>	Gasolina extra mezclada con aditivo mejorador de octanaje y gasolina extra mezclada con el 10% de etanol.
<b>ACEITE</b>	Aceite mezclado con aditivo "S3".
<b>ADMISION</b>	Filtro de alto rendimiento con tornado para filtro de aire.

➤ **HC (ppm)**

Para obtener una disminución máxima en los HC se debe realizar el diseño experimental 3 con los factores y niveles mencionados en la tabla 10, al utilizar estos factores y niveles no se obtienen valores significativos en ciertas variables de respuesta, ya que en la carga solo se obtiene el 3,65%, en el consumo de combustible se obtiene solo el 0,84% y en el CO<sub>2</sub> 5,67%, en las demás variables de respuesta si se obtienen disminuciones significativas, en el CO se obtiene una disminución del 100% y en la potencia se obtiene un aumento máximo de 5.65%.

**Tabla 10.** Diseño experimental 3.

**Fuente:** Los Autores.

<b>DISEÑO EXPERIMENTAL 3</b>	
<b>Gasolina extra mezclada con aditivo mejorador de octanaje y gasolina extra mezclada con el 10% de etanol.</b>	
<b>Disminución del HC del 33,91%</b>	
<b>FACTOR</b>	<b>NIVEL</b>
<b>BUJIAS</b>	Bujías R BKR6E
<b>COMBUSTIBLE</b>	Gasolina extra mezclada con aditivo mejorador de octanaje y gasolina extra mezclada con el 10% de etanol.
<b>ACEITE</b>	Aceite lubricante 20W50 UBX GOLD 7000.
<b>ADMISION</b>	Filtro Normal del motor.

➤ **CO2 (%)**

Una disminución máxima del CO2 se obtiene realizando el diseño experimental 1 con los factores y niveles expuestos en la tabla 11, al utilizar estos factores y niveles se obtiene valores poco significativos en algunas variables de respuesta, en la potencia solo se obtiene el 4,34%, en el CO se obtiene el 39,18% y en el HC se obtiene el 30,25%, en las demás variables de respuesta si se obtiene valores significativos máximos, en la carga se obtiene 4,24% y en la disminución del consumo de combustible se obtiene 1,14%.

**Tabla 11.** Diseño experimental 3.

**Fuente:** Los Autores.

<b>DISEÑO EXPERIMENTAL 1</b>	
<b>Gasolina extra y gasolina extra mezclada con aditivo mejorador de octanaje</b>	
<b>Disminución del CO2 de 11,43%</b>	
<b>FACTOR</b>	<b>NIVEL</b>
<b>BUJIAS</b>	Bujías R BKR6E
<b>COMBUSTIBLE</b>	Gasolina extra y gasolina extra mezclada con aditivo mejorador de octanaje
<b>ACEITE</b>	Aceite mezclado con aditivo "S3"
<b>ADMISION</b>	Filtro de alto rendimiento con tornado para filtro de aire.

EL diseño experimental 2 como se puede observar, no produce efectos significativos sobre ninguna de las variables de respuesta, por lo tanto, se recomienda que no se debe considerar para este estudio.

## 9. PROCEDIMIENTO PARA REALIZAR LA PRÁCTICA

Para que la práctica se desarrolle de manera eficaz y precisa, se presenta una guía de práctica para que los estudiantes sigan estos pasos sin excepción alguna.

1. Tener instalado la aplicación DASHCOMMAND en un celular o Tablet con sistema androide, iPhone o iPad.
2. Dejar listo por lo menos un día antes todos los materiales a utilizarse en la práctica.
3. Cerciorarse que los estudiantes que vayan a realizar la práctica cuenten con los implementos de seguridad personal. VER EN ANEXO 3, LA NORMA NTE INEN 439: 1984.
4. Observar que el laboratorio este provisto de todos los elementos de seguridad industrial. VER EN ANEXO 3, LA NORMA NTE INEN 439: 1984.
5. Verificar que en el laboratorio no ingresen más de 4 estudiantes para realizar la práctica.
6. Despejar la zona de medición, para facilitar la movilización de los investigadores y evitar posibles accidentes.
7. Inspeccionar visualmente las líneas de conducción de combustible para verificar la no existencia de fugas.
8. Cerciorarse de que la batería a ser utilizada este con un voltaje no inferior a los 12V.
9. Verificar que el nivel de aceite en el motor sea el correcto.
10. Asegurarse que el depósito de agua este con el nivel correcto, para evitar posibles recalentamientos del motor. El agua es distribuida gracias a una bomba interna de agua, que hace circular hacia un intercambiador de calor y seguidamente al motor.
11. Verificar que el eje del motor no esté en contacto con mangueras, cables trapos, etc.
12. Colocar los ventiladores en un lugar que no interrumpa la circulación de los estudiantes y que brinden de mejor manera el flujo de aire, para poder reducir la temperatura que se genera en el laboratorio.
13. Conectar los equipos de medición y control en el motor. (Analizador de gases, interface OBD-II), asegurándose que estén en un lugar seguro.
14. Verificar que la bomba de agua para el intercambiador esté conectada.



15. Energizar el motor, incluido todos los elementos de medición y control.
16. Calibrar la interface que servirá para la toma de los datos.
17. Calibrar el analizador de gases. VER EN ANEXO 1 LA NORMA NTE INEN 2203: 2000.
18. Verificar que exista la suficiente cantidad de combustible.(2 Gal en todos los experimentos).
19. Asegurarse de tener las correctas combinaciones de combustible para realizar la práctica respectiva.
20. Encender el banco Armfield Volkswagen CM11.
21. Conectar la interface ELM 327 Wi-fi y enlazar con el teléfono celular o Tablet con sistema Androide la aplicación DASHCOMMAND.
22. Verificar con la Aplicación DASHCOMMAND que el motor no esté generando ningún código de falla.
23. Dejar que el motor del banco se caliente hasta alcanzar las temperaturas requeridas,(del refrigerante o agua a 70 grados centígrados y la temperatura en la entrada de admisión a 25 grados centígrados).
24. Encender los ventiladores.
25. Ajustar la apertura de la mariposa a un 7% para todos los experimentos.
26. Dejar que el motor se estabilice por 1 minuto y medio.
27. Tomar las mediciones correspondientes haciendo un PRINT de la pantalla del teléfono celular o Tablet.
28. Al terminar la toma de datos, dejar el motor nuevamente en ralentí.
29. Realizar la siguiente repetición después de que el motor se estabilice 45 segundos.
30. Asegurarse de realizar todas las repeticiones establecidas en cada experimento.
31. Verificar que la temperatura del refrigerante no sobrepase de los 72 grados centígrados y la temperatura en la entrada de admisión no sobrepase los 35 grados centígrados.
32. Luego de haber realizado el experimento con las repeticiones respectivas, si la temperatura sobrepasa de los valores mencionados, apagar el motor, esperar como mínimo, 45 minutos y dejar que la temperatura se encuentre en el rango de 25 a 35 grados centígrados. De preferencia esperar que la temperatura este en 25 grados, para poder realizar el experimento completo, caso contrario si la temperatura excede el valor mencionado, se deberá dejar nuevamente que la temperatura descienda hasta el rango requerido, esto puede generar valores diferentes entre las repeticiones.

33. Mientras la temperatura desciende a la requerida, los estudiantes deben proceder a cambiar y combinar todos los factores y niveles correspondientes para empezar con el siguiente experimento.
34. Al término de cada experimento se debe realizar todos los pasos nuevamente, desde el 25 al 34.
35. Al terminar la toma de datos de todos los experimentos, apagar el motor, bombas e instrumentos de medición.
36. Cerrar la alimentación de agua al intercambiador.
37. Desconectar todas las alimentaciones del motor y elementos de medición.
38. Colocar en su lugar todos los materiales y elementos e instrumentos que se utilizaron para la práctica.
39. Dejar en orden y limpio el laboratorio.

## 10. ACTIVIDADES A REALIZAR

Con todos los datos medidos, los estudiantes deberán:

- Obtener los valores de cada tratamiento propuesto por la guía.
- Realizar un diseño de experimentos que se ajuste a su objetivo, de preferencia el diseño factorial  $2^k$ .
- Sacar la media de las 5 repeticiones de la Potencia, Carga, Eficiencia y Emisión de gases de escape.
- Hacer el respectivo análisis de los resultados obtenidos mediante el diseño experimental, para finalmente exponer las debidas conclusiones de la práctica realizada.

## 11. PREGUNTAS.

- Porque existe variación de los valores obtenidos con la disminución de voltaje de la batería.
- Cuál es el porcentaje de rpm varían con el 7% de la mariposa abierta.
- Las emisiones de gases varían si se pasa o no del tiempo establecido por la práctica, ¿porque?
- ¿Porque no existe variación de torque?
- Porque aumenta la Carga al aumentar la Potencia.
- Si existe mejoras para el rendimiento del motor porque no implantarlas desde la fabricación.
- Según sus datos obtenidos cual es el tratamiento que mejor se asemeja a los objetivos planteados.
- ¿De las emisiones de gases cual es la más perjudicial y porque?
- ¿La disminución de la Carga prolongara la vida útil del motor sí, no y porque?
- Si se aumenta el consumo de gasolina y se obtiene una mayor potencia con una reducción de gases contaminantes que optaría usted su salud o la performance del motor.
- ¿Cuándo las rpm aumentan el efecto del Aceite en la disminución de CO aumenta también?

## 12. PRESENTACION DEL INFORME

Una vez concluida toda la práctica, el estudiante deberá presentar un informe detallado de todo lo que realizó en la práctica, a fin de evaluar los conocimientos adquiridos por el estudiante. Para la presentación del informe, éste debe contener lo siguiente:

- Resumen
- Introducción
- Desarrollo
- Análisis de resultados
- Conclusiones y recomendaciones
- Referencias