



**UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DEL ESTADO DE
HIDALGO.**

INSTITUTO DE CIENCIAS BÁSICAS E INGENIERÍA.

“DISEÑO DE UN SISTEMA DE COMBUSTIBLE BAJO LA
TECNOLOGÍA DUAL-FUEL (GAS NATURAL Y DIESEL)
PARA UNIDADES DINA 55119080”.

TESIS.

QUE PARA OBTENER EL TÍTULO DE
“INGENIERO INDUSTRIAL”

PRESENTA:

NEREO JUÁREZ CASTILLO.

ASESOR DE TESIS:

M. en I. MARIO SAÉNZ PIÑA.

Pachuca, Hidalgo.

Octubre, 2006.

DEDICATORIA.

A Dios, porque es una expresión inteligente del universo.

A la naturaleza, porque todo acontecimiento en ella es una manifestación de amor.

A mi madre, porque en tu vientre me formaste y a riesgo de perder tu vida me diste la oportunidad de vivir.

A mi padre, por su espíritu de lucha inagotable.

A mis hermanas Margarita, Juana y Josefina, por su invaluable apoyo.

A mis hermanos Hernán y Mauro, por sus ejemplos dignos de emular.

A mis sobrinos y sobrinas, por recordarme la magia del entusiasmo mediante sus miradas y sonrisas.

A la memoria de mis hermanos Alfonso y Antonio a quienes siempre recuerdo con amor, gracias por estar conmigo en mis sueños en cuyos momentos me ayudaron a encontrar la solución a mis problemas.

A la memoria de mis abuelitos, por sus enseñanzas y por los destellos de felicidad que me prodigaron durante mi infancia.

A mi amiga Maricruz, por sus atinados consejos.

A mis amigo Oscar, por las vicisitudes que vivimos.

A Ámbar, por despertar en mí lo que no sabía.

A Claudia, por mostrarme su capacidad de manifestar amor sin importar las circunstancias.

A Carina, por enseñarme que el amor inconmensurable existe.

A Esteban Ricardo y a Carlos, por los momentos maravillosos e indelebles que me regalaron durante su compañía.

A Selma, porque muy pronto haga acto de presencia.

A mis maestros, por su manantial de sabiduría, cerebro y corazón al servicio de la educación.

A mis demás familiares y amigos.

¡ A todos ustedes con afecto y gratitud !

AGRADECIMIENTOS.

Mi sincero agradecimiento al M.I Mario Sáenz Piña por aceptar ser mi director de tesis, por lo fructífero de sus inestimables sugerencias que me fueron tan útiles desde el principio hasta el final.

Igualmente, agradezco con sinceridad al Ing. Rolando Flores Sánchez por darme la oportunidad de incursionar en el interesante mundo de la industria automotriz.

También de manera especial, agradezco al Ing. J. Encarnación Castillo Juárez por levantarme el animo en momentos de flaqueza, por sus consejos y enseñanzas.

Gracias a la empresa Dina Camiones S.A. de C.V. por abrirme la puerta de sus aulas.

Gracias a todos mis amigos y compañeros de escuela, por los momentos vividos durante nuestra estancia en la Universidad.

Gracias a la Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo, por formarme profesionalmente.

Nereo Juárez Castillo.
Octubre, 2006.

ÍNDICE.

Dedicatoria	
Agradecimientos	
Índice de contenido	i
Lista de figuras	iv
Lista de tablas	v

Página

INTRODUCCIÓN.

Antecedentes.....	1
Justificación.....	4
Alcances y limitaciones.....	5
Objetivo.....	6
Estructura de la tesis.....	6

CAPÍTULO 1. MARCO TEÓRICO.

1.1	Introducción.....	8
1.2	Qué es la Atmósfera.....	8
1.2.1	La problemática de la contaminación atmosférica.....	9
1.3	Definición de contaminación atmosférica.....	11
1.4	Principales contaminantes.....	13
1.4.1	Principales fuentes emisoras de contaminación atmosférica.....	15
1.5	Principales daños ocasionados por la contaminación atmosférica al ser humano.....	16
1.6	Principales efectos producidos por la contaminación atmosférica.....	16
1.7	Acciones para combatir la contaminación atmosférica.....	18
1.8	Qué es el gas natural.....	19
1.8.1	Origen del gas natural.....	19

1.8.2	Historia del gas natural.....	20
1.8.3	Aplicaciones principales.....	20
1.8.4	Ventajas del gas natural.....	21
1.8.5	Desventajas del gas natural.....	22
1.9	Propiedades físicas y químicas.....	23
1.10	Perspectivas del gas natural en el futuro.....	26

CAPÍTULO 2. DESCRIPCIÓN Y CARACTERÍSTICAS DEL PRODUCTO.

2.1	Introducción.....	28
2.2	Descripción de camión.....	28
2.3	Conformación de un camión básico.....	29
2.4	Clasificación de los vehículos.....	32
2.5	Identificación del modelo 551 19080.....	34
2.6	Especificaciones técnicas básicas del producto.....	35
2.7	Normas de calidad.....	37
2.7.1	Emisiones contaminantes.....	37
2.7.2	Control del ruido.....	38
2.7.3	Diseño de los cilindros de combustible.....	38
2.7.4	Instalación vehicular.....	39

CAPÍTULO 3. EL SISTEMA DE COMBUSTIBLE DUAL- FUEL.

3.1	Introducción.....	40
3.2	Descripción del sistema de combustible Dual - Fuel.....	40
3.3	Componentes principales del sistema de combustible Dual -Fuel.....	41
3.4	Funcionamiento del sistema de combustible Dual- Fuel.....	42
3.5	Selección del motor.....	45
3.6	Emisiones contaminantes vehiculares.....	48
3.7	Selección de los cilindros de almacenamiento.....	49
3.8	Elaboración del Plano de la unidad.....	53

CAPÍTULO 4. ANÁLISIS ECONÓMICO DE OPERACIÓN.

4.1	Introducción.....	67
4.2	Economía de combustible.....	67
4.3	Desempeño de la unidad.....	68
4.4	Costo de mantenimiento.....	75

CAPÍTULO 5. MANTENIMIENTO DEL VEHÍCULO.

5.1	Introducción.....	77
5.2	Definición de mantenimiento.....	77
5.3	Herramientas.....	78
5.4	Elaboración del programa de mantenimiento.....	79
5.4.1	Programa detallado de mantenimiento.....	79
5.5	Almacenamiento de refacciones y consumibles a mantener.....	85

CAPÍTULO 6. ESTACIONES DE SERVICIO DE GAS NATURAL.

6.1	Introducción.....	87
6.2	Definición de estación de servicio de gas natural.....	87
6.3	Tipos de estación de servicio de gas natural.....	88
6.4	Componentes principales y principio de funcionamiento.....	89
6.5	Tamaño de las estaciones de servicio.....	95
6.6	Códigos y regulaciones.....	95
6.7	Infraestructura actual.....	96

	Conclusiones.....	97
	Recomendaciones.....	98
	Bibliografía.....	101
	Cibergrafía.....	103

LISTA DE FIGURAS.

	Página
Figura 3.4.(1) Diagrama del sistema Dual-Fuel.....	44
Figura 3.5.(1) Ciclo diesel.....	45
Figura 3.6.(1) Comparación de emisiones contaminantes de combustibles Automotrices.....	49
Figura 3.7.(1) Esquema del cilindro de gas natural comprimido.....	52
Figura 3.8.(1) Plano de la unidad. Vista superior.....	54
Figura 3.8.(2) Plano de la unidad. Vista lateral.....	55
Figura 3.8.(3) Diagrama Instalación de cilindros y líneas de alimentación.....	56
Figura 3.8.(4) Soporte del cilindro de gas natural comprimido.....	57
Figura 3.8.(5) Conjunto canal soporte de cilindros de gas natural comprimido.....	58
Figura 3.8.(6) Canal soporte de cilindros de gas natural comprimido.....	59
Figura 3.8.(7) Refuerzo lateral.....	60
Figura 3.8.(8) Refuerzo central.....	61
Figura 3.8.(9) Diagrama Instalación placa módulo de control.....	62
Figura 3.8.(10) Placa módulo de control.....	63
Figura 3.8.(11) Soporte izquierdo módulo de control.....	64
Figura 3.8.(12) Soporte derecho módulo de control.....	65
Figura 3.8.(13) Diagrama de instalación de sistema del combustible a diesel.....	66
Figura 4.2.(1) Influencia del costo de combustible en la operación de los vehículos.....	68
Figura 4.4.(1) Costo de mantenimiento de los vehículos.....	76
Figura 6.4.(1) Estación de servicio de llenado rápido.....	90
Figura 6.4.(2) Estación de servicio de llenado lento.....	92
Figura 6.4.(3) Estación de servicio de llenado combinada.....	94

LISTA DE TABLAS.

		Página
Tabla 1.3.(1)	Composición de un aire limpio.....	12
Tabla 1.9.(1)	Propiedades físicas y químicas del gas natural.....	24
Tabla 2.4.(1)	Clasificación de los vehículos según su peso bruto vehicular.....	33
Tabla 2.6.(1)	Especificaciones técnicas de la unidad 55119080.....	36
Tabla 2.7.1.(1)	Niveles máximos permisibles de emisión de contaminantes en gr./bhp-hr. para vehículos pesados.....	38
Tabla 3.5.(1)	Motores dedicados a gas natural.....	46
Tabla 4.3.(1)	Costo de combustible por día de la flotilla a diesel.....	70
Tabla 4.3.(2)	Costo de combustible por día de la flotilla a Dual-Fuel.....	71
Tabla 4.3.(3)	Costo de combustible por día de flotillas a Dual-Fuel y a diesel.....	73
Tabla 4.3.(4)	Inversión inicial en flotillas a Dual-Fuel y a diesel.....	73
Tabla 5.4.(1)	Programa de mantenimiento a detalle para unidades 55119080 con motor Caterpillar 3126G Dual-Fuel.....	80
Tabla 5.5.(1)	Inventario de refacciones y consumibles.....	86
Tabla 6.7.(1)	Infraestructura de estaciones de servicio en México.....	96

INTRODUCCIÓN.

ANTECEDENTES.

Antes de la conquista Española el medio de transporte era el propio indígena, los tamemes cargaban sobre sus espaldas los productos transportados, sin importar la distancia que tuvieran que recorrer.

Con la conquista Española llegaron los caballos representando el principal medio de transporte, cuando menos el de las personas.

Por estas mismas décadas llegaron las mulas de carga de las Antillas impulsando tremendamente la arriería. Cuando éstas llegaron a la nueva España eran muy apreciadas y escasas, lo que hizo que los precios de estos animales se elevaran exorbitantemente, llegando a permutarse veinte esclavos por un animal de éstos. Su alto precio se transfirió a los costos de transporte, alcanzando niveles tales que con frecuencia el valor del producto transportado era igual al del transporte, especialmente cuando se trataba de artículos voluminosos y de escaso valor como los agrícolas.

En vista de los grandes beneficios que se podían obtener con semejantes precios, la cría de estos animales y la arriería gozaron de un auge espectacular; sólo el comercio de Veracruz a México utilizaba cerca de 70 mil bestias de carga anualmente.

Por otro lado, utilizando la rueda, cuya función en el desplazamiento de los objetos ya era conocida en Europa, empezaron a construirse carretas y carros. A partir de entonces hubo una verdadera explosión en la producción de todo tipo y tamaño de carros y carretas de dos ruedas; tanto así que, en 1538, apenas dos años después de la construcción de los primeros vehículos, el cabildo de la ciudad de México tuvo que prohibir la circulación de carretas que transportaban productos por la ciudad, al grado de confiscar la carga a los transgresores.

De esta manera, con la proliferación de las bestias de carga y la intensificación del uso de la rueda se dispararon los resortes que revolucionaron los caminos de la nueva España, abriéndose senderos hacia los cuatro puntos cardinales, principalmente a las ciudades con intensa actividad económica.

No es hasta el año de 1771 cuando realmente “arranca” la historia del transporte cuando el Francés Nicholas Joseph Cugnot construye su estrafalario pero mecánicamente acertado vehículo de vapor denominado “Fardler”.

Las cosas empezarán a vislumbrarse de otra manera cuando en 1804 el Suizo Isaac Rivaz construye un “cacharro” propulsado por un motor de explosión utilizando una mezcla de gas metano y aire.

En Inglaterra se hacen famosas las diligencias de vapor de Julius Giffith y Hancock en 1821 y 1830 respectivamente.

En las primeras décadas de 1900 los automóviles experimentaron otra serie de mejoras o avances principalmente lo relacionado al sistema de arranque, carburación, frenos, amortiguadores, limpiaparabrisas, vidrios de seguridad, entre otros.

En 1908 tiene lugar en EU otro suceso importante cuando Henry Ford fabrica en serie su modelo “Ford T”.

Avances más recientes son las cajas de velocidades, los frenos de discos, etcétera.

No es hasta el año de 1940 cuando el desarrollo del automóvil se estabiliza y las conquistas técnicas se hacen menos frecuentes.

En las décadas que comprenden los años de 1960 a 1980, sin embargo, se registran nuevos avances como la inyección de gasolina, los sistemas de freno antibloqueo, etcétera.

Aparecen también en estas décadas los primeros desarrollos en materia de eficiencia de motores como los diesel turboalimentados.

El automóvil ha alcanzado hoy en día sin duda alguna un nivel de perfeccionamiento, por lo que cabe esperar nuevas innovaciones en las próximas décadas, principalmente en lo referente a los sistemas de antipolución y en la búsqueda de una todavía mayor eficiencia energética.

Así, hasta hace unos cuantos años, las modificaciones substanciales en los vehículos ocupaban temas como la potencia, la comodidad y la seguridad.

Hoy, la verdadera transformación “recorre” un nuevo camino “el uso de combustibles alternos” como el hidrógeno, la electricidad, el etanol, el metanol, el gas licuado de petróleo y por supuesto el gas natural comprimido (GNC), entre otros.

Estos combustibles alternos persiguen el objetivo de demostrar que es posible realizar las actividades industriales sin causar detrimento a la naturaleza y sobre todo en forma económica.

Con respecto al GNC utilizado como combustible en vehículos automotores de combustión interna se tiene indicios de su uso de manera óptima en países como Italia, Argentina, Nueva Zelanda y Canadá desde hace 50 ó 60 años.

En nuestro país los primeros vehículos construidos bajo esta modalidad los realizó la armadora “Dina Camiones” en el año de 1992 cuando en ese entonces dominaba completamente el mercado nacional.

Su objetivo era dotar a los transportistas de unidades que utilizaran gas natural como una alternativa para reducir la contaminación atmosférica emanada por el transporte de carga y urbano.

Para lograr lo anterior utilizó dos motores “dedicados” a gas natural de las firmas Hércules y Cummins para construir dos prototipos.

Específicamente Dina ha desarrollado tres prototipos 551 refresqueros, un 433 para aplicación de minibús, un chasis 555 y un 634 urbano, es decir prácticamente todas las modalidades que se manejan en el ámbito del transporte.

En el año de 1998 el gobierno mexicano preocupado por los altos índices de polución que privan en la ciudad de México, emitió una licitación pública para construir 480 unidades recolectoras de basura que utilicen gas natural como una manera de incentivar el uso de este combustible en aplicaciones vehiculares.

Dada la experiencia vasta que tenía en el ramo, Dina Camiones participó y ganó junto con la armadora Mercedes-Benz para construir 50 % de dichas unidades.

JUSTIFICACIÓN.

El gas natural comprimido como combustible alternativo en vehículos que recorren cortas distancias y de uso intensivo, es decir en unidades con un notable número de kilómetros recorridos; hoy en día tiene una probada aceptación a nivel mundial debido a que combate las emisiones contaminantes que ello origina por las excelentes ventajas en materia ambiental que posee dicho combustible.

Estas características hacen del gas natural el mejor de los combustibles alternos en aplicación vehicular, prueba de ello es que a nivel mundial existen más de 3 millones de vehículos que utilizan como combustible gas natural comprimido, sólo por mencionar en Argentina circulan 1,015,960 vehículos, en Italia 400,800 y en USA 130,000.

En México actualmente circulan 2,638 vehículos a gas natural comprimido de entre los cuales 1,500 corresponden a microbuses, 480 a recolectores de basura, 650 a patrullas y a vehículos utilitarios y 8 a prototipos.

En este sentido, para México el uso del gas natural como combustible representa un factor importante para reducir la contaminación que se tiene en algunas de sus principales ciudades industriales como: Guadalajara, Monterrey y México. Contaminación que se estima es provocada en un 70 % por la gran cantidad de vehículos que transitan por ellas.

Debido a lo anterior se vislumbra una perspectiva de negocio en el ramo del transporte vehicular ya que se estima un crecimiento significativo, pues en la medida de que existan cambios en las leyes ecológicas para mantener un ambiente limpio en las ciudades, cosa que ya ocurre en la actualidad, paulatinamente el viejo parque vehicular tendrá que ser sustituido o convertido a vehículos a gas natural, lo que implica un crecimiento en su consumo de 55.4 % anual, así para el año 2008 será de 2 millones 830 mil metros cúbicos.

De esta manera se considera que el aspecto que impulsará la construcción de este tipo de vehículos será el endurecimiento de la legislación internacional en materia de contaminación atmosférica.

Así, para el año 2009, la Unión Europea espera que por ley no exista emisión de gases sulfurosos, por su parte EU desea que en 2020 los vehículos contaminen 50 % menos que ahora.

Mientras que actualmente alrededor del mundo muchos gobiernos toman medidas para incentivar el uso de este combustible alternativo, sobre todo en materia de transporte público y de carga, y nuestro país afortunadamente no es la excepción.

ALCANCES Y LIMITACIONES.

Entre las limitaciones que se encuentran en el presente trabajo es que sólo se contemplan dos sistemas de todos los que conforman a un vehículo; el sistema motor y el sistema de combustible Dual-Fuel específicamente.

En el primero no se consideran aspectos de montaje, ni del motor ni de los demás sistemas que complementan su función como es el caso del sistema de enfriamiento.

Respecto al segundo es importante mencionar que éste se aborda desde la perspectiva de utilizar una mezcla de combustible formada por gas natural y diesel y no únicamente gas como inicialmente estaba estipulado en la licitación; lo anterior se decidió por el simple hecho de que nuestro país no contaba ni cuenta con la infraestructura necesaria en cuanto a estaciones de servicio se refiere para que los vehículos puedan recargarse de este combustible.

Sin embargo, lo aquí estipulado sirve como referencia para el desarrollo de vehículos “dedicados”, considerando los cambios pertinentes.

Es importante mencionar que el presente trabajo es resultado de la experiencia laboral que obtuve en la empresa Dina Camiones; pionera en el ensamble de este tipo de unidades, específicamente en el departamento de ingeniería del producto. No obstante que ésta empresa dejó de operar por razones financieras al final del año 2000, la experiencia adquirida y los conocimientos tecnológicos ejercidos han servido para que mucho personal se haya podido incorporar a la tan competitiva industria automotriz de nuestro país y en donde por supuesto me incluyo.

En este sentido mi participación se limitó a analizar y a diseñar el sistema de combustible bajo esta modalidad para ser integrado a la demás información de los otros grupos o sistemas para finalmente lograr construir el prototipo esperado.

Es importante mencionar que debido a que la innovación tecnológica del sector automotriz está desarrollada principalmente por países de lengua inglesa y

dada la gran dependencia tecnológica de nuestro país con éstos, durante el desarrollo del presente trabajo se utiliza el sistema inglés de unidades; no obstante cuando se considera adecuado se usa el sistema internacional de unidades, en este sentido a menudo se utilizarán ambos sistemas cuando la claridad así lo amerite.

OBJETIVO.

La elaboración del presente trabajo tiene por objeto:

“Diseñar un sistema de combustible bajo la tecnología Dual-Fuel para ensamblar un vehículo prototipo 55119080 que utilice como medio de propulsión gas natural comprimido y diesel; destinado a la recolección de basura en la ciudad de México; tomando como base una unidad ya aprobada y fabricada como lo es el modelo 55119050, lo anterior con la finalidad de contribuir a mitigar la contaminación atmosférica y hacer más rentable la industria del transporte de carga”.

Para lograr lo anterior es imperativo alcanzar los siguientes objetivos específicos:

- a).- Seleccionar al motor y a los cilindros de almacenamiento de gas natural.
- b).- Elaborar el plano de la unidad donde se muestre la localización idónea de los cilindros de combustible de gas natural.
- c).- Diseñar los medios de sujeción de los cilindros de almacenamiento.
- d).- Realizar diagramas de instalación de los diseños involucrados.
- e).- Realizar un estudio comparativo del combustible diesel convencional con respecto al bicomcombustible (gas natural y diesel) para demostrar las ventajas económicas y ecológicas de éste último.

ESTRUCTURA DE LA TESIS.

La presente tesis contiene seis capítulos dispuestos de la siguiente manera: En la “introducción” se informa acerca de los antecedentes de los primeros medios de transporte, se hace una breve pero interesante historia sobre la evolución de los vehículos, sin dejar pasar por alto a los que utilizan el gas natural como combustible alternativo en nuestro país. Se dan a conocer también la justificación, el alcance y las limitaciones, para finalmente mostrar los objetivos que persigue este trabajo.

En el capítulo uno destinado al “marco teórico” se da a conocer el fenómeno de la contaminación atmosférica, su impacto en nuestra sociedad y se mencionan algunas medidas para combatirla.

También se considera aquí el estudio del gas natural como combustible alternativo en aplicaciones vehiculares, se conoce su historia, sus principales aplicaciones, se analizan sus ventajas y desventajas, etcétera.

El capítulo dos “descripción y características del producto”, está enfocado a entender cómo se configura un camión básico, qué es, cómo se clasifican los vehículos y a identificar al prototipo modelo 55119080.

Se da a conocer también las especificaciones técnicas que debe poseer el vehículo y las normas de calidad a las cuales deberá sujetarse.

El capítulo tres “el sistema de combustible Dual-Fuel” tiene como principal objetivo analizar en qué consiste la tecnología Dual-Fuel, cómo funciona, cuáles son sus principales constituyentes, etcétera.

También aquí se retoman los sistemas motor y combustible; sistemas modulares para la construcción de dicho prototipo, así como también se realizan todas las memorias de cálculo necesarios para seleccionar a los cilindros de almacenamiento y mostrar el diseño de los soportes para su montaje. Así mismo se elabora el plano donde se ubica su localización.

En el capítulo cuatro “análisis económico de operación” se realiza un estudio del comportamiento del vehículo en campo para determinar las ventajas de utilizar la tecnología dual-fuel a base de gas natural y diesel en una flota.

El capítulo cinco “mantenimiento del vehículo”, tiene como objetivo mostrar un programa de mantenimiento a detalle propuesto para el vehículo en cuestión, así como mostrar una lista de materiales a mantener con el objeto de evitar al máximo el tiempo ocioso del vehículo.

El Capítulo seis está dedicado a “estaciones de servicio de gas natural”, tiene como finalidad mostrar los tipos de estaciones de servicio que existen, sus características de funcionamiento, sus componentes principales, etcétera. También se muestra la infraestructura actual con que cuenta nuestro país en este rubro.

Finalmente, se establecen algunas conclusiones y recomendaciones derivadas durante el desarrollo del presente trabajo que nos permiten proponer algunos proyectos futuros de investigación.

CAPÍTULO 1.

MARCO TEÓRICO.

1.1 INTRODUCCIÓN.

El propósito de este capítulo es conocer el fenómeno de la contaminación atmosférica y el impacto que provocan los vehículos que utilizan los combustibles fósiles convencionales como la gasolina y el diesel cuando estos son quemados por sus motores. Provocando así que dicho fenómeno se manifieste principalmente en las ciudades densamente pobladas tanto de seres humanos como de unidades vehiculares, como es el caso de nuestra ciudad de México.

Se darán a conocer también los efectos que produce la contaminación atmosférica al ser humano, así como al medio ambiente y sobre todo se manifestarán algunas acciones para combatirla.

También se conocerá las principales características del gas natural, uno de los combustibles denominados “alternos” que más perspectiva tiene para ser utilizado en los motores de combustión interna y que ayuda enormemente a mitigar en gran medida la contaminación atmosférica.

A continuación procedemos a desarrollar lo anterior.

1.2 QUÉ ES LA ATMÓSFERA.

La atmósfera es una Capa gaseosa que rodea a la Tierra y la protege de los letales rayos solares y de la mayoría de las radiaciones cósmicas. Volatiliza casi todos los meteoritos antes de que alcancen la superficie. Aísla nuestro mundo del frío espacio y acumula el calor que en forma constante manda el sol; garantizando así la continuidad de la vida superior en nuestro planeta.

Curiosamente esta compuesta en proporción mayoritaria (78 %) de un elemento inerte que no favorece a la vida: El nitrógeno, a quien los griegos llamaron “asoe” que quiere decir “sin vida”, y minoritariamente (21 %) del elemento que permite la evolución de las especies muy sofisticadas en el planeta Tierra: El oxígeno.

El 1 % restante lo conforman, además de vapor de agua, gases como el bióxido de carbono, el metano y gases nobles como el radón, el xenón y el

kriptón. Además, actualmente tenemos que sumarle a lo anterior “ LA CONTAMINACIÓN”, o sea los desechos gaseosos que los seres humanos arrojamamos a nuestra atmósfera.

Tiene un espesor de unos 1,000 kilómetros divididos en varias capas: La primera y en la que se desenvuelve la vida, es la troposfera, que es la capa “pegada” al suelo y a la que afectamos mayormente con los desperdicios que arrojamamos al aire.

Sobre la troposfera se encuentra la tropopausa, donde se encuentra la capa protectora de ozono; sobre ella se encuentra la estratósfera, más allá la estratopausa, que se convierte en ionósfera, la última capa de la atmósfera antes de entrar al vacío total.

Es importante señalar que conforme se va ascendiendo en la troposfera, la temperatura va descendiendo en forma proporcional, pero al llegar a la estratósfera, el proceso se invierte y podemos encontrar temperaturas hasta de dos mil grados centígrados, que de nuevo va disminuyendo conforme a la altura hasta llegar al espacio interplanetario, donde cae hasta cerca del cero absoluto.

1.2.1 LA PROBLEMÁTICA DE LA CONTAMINACIÓN ATMOSFÉRICA.

La atmósfera era conocida en la década de los 60's como simple “aire”, como un elemento que “ahí estaba” y que nos servía para respirar , pero que no tenía mayor importancia y que casi todo lo que se podía investigar a cerca de ella ya se conocía. En ese tiempo no se hablaba de “la química atmosférica” y los incipientes estudios sobre ello no arrojaban nada interesante o excitante de lo que sucedía en ese “aire”.

Más sin embargo fue precisamente LA CONTAMINACIÓN ATMOSFÉRICA la que cambio todo el panorama científico respecto al interés y al conocimiento del velo transparente que envuelve a la tierra. Precisamente durante los años 60's se empezaron a levantar voces de los científicos acerca de los cambios atmosféricos que las actividades humanas, fundamentalmente en los países con un alto grado de desarrollo industrial estaban causando; al darse cuenta de que la atmósfera no era tan grande como para absorber todo lo que se estaba vertiendo ya en ese entonces.

La percepción de que nuestra atmósfera es inmutable y de que siempre será como la conocemos ahora, esta cambiando para dar paso a la sospecha de que esta cambia de acuerdo a las agresiones que cometamos contra ella.

Hoy en día sabemos que la cantidad total de oxígeno que existe en nuestra atmósfera es producto mayoritariamente (80 %) de la fotosíntesis de miles de millones de diminutos seres en los océanos llamados “fitoplancton” y minoritariamente (20 %) de los bosques del planeta. ¿Cuánto oxígeno hay en total en nuestra atmósfera? A Mayo de 1994, había, 1,200 billones de toneladas. ¿Es mucho o poco 1,200 billones de toneladas?

Analicémoslo; este oxígeno alcanza para que los seres humanos que ya somos actualmente (5,400 millones de habitantes) tengamos el vital fluido necesario para la vida por 150 mil años, suponiendo que ningún otro ser vivo necesitara oxígeno. Si partimos de la base de que cada persona, cada ser humano consume 4.5 kg de oxígeno diario. 150 mil años en la vida del planeta es un tiempo insignificante (nuestro hogar tiene 3 mil 500 millones de años, y nosotros, los auto nombrados “homo sapiens” tenemos 4 millones de años). Si la población mundial de seres humanos se duplicara para el año 2050, como está presupuestado a nuestro ritmo actual de crecimiento, el oxígeno total producido en el planeta alcanzará sólo para 75 mil años.

Si les concedemos el derecho a las vacas, los perros, los borregos, los gatos y demás seres vivos de respirar también, reduciríamos esos 75 mil años a probablemente 37 mil 500 años.

A nadie de nosotros probablemente nos preocupe lo que suceda dentro de 37 mil 500 años, pero a las futuras generaciones si les preocupará.

En este sentido los que habitamos actualmente este planeta debemos comprometernos con la vida y con un ambiente sano para la futuras generaciones, para ello es necesario entender los mensajes que nos esta enviando nuestra atmósfera y actuar para evitar un inminente colapso biológico futuro. Debemos entender claramente que la composición del aire que respiramos actualmente depende de los organismos que producen oxígeno: el fitoplancton y de la conservación de nuestros bosques o en su caso de su incremento.

1.3 DEFINICIÓN DE CONTAMINACIÓN ATMOSFÉRICA.

Una vez de que se ha analizado el concepto de atmósfera, de que se conoce sus principales elementos que la constituyen y de la problemática en lo referente a su contaminación; es pertinente emitir un concepto de CONTAMINACIÓN ATMÓSFERICA, para ello es necesario primero conocer la composición ideal de un aire limpio [Tabla 1.3.(1)] que garantice la continuidad de la vida superior en nuestro planeta. Cabe destacar que dicha composición de aire es la que el planeta fue creando a lo largo de estos 3 mil 500 años para que la vida se fuera desarrollando.

Como se puede apreciar en dicha tabla, cuatro son los gases que conforman casi el total de la atmósfera: nitrógeno, oxígeno, argón y bióxido de carbono. Sin embargo el 0.008 restante, es decir 8 partes de cada diez mil, tiene una importancia vital y una mínima transformación en su composición puede poner en peligro la vida, tanto de los seres humanos, como de muchas otras especies.

Pareciera que las concentraciones de bióxido de carbono y de ozono, son tan pequeñas que bien podrían variar sin que resultara afectada la composición general, pero como se demostrará más adelante no es así, y una mínima variación tendría trastornos gravísimos.

Tabla 1.3. (1) Composición de un aire ideal limpio.

Sustancias.	Fórmula.	Porcentaje.	Fracción en peso.	Masa molecular.
Nitrógeno	N ₂	78.09 %	75.37	3,920,000,000
Oxígeno	O ₂	20.94 %	23.10	1,200,000,000
Argón	Ar	0.93 %	1.41	73,000,000
Bióxido de carbono	CO ₂	0.032 %	0.044	2,300,000
Neón	Ne		18 ppm	65,000
Helio	He		5.2 ppm	3,800
Metano	CH ₄		1.5 ppm	3,700
Kriptón	Kr		1.0 ppm	15,200
Hidrógeno	H ₂		0.5 ppm	190
Oxido nitroso	N ₂ O		0.25 ppm	1,950
Monóxido de carbono	CO		0.1 ppm	500
Ozono	O ₃		0.02 ppm	200

Fuente: Guerra L., (1995), "El aire Nuestro de cada día", Diana, México, p. 25.

En este sentido podemos establecer el siguiente concepto de contaminación atmosférica.

Contaminación atmosférica.- Hay contaminación atmosférica del aire cuando la presencia de una sustancia extraña o la variación importante en la proporción de sus constituyentes, es susceptible de provocar efectos perjudiciales o de crear molestias, teniendo en cuenta el estado de los conocimientos científicos del momento. (Consejo de Europa en 1967).

Así, por ejemplo a finales del siglo XVIII cuando James Watt perfeccionó la máquina de vapor, la concentración de CO₂ en la atmósfera era de unas 280 partes por millón, actualmente se estima en 375.

1.4 PRINCIPALES CONTAMINANTES.

Dentro de los principales agentes que contribuyen a la contaminación atmosférica se encuentran los siguientes:

Ozono (O₃).- El ozono es una forma alotrópica del oxígeno que se presenta de manera natural en la atmósfera en pequeñas cantidades. Es sumamente reactivo e inestable. Se produce como resultado de algunas operaciones derivadas de las actividades del hombre y mediante diversas reacciones que tienen lugar en la naturaleza:

a).- En forma natural directa.- En la estratósfera, mediante la fotodisociación de oxígeno molecular, con radiación ultravioleta proveniente del sol.

b).- En forma artificial directa.- Mediante algunos procesos y actividades como la soldadura, fabricación de peróxido de hidrógeno, precipitadores electrostáticos y algunas maquinas fotocopiadoras.

c).- En forma natural indirecta.- Durante la formación del Smog, mediante una serie de reacciones fotoquímicas que se llevan a cabo en la atmósfera inferior.

d).- En forma artificial indirecta.- A partir de los óxidos de nitrógeno provenientes de la combustión a altas temperaturas.

Partículas suspendidas totales (PST).- Son componentes de la contaminación atmosférica producidas, tanto en forma natural, como por emisiones industriales y vehiculares. La característica más importante de estas partículas es su tamaño, siendo las más dañinas las de un tamaño menor a las 10 micras (PM10) ya que pueden permanecer en el aire durante largo tiempo. Estas constituyen el segundo elemento contaminante en importancia en el valle de México.

Hidrocarburos (HC).- Son compuestos orgánicos formados exclusivamente por átomos de carbono e hidrógeno. Su complejidad y sus propiedades dependen principalmente del número de átomos de carbono que contengan sus moléculas. Su relación con la contaminación atmosférica recae en varios aspectos siendo el principal a su gran utilización como combustible energético originando emisiones de monóxido de carbono. Durante el proceso de

almacenamiento, distribución y suministro de combustible como la gasolina se presentan en pérdidas por evaporación. Son precursores del ozono nocivo.

Plomo (Pb).- El plomo es un metal sumamente tóxico que por sus propiedades es ampliamente utilizado por el hombre como materia prima para la fabricación y obtención de una gran variedad de bienes de consumo como: pinturas, soldaduras, baterías, acumuladores eléctricos, elaboración de insecticidas, cosméticos, vidrios, etcétera.

Los compuestos de plomo en áreas urbanas procedentes de emisiones vehiculares contribuyen en un 90 % a la presencia de este compuesto en la atmósfera.

Monóxido de Carbono (CO).- Por sus características fisicoquímicas se encuentra presente aun en lugares cerrados y su principal afectación es en la reducción de la hemoglobina, disminuyendo la cantidad de oxígeno en el cerebro. Es posible que un número considerable de habitantes se encuentren expuestos a concentraciones superiores y peligrosas de este peligroso contaminante.

Bióxido de carbono (CO₂).- Es un gas incoloro e inodoro que en sentido estricto no es un contaminante, ya que se produce en forma natural y no produce ningún daño específico en cantidades normales, sin embargo el hecho de que un aumento de su concentración en la atmósfera ocasiona graves daños es motivo de que cada vez sea más estudiado.

Las grandes cantidades de este compuesto que el hombre produce en sus diferentes actividades tienen como destino los océanos en donde el fitoplancton lo transforma en oxígeno, las plantas lo utilizan en la fotosíntesis para producir oxígeno, pero la creciente quema de combustibles fósiles ha sido tan grande que no ha podido la naturaleza transformar el excedente de bióxido de carbono que este fenómeno produce.

Bióxido de Azufre (SO₂).- Es un compuesto generado por el proceso de combustión de energéticos, principalmente carbón y derivados del petróleo crudo que contengan azufre en su composición como el diesel y el combustóleo.

Es un gas incoloro y no inflamable, presenta un olor acre e irritante, su permanencia en la atmósfera es de 4 días. Contribuye a la producción de lluvia ácida e incrementa la concentración de partículas suspendidas en el aire.

Óxidos de Nitrógeno (No_x).- Los óxidos del nitrógeno son compuestos químicos en su mayor parte derivados de procesos de combustión, ya que el aire que se requiere para que ésta se realice contiene nitrógeno en su composición. Se estima que las emisiones anuales son aproximadamente 53 millones de toneladas. Pueden actuar como precursores en la formación del ozono maligno.

1.4.1 PRINCIPALES FUENTES EMISORAS DE CONTAMINACIÓN ATMOSFÉRICA.

Tradicionalmente se consideran como fuentes emisoras de contaminación atmosférica a dos grupos de gran importancia y que se clasifican de la siguiente manera:

Fuentes emisoras naturales.- Son aquellas en las que la mano del hombre no interviene, estas se dan en las erupciones volcánicas, incendios forestales, tolvánicas, en la descomposición de partículas orgánicas y ozono entre otras.

Fuentes emisoras artificiales.- Son aquellas en las que la mano del hombre interviene directamente, es decir son provocadas por él durante la manipulación de los recursos naturales para satisfacer sus necesidades, estas se pueden subdividir en tres grupos, a saber:

a).- Fuentes emisoras artificiales fijas.- Éstas se suscitan durante la operación de fabricas, talleres en general, instalaciones nucleares, termoeléctricas, refinerías de petróleo , plantas procesadoras de cemento, de fertilizantes, plantas fundidoras de hierro y acero, baños públicos, incineradores industriales, comerciales, domésticos y de servicio público.

b).- Fuentes emisoras artificiales Móviles.- Éstas se generan durante la operación de plantas industriales durante el desarrollo de sus diversos procesos de producción, destacan entre estas las plantas de emergencia generadoras de energía eléctrica , las plantas elaboradoras de concreto, etcétera y principalmente mediante la operación de gran cantidad de vehículos de combustión interna.

c).- Fuentes emisoras artificiales diversas.- Son aquellas que de manera irresponsable el ser humano realiza al quemar basura o residuos peligrosos a cielo abierto, al usar explosivos o al realizar cualquier tipo de combustión que produzca contaminación.

1.5 PRINCIPALES DAÑOS OCASIONADOS POR LA CONTAMINACIÓN ATMÓSFERICA AL SER HUMANO.

Dentro los principales efectos nocivos que experimenta el ser humano debido a la contaminación atmosférica se encuentran los siguientes:

- Bajo desarrollo de la capacidad pulmonar de los menores.
- Disminución de la esperanza de vida de la población.
- Predisposición y agudización a cierto tipo de crisis asmáticas.
- Mayor desarrollo de todo tipo de padecimientos bronquiales.
- Posibilidad de desarrollar leucemia aguda, cáncer nasal, de pulmón y faringeo.
- Alteraciones en el desarrollo del sistema nervioso central e inmunológico.
- Predisposición al sexo femenino en los recién nacidos.

1.6 PRINCIPALES EFECTOS PRODUCIDOS POR LA CONTAMINACIÓN ATMÓSFERICA.

Los principales fenómenos que se suscitan por la contaminación atmosférica son los tres siguientes:

Lluvia ácida.- Se denomina así al fenómeno en el cual se transforman en la atmósfera diversos compuestos como los óxidos de azufre y los óxidos de nitrógeno, principalmente originados en reacciones de combustión al combinarse con la humedad de la atmósfera. El resultado de estas reacciones es la producción de pequeñas gotas o aerosoles de ácidos fuertes derivados de los óxidos mencionados, por ejemplo el ácido sulfuroso, sulfúrico y nítrico. Estos ácidos son transportados y depositados tanto en el suelo o cuerpos de agua, así como en plantas y ciertos materiales; debido a la naturaleza oxidante de tales compuestos cambian sus propiedades químicas, alterando la mayoría de veces su potencial de hidrógeno, originando problemas de corrosión. La lluvia ácida representa un peligro para los monumentos históricos, provoca la

muerte de peces y plantas y contamina los alimentos, actualmente no existe un límite de exposición o de control de este fenómeno.

EFEECTO DE INVERNADERO.

Es el fenómeno que se produce cuando la tierra al recibir energía del sol emitida en forma de rayos infrarrojos, los cuales no escapan de la atmósfera ya que compuestos como el bióxido de carbono, metano y otros absorben esta radiación manteniendo el calor de la superficie terrestre, teóricamente un incremento excesivo de bióxido de carbono implicaría cambios climatológicos resultantes de un aumento de temperatura, elevación del nivel del mar y otros impactos ya registrados en la actualidad.

ALTERACIÓN DE LA CAPA DE OZONO.

Se ha dicho con antelación que el ozono es un estado alotrópico del oxígeno, que contiene tres átomos de éste en vez de dos átomos que tiene el oxígeno en su estado natural.

Su acción para el ser humano es doble, estando a nivel de la tierra es nocivo y causa de muchos daños mientras que estando en la estratósfera es el gran escudo protector de la tierra y de los rayos ultravioleta en sus tres fracciones, la UVA, la UVb y la UVc.

Y es aquí precisamente en esta capa de la atmósfera a una altura entre los 15 y 60 kilómetros donde el oxígeno existente por la presencia de los rayos ultravioleta, funcionan como catalizador, se transforman en ozono absorbiendo precisamente la radiación ultravioleta. De inmediato por ser inestable el ozono se vuelve a transformar en oxígeno para reiniciar otra vez con el cambio. Continuamente una superficie de esta capa de oxígeno-ozono está dando la cara al sol y absorbiendo los rayos ultravioleta.

Sin embargo, cuando estas moléculas se ven afectadas u obstruidas por otro tipo de moléculas, ajenas a la composición ideal de la atmósfera. La reacción reversible se convierte en irreversible y los rayos pasan directamente hasta la Tierra.

Lamentablemente el ser humano por el uso indiscriminado de gases con cloro, como los clorofluorocarburos, la concentración de ozono sea invertido; al nivel de la tierra , donde no debería existir, esta creciendo su concentración,

mientras que en la capa superior de la atmósfera, donde es necesario lo estamos destruyendo.

El efecto más importante y que más preocupa al ser humano es que la presencia de la radiación ultravioleta en cantidades excesivas, causa la muerte del fitoplancton que, como ya se ha señalado, es el que genera el 80 % del oxígeno renovado a partir del bióxido de carbono. Este efecto también lo resienten muchos árboles en las selvas tropicales, a los que causan envejecimiento y consecuente muerte prematura. En una palabra un grave trastorno para la vida vegetal del planeta.

1.7 ACCIONES PARA COMBATIR LA CONTAMINACIÓN ATMOSFÉRICA.

Para que seamos merecedores del título de “sapiens” que nos hemos dado, es preciso hoy más que nunca, que encontremos las formas de desarrollo humano que nos permitan convivir con nuestra atmósfera sin ensuciarla ni rasgarla como lo estamos haciendo en este preciso instante.

Tendremos forzosamente que reducir en forma drástica y definitiva la emisión de gases que afectan la composición del aire limpio sin crear desde luego desempleo ni cancelar las aspiraciones legítimas de toda la raza humana en su anhelo de encontrar una vida mejor.

Lo anterior es posible pero requiere de esfuerzos que implican cambios y modificaciones de nuestra diaria rutina, así como también de la toma de decisiones gubernamentales que tengan por objeto reducir y combatir este flagelo que pone en riesgo la existencia humana.

Dentro de estas acciones podemos mencionar a las siguientes:

- Mejorar la calidad del diesel, disminuyendo su contenido de azufre.
- Crear conciencia en la población.
- Evitar el uso excesivo del automóvil.
- Mejorar el programa “ hoy no circula” y los sistemas de verificación.
- Separar y mejorar el sistema de recolección de basura.
- Mejorar las vialidades.
- Reforestar y cuidar los recursos naturales, evitar los incendios forestales.
- Eficientizar los sistemas de transporte colectivo metro y metrobus.

- Control de fábricas.
- Reducir el número de autos y renovar la flota vehicular.
- Promover el uso de combustibles alternos cuyo origen no sea fósil como el motor de hidrógeno y de celdas solares.
- Incentivar el uso de vehículos eléctricos y el uso de la bicicleta.
- Promover el uso de combustibles alternos como el gas natural comprimido (GNC).
- Uso de convertidores catalíticos, válvula de turbo gas, etcétera.
- Implementar sistemas de recuperación de vapores.
- Puesta en marcha de diferentes programas como: El protocolo de Kyoto, venta de carbono a países industrializados, etcétera.

1.8 QUÉ ES EL GAS NATURAL.

“Es una mezcla inflamable de hidrocarburos gaseosos saturados que consta principalmente de: metano (85.04 %), etano (11.87 %), propano (1.17 %) y butano (1.25 %), además de nitrógeno (0.67 %)” (Severns,1976).

La proporción de sus constituyentes y sus componentes varían dependiendo del lugar o sitio en donde se encuentre, así como también de las condiciones de temperatura y presión que priven en ese momento.

Por ser inodoro es sometido a un proceso denominado odorización agregándole Mercaptano para poder ser identificado por criterios de seguridad.

Más adelante se darán a conocer las propiedades físicas y químicas de este combustible por considerarlas de sumo interés.

1.8.1 ORIGEN DEL GAS NATURAL

“El gas natural tiene su origen hace millones de años en la transformación de materia orgánica como: lodo, arena, piedras, plantas y materia animal, que al acumularse gradualmente en capas, con la presión y calor de la tierra, se convirtieron en petróleo y gas natural” (INGV, 1998).

Se encuentra en rocas porosas de la corteza terrestre, las cuales no están en contacto con el aire, se suele encontrar también en yacimientos de petróleo o cerca de ellos encerrado en estratos geológicos impermeables, aunque

tomando en cuenta su estado gaseoso, puede también presentarse solo, característica que le confiere el nombre de “gas natural”.

1.8.2 HISTORIA DEL GAS NATURAL.

Los primeros descubrimientos de yacimientos de gas natural fueron hechos en Irán entre los años 6000 y 2000 a.c. Estos yacimientos de gas, probablemente encendidos por primera vez mediante algún relámpago, sirvieron para alimentar los "fuegos eternos" de los adoradores del fuego de la antigua Persia. También se tienen indicios del uso de gas natural en China hacia el año 900 a.c y es precisamente en este país en donde se reporta la perforación del primer pozo conocido de gas natural a 150 metros de profundidad en el año 211 a.c.

1.8.3 APLICACIONES PRINCIPALES.

Una de las primeras aplicaciones del gas natural ha sido en la producción de vapor, sustituyendo o complementando en las instalaciones mixtas la acción de los combustibles sólidos y líquidos como el carbón, el petróleo y el combustoleo.

Actualmente el mercado del gas natural se enmarca en 5 ramos o sectores como lo son: el sector industrial, el eléctrico, el residencial y de servicios, el petrolero y el de transporte vehicular.

Por su bajo contenido de compuestos orgánicos volátiles (VOC, por sus siglas en inglés) precursores de la formación de ozono y lluvia ácida, ambos fenómenos padecidos en grandes ciudades como Monterrey, Guadalajara y México se ha utilizado este combustible en nuestro país desde hace más de 75 años en algunas unidades habitacionales. De manera incipiente también se está utilizando este combustible en motores de combustión interna en aplicaciones vehiculares como una manera de combatir la polución atmosférica.

Para lo cual es necesario comprimirlo a grandes presiones para su almacenamiento en cilindros especiales diseñados para este fin. Característica por la cual se le nombra “gas natural comprimido” (GNC).

1.8.4 VENTAJAS DEL GAS NATURAL.

Las ventajas que este combustible ofrece al ser utilizado en motores de combustión interna pueden clasificarse en las siguientes tres grandes categorías:

a).- Ventajas de Seguridad.

- Es más ligero que el aire por lo que en caso de fuga se disipa inmediatamente hacia la atmósfera disminuyendo el riesgo de incendio o explosión accidental.
- Los cilindros donde se almacena son extremadamente seguros ya que soportan impactos severos, exposición a fuego directo e incluso no son penetrados por armas de fuego.
- Su punto de ignición es elevado (650 grados centígrados).

b).- Ventajas Ecológicas.

- Es el combustible más limpio de todos los hidrocarburos.
- Es menos contaminante que los combustibles tradicionales como el diesel y la gasolina, ya que reduce las emisiones de monóxido de carbono en un 40 %, las de óxidos de nitrógeno en un 30 %, las de hidrocarburos en un 90 % y las del bióxido de carbono en un 30 % en comparación con la gasolina.
- No es reactivo por lo que no contribuye a la formación de ozono.
- Tiene un rango de inflamabilidad muy limitado, en concentraciones en el aire por debajo del 4 % y por arriba del 14 % aproximadamente el gas natural no encenderá.
- Las emisiones por evaporación durante el proceso de llenado del vehículo prácticamente son inexistentes.
- Su combustión al ser completa arroja menos contaminantes por lo que prácticamente no contribuye al efecto invernadero.
- No emite partículas sólidas (hollín).

c).- Ventajas Económicas.

- Su precio es menor que el de otros carburantes como el diesel, la gasolina y el gas licuado de petróleo (GLP). Por lo que el costo por operación del vehículo se ve reducido enormemente.

- Su precio está subsidiado por el gobierno, representando éste el 28 % del total.
- Por su combustión completa se consume al 100 % evitando corrosión en el motor e incrementando la vida útil del aceite refrigerante y de las bujías.
- Aumenta la vida del motor y disminuye el costo por mantenimiento y reparación.
- La pérdida de potencia en el motor es insignificante al trabajar en condiciones de sobre carga.
- La recarga puede ser en serie para flotillas de encierro.
- Es un combustible de alto octanaje (125-130).
- Posibilidad de exentar el programa “Hoy no circula” por dos años.
- Suspensión de pagos por concepto de tenencia por dos años.
- Es abundante en la naturaleza.
- El tiempo de llenado del cilindro de los vehículos se realiza en un lapso de 4 a 5 minutos, similar a los combustibles convencionales.
- No puede ser ordeñado de los vehículos lo que representa un ahorro en el gasto por combustible.

1.8.5 DESVENTAJAS DEL GAS NATURAL.

En cuanto a las desventajas del gas natural en aplicaciones vehiculares podemos mencionar a las siguientes:

- Debido a su baja densidad de energía y a su gran volumen específico tiene que comprimirse a grandes presiones para poder ser almacenado y llevar combustible suficiente en poco espacio para determinado recorrido.
- Aun cuando puede reducirse al estado líquido o convertirse en otros combustibles no siempre resulta económico hacerlo, tal es el caso del gas natural licuado (GNL).
- Disponibilidad limitada de centros de distribución o de estaciones de servicio.
- Requiere una inversión inicial considerable por el costo del equipo.
- Su manipulación requiere de personal calificado.
- Su distribución requiere en algunos casos de unidades móviles de suministro.

1.9 PROPIEDADES FÍSICAS Y QUÍMICAS.

En la [tabla 1.9.(1)] se muestran algunas de las características ya conocidas y mencionadas a lo largo del presente capítulo, por considerar interesante se elaboró dicha tabla con las principales propiedades físicas y químicas del gas natural para tener a la mano algunos datos de este combustible.

CARACTERISTICA	DESCRIPCIÓN
Nombre comercial.	Gas Natural Comprimido.
Nombre Químico.	Metano.
Peso molecular.	16.042
Familia Química.	Alcanos.
Sinónimo.	Hidrido de metilo..
Temperatura de ebullición.	161.5 °C.
Presión de vapor (mmHg a 20 °C).	No registrada.
Densidad del vapor (aire = 1).	0.555
Reactividad en agua.	Ninguna.
Velocidad de evaporación (butil-acetato = 1).	Presente en estado gaseoso a temp. Ambiente.
Temperatura de autoignición.	538 °C.
Temperatura de fusión.	-183.2 °C.
Densidad relativa.	0.635
Solubilidad en agua.	No es soluble en agua.
Estado físico.	Gaseoso.
Color.	Icoloro.
Olor.	Inodoro
Punto de inflamación.	5.3 % al 14 %.
Tanto por ciento de volatilidad.	100 %.
Ingestión accidental.	No es ingerible.

Fuente: Hernández Castillo, Jesús. (1992), "Informe preliminar de riesgo con el uso de gas natural como combustible", Protección Civil , México, 20 p.

Tabla 1.9.(1) Propiedades físicas y químicas del gas natural.

CARACTERÍSTICA:	DESCRIPCIÓN:
Contacto con los ojos.	En exposición prolongada causa leve irritación.
Contacto con la piel.	No causa ningun efecto.
Absorción	Por contacto con la piel no es absorbible.
Inhalación	Produce asfixia en altas contraciones.
Daño genetico.	Ninguno.
Medio de extinción.	Con CO ₂ o polvo químico seco.
Equipo especial de protección.	No necesario en incendios leves.
Procedimiento especial de combate de incendios.	Cortar suministro de alimentación.
Condiciones que conducen a un peligro de fuego o explosión.	Fuentes de calor, chispas y flama.
Inflamabilidad.	
Limite superior de inflamabilidad.	15.0 %.
Limite inferior de inflamabilidad.	5.6 %.
Sustancia estable o inestable.	Estable.
Descomposición de productos peligrosos.	Ninguno.
Incompatibilidad, sustancias a evitar.	Ninguna.
Polimerización peligrosa.	Ninguna.
Emisiones atmosféricas.	CO ₂ y H ₂ O.

Fuente: Hernández Castillo, Jesús. (1992), "Informe preliminar de riesgo con el uso de gas natural como combustible", Protección Civil , México, 20 p.

1.10 PERSPECTIVAS DEL GAS NATURAL EN EL FUTURO.

Por su abundancia, 5, 304 billones de pies cúbicos (bpc) de reservas mundiales probadas de gas natural al cierre del año 2005, y por considerarse un combustible alternativo amigable con el medio ambiente, el gas natural es y será preferido por todos los actores de la sociedad.

Sin embargo, el verdadero motor de su evolución en la participación energética mundial radica en el crecimiento de la generación de la electricidad por medio de centrales de ciclo combinado, las cuales han marcado un nuevo rumbo en favor del uso del gas natural.

De acuerdo con las proyecciones del departamento de energía de Estados Unidos (US DOE, por sus siglas en inglés) que pronostica el crecimiento de la demanda de gas natural en el periodo 1998-2020 a una tasa promedio anual de 3.2 %. Este crecimiento ha llevado al gas natural a ocupar desde 1999 el segundo lugar como fuente de energía mundial desplazando al carbón de esta posición.

Razón por la cual se le considera ya como fuente de energía primaria al igual que a los combustibles petróleo y carbón.

En nuestro país el gas natural ofrece la perspectiva de contar con una energía a la vez económica y amigable con el ambiente en base a las reservas garantizadas para los últimos 50 años.

No obstante lo anterior, las circunstancias invitan a reflexionar profundamente sobre la urgencia aparente de permitir a la iniciativa privada la inversión no sólo en las etapas de distribución, transporte y almacenamiento del gas natural como hoy en día ocurre, sino en las etapas iniciales del ciclo como son la exploración y la extracción de gas natural, etapas que constitucionalmente le corresponden realizarlas sólo al país según el artículo 27 que nuestra carta magna estipula.

Lo anterior tiene como fundamento de que a pesar de que México es considerado como uno de los países que cuenta con grandes cantidades de este combustible (noveno lugar), actualmente no es autosuficiente en este ramo por lo que importa la quinta parte de su consumo nacional, aunado a esta situación está la problemática de tasar el precio del gas natural nacional en base al precio del gas importado, situación que frena el desarrollo del país.

Corresponde a nuestras autoridades pertinentes valorar dicha problemática para no perder nuestra soberanía nacional y evitar que la gran riqueza que la industria del petróleo genera sea entregada a particulares y privar de sus beneficios a los habitantes de nuestro país.

CAPÍTULO 2.

DESCRIPCIÓN Y CARACTERÍSTICAS DEL PRODUCTO.

2.1 INTRODUCCIÓN.

El presente capítulo tiene por objeto presentar una descripción del producto a ensamblar, se da a conocer la información necesaria y suficiente para tener un conocimiento general del producto, se comentará brevemente lo relacionado a lo qué es un camión, cómo se conforma un camión básico, cómo se clasifican, se identificará al prototipo 55119080.

Se conocerá la función de sus principales grupos o sistemas mecánicos, se darán a conocer las especificaciones técnicas del mismo, se mencionarán también las normas de calidad a las que deberá estar sujeto la construcción del vehículo; haciendo énfasis en aquellas normas relacionadas con las partes o sistemas que tienen mayor relación con el objetivo del presente proyecto.

A continuación se desarrollan y describen los puntos mencionados.

2.2 DESCRIPCIÓN DE CAMIÓN.

Un camión es un vehículo diseñado para soportar y transportar en forma eficiente, confiable y económica, pasajeros o bienes de consumo; por lo que debe contar con tres características fundamentales: capacidad para desplazarse con facilidad, razonable comodidad para el conductor o usuarios y fiabilidad mecánica que brinde la garantía de llegar al destino previsto sin averías ni accidentes.

La diferencia principal y más importante respecto a otros vehículos, es que los camiones están destinados a soportar y transportar mayor carga.

Para lograr lo anterior todos los sistemas o grupos mecánicos funcionales que lo conforman deben de estar diseñados, fabricados y ensamblados con tales objetivos.

2.3 CONFORMACIÓN DE UN CAMIÓN BÁSICO.

No importa lo que se requiera transportar: bienes de consumo o personas; el vehículo necesita tener un bastidor o chasis que viene a ser por así decirlo, la columna vertebral del mismo y sobre la cual se construye el complemento que soportará la carga.

Hasta el método más rudimentario de transporte como lo es la carretilla de mano, tiene un bastidor, aunque no sea más que dos tramos de madera para soportar una rueda entre ellos y que se alargan hasta las manos de la persona que va a empujarla.

Con ésto ya tenemos los factores fundamentales para conformar un vehículo básico: algo para soportar la carga, algo que sujete a las ruedas y una fuente de fuerza motriz.

En este sentido el camión también necesita ruedas, las cuales deben estar conectadas al bastidor y así soportar la carga, lo cual se logra mediante los ejes delantero y trasero y sus respectivas muelles para hacer más suave el transporte de la carga.

Pero para hacer girar las ruedas es necesario una fuente de energía motriz, por lo que se agrega un motor que será instalado en un lugar estratégico de acuerdo a las características del vehículo.

Ahora bien, la potencia del motor tiene que ser adaptable a las variaciones de la carga, terreno y a las demandas del conductor. Para tal problema es necesario colocar una transmisión y un eje trasero en el chasis o bastidor, conectándose entre sí por medio de una o varias flechas cardán propulsoras.

Ahora que ya está el vehículo en condiciones de operarse, debemos incorporar algunos otros componentes, antes de conferirlo a los usuarios que llevarán la carga.

Tenemos que pensar en el conductor, en darle comodidad y protección, para ello agregamos una cabina que protegerá no solamente al conductor sino también servirá para alojar los controles (volante, luces, frenos, etcétera.) y brindará una posición cómoda y confortable al conductor al guiar el vehículo.

Finalmente, es necesario incluir un accesorio que servirá para acomodar la carga, esto es una carrocería.

Las carrocerías son de muchas formas y tamaños (estacas, volteos, plataformas, tolvas, etcétera) adecuadas para lo que se tenga que transportar y para el grado de protección que se desee dar a la carga.

Con estos principales componentes tenemos un camión básico que nos permitirá soportar y transportar la carga con los requisitos antes señalados.

De manera similar podemos decir que los grupos mecánicos funcionales principales del camión chasis cabina 55119080 a ensamblar son los siguientes:

Bastidor.- Es la estructura que sostiene y soporta el rango de carga bajo condiciones de manejo anticipadas, y asegura a los componentes principales del vehículo en sus posiciones relativas.

Comprende los largueros, travesaños y posibles refuerzos los cuales son unidos por medio de remaches o tornillos.

Este tiene dos funciones principales: soportar todos los componentes como son el trén motriz, suspensiones, carrocería, la carga, etcétera y la de distribuir el peso de la carga a los puntos de apoyo.

Suspensión.- Es el sistema que proporciona comodidad y confort a los pasajeros o a la carga, da seguridad y estabilidad de marcha al vehículo. Su misión es amortiguar las irregularidades del terreno, impidiendo que dichas vibraciones se transmitan a la carrocería. En todos los vehículos los conjuntos de suspensión están compuestos de elementos elásticos como son muelles, barras de torsión o dispositivos especiales como son los amortiguadores.

Eje delantero.- Es el que soporta parte del peso bruto vehicular del camión y parte de la carga que se transporta. Otro de sus propósitos fundamentales es el de proporcionar buena maniobrabilidad a través del sistema de dirección.

Eje trasero motriz.- Es el que soporta la mayor parte del peso bruto vehicular y el que recibe la potencia del motor a través de las flechas cardán para ser transmitidas a las ruedas traseras para impulsar al vehículo. También proporciona una acción diferencial que permite que una rueda trasera gire más rápidamente que la otra, cuando el conductor decide tomar una curva con el vehículo.

Motor.- Es el elemento o conjunto de elementos destinados a proporcionar al vehículo la energía motriz para hacer posible su movimiento mediante la

transformación de la energía calorífica contenida en el combustible en trabajo útil.

Transmisión o caja de velocidades.- Es un elemento que transmite el movimiento del motor a las ruedas motrices, a través de la flecha cardán y que permite que el motor gire siempre a una velocidad adecuada para producir suficiente potencia aunque la velocidad de las ruedas sea moderada o viceversa.

Funciona mediante un sistema de engranajes dispuestos de tal forma que puedan seleccionarse diferentes relaciones, para satisfacer diversos requisitos de funcionamiento de acuerdo a las circunstancias de la marcha y a las condiciones del camino.

Embrague.- Es un mecanismo que permite conectar y desconectar a voluntad del conductor el giro del motor de la transmisión con objeto de hacer posible el arranque y el cambio de velocidades durante la marcha del vehículo.

Sistema de dirección.- Es uno de los sistemas clave en la maniobrabilidad del vehículo, ya que dependiendo de ésta, será la velocidad de respuesta que tenga el vehículo al cambiar de dirección ya sea en línea recta o en curva.

Sistema de frenos.- Es el sistema que se utiliza para detener el vehículo súbitamente o simplemente para disminuir su velocidad. Este sistema está equipado con dos tipos de frenos; uno de servicio o freno de pie y otro de emergencia o freno de estacionamiento.

Su eficacia debe estar en consonancia con el peso del vehículo y con la velocidad que sea capaz de desarrollar.

Sistema eléctrico.- Consta principalmente de un generador de energía eléctrica, un regulador de voltaje, una batería para el almacenamiento del mismo y un motor eléctrico para el arranque del motor del vehículo y todos los cables necesarios. Es fundamental también para el accionamiento de los controles de alumbrado y señalización, controles eléctricos, etcétera.

Sistema de combustible.- Tiene por objeto suministrar al motor el combustible en las condiciones adecuadas de temperatura, pureza y cantidad, evitando de esta manera pérdida de potencia en el motor y por consecuencia un mal funcionamiento de la unidad.

Comprende a los depósitos de combustible, a la línea de alimentación, a la línea de retorno y a los medios utilizados para la precalentación y filtración del combustible.

2.4 CLASIFICACIÓN DE LOS VEHÍCULOS.

Existen diversas formas de clasificar a los vehículos en el ámbito automotriz, algunas de las más usadas son las siguientes:

Los vehículos se pueden clasificar de acuerdo a su tipo en:

- a). - Automóviles.
- b). - Ómnibuses.
- c). - Camiones.
- d). - Remolques.
- e). - Motocicletas.
- f). - Bicicletas.
- g). - Diversos.

Otra forma más sencilla de clasificar a los vehículos es de acuerdo a su peso bruto vehicular, siendo vehículos ligeros los que pesan hasta 3.5 toneladas de peso bruto vehicular y pesados los de más de 3.5 toneladas.

La manera más usada de clasificar a los vehículos en la industria automotriz es también de acuerdo a su peso bruto vehicular, se utiliza en países como Canadá y Estados Unidos de Norteamérica y por supuesto en nuestro país.

En la [tabla 2.4.(1)] se muestra la clasificación de los vehículos de acuerdo a su peso bruto vehicular.

Tabla 2.4.(1) Clasificación de los vehículos según su peso bruto vehicular.

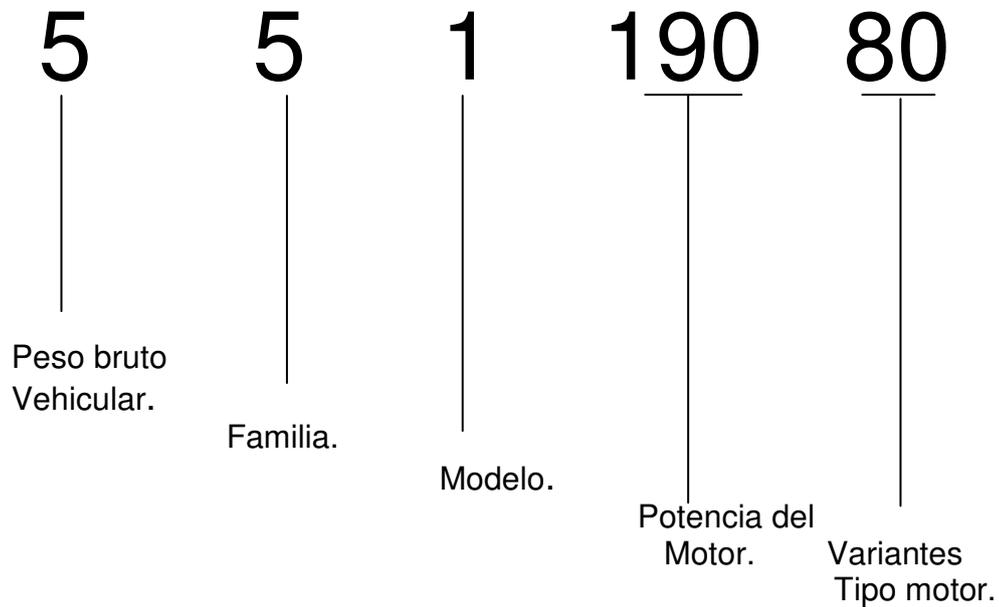
Clase	Peso bruto Vehicular Libras (lb)	Peso bruto Vehicular Kilogramos (kg)
1	6,000 ó menos	2,721 ó menos
2	6,001 a 10,000	2,722 a 4,536
3	10,001 a 14,000	4,537 a 6,350
4	14,001 a 16,000	6,351 a 7,257
5	16,001 a 19,500	7,258 a 8,845
6	19,501 a 26,000	8,846 a 11,793
7	26,001 a 33,000	11,794 a 14,968
8	33,001 ó más	14,969 ó más

Fuente: Boletín estadístico No. 25, por la Asociación Nacional de Productores de Autobuses, Camiones y Tractocamiones, A.C. (ANPACT), Diciembre de 1994, p. 5.

Con lo establecido anteriormente podemos decir que el modelo Dina 55119080 corresponde al tipo de camiones y que por estar destinado al transporte de basura se clasifica dentro de la modalidad de los que pertenecen al segmento denominados "caja", ya que utilizará una de 15.3 m³ de capacidad volumétrica, pertenece a la clase 8 y a la modalidad de los vehículos pesados por tener un peso bruto vehicular de 35,000 libras.

2.5 IDENTIFICACIÓN DEL MODELO 55119080.

DINA emplea la siguiente manera de identificar a sus modelos de vehículos para las clases 5, 6, 7 y 8. (Se muestra el modelo en cuestión 55119080).



Primer dígito.

4 = Vehículos de 7,258 a 12,700 kg.

5 = Vehículos de 12,701 a 15,422 kg.

6 = Vehículos de 15,423 a 22,680 kg.

Segundo dígito.

3 y 5 = Vehículos 4 X 2 (4 apoyos, 2 tracciones.)

6 = Vehículos 6 X 2 (6 apoyos, 2 tracciones.)

Tercer dígito.

0 = CAB OVER.

1 = CHASIS CABINA.

2 = CHASIS CORAZA.

3 = PLATAFORMA MOTOR DELANTERO.

4 = PLATAFORMA MOTOR TRASERO.

5 = BOXER.

2.6 ESPECIFICACIONES TÉCNICAS BÁSICAS DEL PRODUCTO.

En la [tabla 2.6.(1)] se muestra una ficha técnica que contiene las especificaciones generales que debe cumplir la unidad 55119080 solicitadas por el cliente.

Como se puede observar en los renglones sombreados se encuentran las características del motor y del sistema de combustible Dual-Fuel.

DESCRIPCIÓN Y CARACTERÍSTICAS DEL PRODUCTO.

TABLA 2.6.(1) ESPECIFICACIONES TÉCNICAS DE LA UNIDAD 55119080.			
CL57171/1999		CHASIS CABINA RECOLEC. MOT. CAT. DUAL-FUEL (GAS Y DIESEL) 3126G. 4X2	
NACIONAL	UNIDAD DE	55119080	
EQUIPO ESTANDAR	MEDIDA	RECOLECTOR	
DISTANCIA ENTRE EJES	plg	210.00	
VOLADO TRASERO	plg	32.00	
VOLADO DELANTERO	plg	39.18	
DISTANCIA DE DEFENSA A CABINA	plg	111.36	
DISTANCIA DE CABINA A BASTIDOR	plg	169.82	
DISTANCIA DE CABINA A EJE TRASERO	plg	137.82	
LONGITUD TOTAL	plg	281.18	
PESO BRUTO VEHICULAR	lb	35,000	
SECCIÓN LARGUERO	plg	"C"10.125x3.5625x0.3125	
SECCIÓN REFUERZO	plg	"L"9.75x3.812x0.25	
RESISTENCIA A LA CEDENCIA	psi	50,000	
MÓDULO DE SECCIÓN ESPECIFICADO	plg ³	19.12(20.54)	
RESISTENCIA AL MOMENTO FLEXIONANTE	lb - plg	956,190(1 026,889)	
DEFENSA DELANTERA, TIPO		AERODINÁMICA A TODO LO ANCHO DE LA CABINA, MATERIAL TERMOPLÁSTICO	
MONTAJE TRAVESAÑOS, TIPO		ATORN./REMACHADOS	
EJE DELANTERO		EATON E12001	
CAPACIDAD	lb	12,000	
SUSPENSIÓN DELANTERA		4" MULTIHOJAS	
CAPACIDAD	lb	12000.00	
AMORTIGUADORES DELANTEROS		SI	
EJE TRASERO		EATON 23065T	
CAPACIDAD	lb	23000.00	
		RELACIÓN 5.57/7.60:1	
SUSPENSIÓN TRASERA, CAPACIDAD	lb	23,500-14 HOJAS	
SUSPENSIÓN AUXILIAR, CAPACIDAD	lb	4,500-4 HOJAS	
SOPTES. SUSP. DEL./TRAS. : TIPO		FUNDICIÓN DE ACERO	
LODERAS: DELANTERAS/TRASERAS		SI/NO	
CAJA DE BATERIAS		SI, LADO IZQ. CHASIS	
CALAVERAS TRASERAS		SI	
SISTEMA DE FRENOS, TIPO		NEUMÁTICOS, LEVA-TAMBOR, DOBLE SISTEMA	
FRENOS DELANTEROS: DIMENSIONES	plg	16.5 X 5 TIPO Q	
FRENOS TRASEROS: DIMENSIONES	plg	16.5 x 7 TIPO Q PLUS	
SISTEMA DE DIRECCIÓN, TIPO		HIDRÁULICA (TRW) ROSS TAS-63	
VOLANTE, DIÁMETRO	plg	18	
EMBRAGUE, MODELO		SPICER SAS-1401 CERAMICO	
TRANSMISIÓN		SPICER ES62-5D	
PAR TORSIONAL DE LA TRANSMISIÓN	lb - pie	620	
RELACIÓN DE LAS		7.17, 3.87, 2.10,	
VELOCIDADES		1.28, 1.00	
DE LA		REVERSA	
TRANSMISIÓN		7.17	
FLECHAS CARDÁN, SERIE		SPICER 1710	
MOTOR		CATERPILLAR 3126G COMBUSTIBLE DUAL (GAS Y DIESEL)	
POTENCIA MÁXIMA MOTOR	hp @ rpm	12900 @ 2,200-2500	
PAR MÁXIMO TORSIONAL DEL MOTOR	lb - pie @ rpm	520 @ 1,440	
RUEDAS: TIPO/DIMENSIONES	plg	DISCO /22.5 x 8.25	
LLANTAS: TIPO/DIMENSIONES	plg	CONVENCIONAL CON C/1100x20-16	
LLANTA DE REFACCIÓN		NO/RIM SI	
TANQUE DE COMBUSTIBLE, CAPACIDAD	gal. (US).	(1) 54 (204.4 L) DE DIESEL LADO DERECHO CON ESCALÓN INTEGRADO Y 3 MÁS DE COMBUSTIBLE GNC. DE 56.1 GAL.(212.34 L) TOTAL. MATERIAL COMPOSITE.	
UBICACIÓN CADA UNO.			
CABINA		TIPO DE ACERO CON 2 VISERAS INTERIORES, VESTIDURA EN LAS PUERTAS, ATRÁS DEL ASIENTO Y TOLDO CON AISLANTES ACÚSTICOS.	
ASIENTO, TIPO		BANCA A TODO LO ANCHO DE LA CABINA	
CÓFRE, TIPO		AERODINÁMICO, MATERIAL DE FIBRA DE VIDRIO	
VELOCIDAD MÁXIMA	km/h.	82.96 @ 0.21	
HABILIDAD MÁXIMA A POTENCIA NETA	%	33.20	
HABILIDAD MÁXIMA A PAR NETO	%	47.00	
ARRANCABILIDAD EN PRIMERA VEL.	%	20.44	

FUENTE: Obtenido del departamento de especificaciones de la empresa Dina S.A., de C.V.

2.7 NORMAS DE CALIDAD.

Las características de diseño de la unidad 55119080 serán de acuerdo a las normas que establecen diversos organismos nacionales e internacionales que rigen la industria automotriz y que tienen el objeto de garantizar la seguridad del vehículo, la del conductor, la de los transeúntes, así como de la carga transportada. Todo ésto con los requisitos mencionados anteriormente de eficiencia, confiabilidad y economía.

Dentro de estos organismos podemos mencionar los siguientes:

Departamento de Transporte (DOT, por sus siglas en inglés).

Agencia para la Protección del medio ambiente (EPA, por sus siglas en inglés).

Dirección general de Normas Mexicanas, DGN.

Sociedad Americana de Ingeniería (SAE, por sus siglas en inglés).

Para objeto del presente trabajo únicamente mencionaremos las normas más importantes que guardan relación con el mismo, es decir de aquellos aspectos que tienen que ver con la emisión de contaminantes, el control del ruido, la construcción de los cilindros de combustible y finalmente lo relacionado a la instalación vehicular.

2.7.1 EMISIONES CONTAMINANTES.

La agencia para la protección del medio ambiente (EPA) establece los estándares de emisión de contaminantes del motor de acuerdo al peso bruto vehicular.

En nuestro caso por tratarse de un vehículo clasificado dentro de la clase 8 con un peso bruto vehicular de 35,000 libras (15,876 kg) corresponden los siguientes estándares de emisión [tabla 2.7.1. (1)].

DESCRIPCIÓN Y CARACTERÍSTICAS DEL PRODUCTO.

Tabla 2.7.1.(1) Niveles máximos permisibles de emisión de contaminantes en (gr/bhp-hr). *1 para vehículos pesados.

Categoría de emisión.	Hidrocarburos totales. HC.	Monóxido de carbono CO.	Óxidos de Nitrógeno. NOx.	Formaldehídos HCHO.	Partículas suspendidas. PM10.
USA Federal LEV.*2	—	14.4	3.8	—	0.10

Fuente: Licitación pública nacional No. FA-LPN-GDF-001-98, por el Gobierno del D.F., Octubre de 1998.

Notas:

1. - Gramos contaminantes por caballo de fuerza al freno por hora.
2. - Vehículo de emisiones bajas (LEV, por sus siglas en inglés).

2.7.2 CONTROL DE RUIDO.

Para el factor de contaminación vehicular por ruido también es la agencia para la protección ambiental quien establece la regulación del ruido tanto interno como externo para camiones y tractocamiones, siendo el estándar de 83 decibeles como máximo.

2.7.3 DISEÑO DE LOS CILINDROS DE COMBUSTIBLE.

Debido a que los cilindros de almacenamiento de GNC operan a elevada presión, aproximadamente a 3 600 psi (248 bar) éstos deben cumplir con los estándares internacionales de ANSI, de NGV-2, de AGA y cumplir con la prueba de contenedores de combustible que establece el DOT FMVSS-304.

Los cilindros seleccionados de acuerdo a características tales como: construcción y material utilizado, dimensiones geométricas , ensamblaje al vehículo y seguridad ofrecida; fueron los de la firma "Lincoln Composites" , ya que éstos se adaptaban mejor a las necesidades requeridas del proyecto.

Dichos cilindros son fabricados de Composites, compuesto químico de gran resistencia a los impactos elaborados a base de carbono y fibra de vidrio.

Es importante subrayar que la seguridad brindada por éstos cilindros es extremadamente superior en comparación con los que utilizan los sistemas de combustible a diesel y gasolina debido principalmente a que las normas de

calidad internacionales que cumplen son más estrictas en cuanto a su construcción y operación.

Así tenemos que dichos cilindros soportan severos impactos directos, no explotan al exponerlos al fuego y no son penetrados por armas de fuego al dispararles a quemarropa.

Si se considera también que el combustible que almacenan es más ligero que el aire; en un remoto caso de una fuga éste se disipa inmediatamente hacia la atmósfera, además su elevado punto de ignición (650 °C) y su reducido intervalo de concentración de aire ya mencionado en el cual se inflamaría nos permite establecer que el aspecto seguridad de estos cilindros es notable.

No obstante lo anterior, de acuerdo a un registro de siniestros se tiene conocimiento de ciertas fallas en algunos cilindros, siendo la causa principal actos de vandalismo; lo anterior según la firma "Lincoln Composites" que los construyó.

Posteriormente se mostrará el proceso de selección de los cilindros tomando en cuenta la capacidad de combustible que puedan contener con el objetivo de cumplir con la autonomía del vehículo.

2.7.4 INSTALACIÓN VEHICULAR.

Las características del sistema que tiene por objeto alimentar de combustible GNC al motor del vehículo ésta regido por la norma oficial mexicana "NOM-031-SCFI-1994. Gas Natural Comprimido para uso automotor. Requisitos de seguridad para estaciones de servicio e instalaciones vehiculares" (LPN,1998).

En esta norma se regula la utilización de gas natural comprimido como combustible en vehículos automotores, su almacenaje a alta presión, los sistemas necesarios para su suministro y la instalación de los sistemas de carburación en los vehículos, es decir todo lo que el sistema de combustible debe desempeñar para un óptimo desempeño de la unidad.

CAPÍTULO 3.

EL SISTEMA DE COMBUSTIBLE DUAL-FUEL.

3.1 INTRODUCCIÓN.

En el capítulo dos se mencionaron a los principales grupos o sistemas que conforman al vehículo 55119080, describiendo una breve función que desempeñan cada uno de ellos.

En el presente capítulo se retoman los sistemas “motor y combustible” para realizar un estudio más escrupuloso de cada uno de ellos con el objeto principal de entender en que consiste la tecnología DUAL-FUEL a base de gas natural y diesel, se darán a conocer los parámetros para seleccionar al motor y a los cilindros de almacenamiento, ambos partes principales del sistema de combustible.

Se realizará una comparación de las emisiones contaminantes que aportan los vehículos según el tipo de combustible que utilicen.

Se mostrará el análisis matemático realizado para seleccionar a los cilindros con el objeto de cumplir con la autonomía especificada.

Se mostrará también un lay-out de la unidad donde se muestre la localización de los cilindros más conveniente y se definirá el diseño de la soportería propuesta para el ensamble de los cilindros a la unidad; así como sus respectivos diagramas de instalación.

3.2 DESCRIPCIÓN DEL SISTEMA DE COMBUSTIBLE DUAL-FUEL.

Para estudiar la tecnología Dual-Fuel aplicada a vehículos es necesario hacer una división entre los vehículos de servicio ligero y los vehículos de servicio pesado.

Como se recordará nuestro vehículo pertenece a los de servicio pesado dado su peso bruto vehicular, para éstos se encuentran dos tipos de tecnologías: Motores Dual-Fuel (Diesel y Gas natural) y motores dedicados (100 % gas natural).

“La tecnología Dual-Fuel se refiere a la habilidad del motor para operar con una mezcla de combustible compuesta por Gas Natural y Diesel” (DFPD,1999). Mezcla donde se combinan un combustible más económico y de una combustión más completa y por lo tanto más limpia como lo es el Gas Natural y la potencia energética inigualable del combustible diesel , de tal manera que la eficiencia del gas natural y la potencia energética del diesel están aseguradas mediante la implementación de esta tecnología.

La proporción de los combustibles en la mezcla varía de acuerdo a la carga y a la velocidad del motor, presentándose rangos de composición desde un 88 % a 90 % de gas natural y de un 10 a 12 % de Diesel. Dando como resultado una significativa reducción de emisiones contaminantes.

La tecnología de motores dedicados a gas natural, es decir cuando el motor utiliza exclusivamente gas natural ésta destinada a países que cuentan con una infraestructura vasta de estaciones de servicio en donde se puedan recargar los vehículos, situación que lamentablemente no se da en nuestro país. Por tal razón la tecnología Dual-Fuel se adapta perfectamente a nuestras necesidades ya que en caso de agotarse el gas natural la unidad puede funcionar con diesel únicamente, evitando así la posibilidad de quedarse varado el vehículo.

3.3 COMPONENTES PRINCIPALES DEL SISTEMA DE COMBUSTIBLE DUAL-FUEL.

Los principales accesorios que conforman al sistema DUAL-FUEL son los siguientes:

- a).- Múltiple de admisión equipado con seis inyectores de Gas Natural.
- b).- Módulo de control de gas.
- c).- Computador de control de gas en dual.
- d).- Sensor de presión de gas.
- e).- Sensor de temperatura de gas.
- f).- Sensor de presión de aire de la turbina.
- g).- Sensor de temperatura de aire en el múltiple de admisión de gas.
- h).- Válvula de paso de combustible.

- i).- Sistema de alivio de presión.
- j).- Filtro colador de gas.
- k).- Manómetro de presión.
- l).- Cilindros de almacenamiento de gas.
- m).- Líneas de combustible para alimentar al motor.
- n).- Válvula de llenado.
- ñ).- Led indicador de sólo gas.

3.4 FUNCIONAMIENTO DEL SISTEMA DE COMBUSTIBLE DUAL-FUEL.

El sistema DUAL-FUEL emplea la flama o estallido del combustible diesel al momento de su inyección causada por el calor producido por la compresión del aire en la cámara de combustión. Esta flama también se utiliza para encender el gas natural y así operar con dos combustibles a la vez.

Teóricamente la tecnología DUAL-FUEL consiste en dos sistemas de combustible controlados independientemente y que se encuentran comunicados vía un software de interfase utilizando una señal basada en el número de revoluciones por minuto deseadas en el motor. Esta señal inicial se origina por una interpretación de la posición del pedal del acelerador suministrada por el Sistema de administración del motor diesel avanzado (ADEM, por sus siglas en inglés).

Así cuando el motor es encendido trabaja al 100 % con diesel controlado completamente por el ADEM y cuando el motor alcanza las 500 rpm, la temperatura del gas natural es de 65 °C y la presión del aire en el múltiple de admisión alcanza los 50 kpa, el ADEM recibe una señal de la unidad de control electrónica indicándole que está lista para interceptar las señales de comando del operador; completando así el circuito dual.

La unidad de control electrónica (ECU, por sus siglas en inglés), procesará esta señal y retornará al mando pidiendo una cantidad específica de gas al ciclo de encendido del motor.

La unidad de control electrónica enviará simultáneamente y secuencialmente una señal de pulso modulado a los seis inyectores de gas natural, localizados

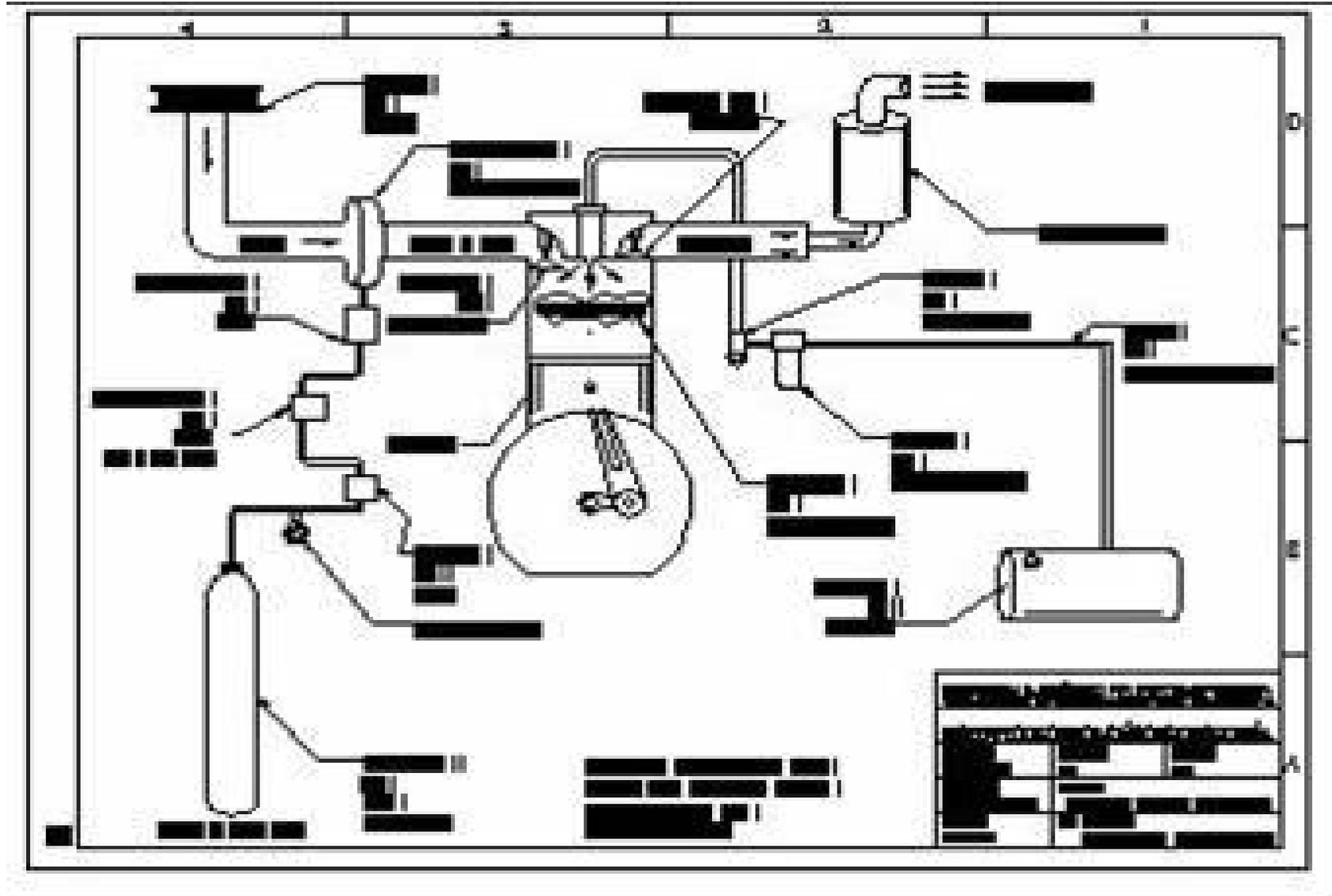
Cerca del múltiple de admisión, inyectando la cantidad adecuada de gas natural a una presión aproximada de 70-100 lb (485-690 kpa).

La señal de pulso modulado es calibrada según la presión y temperatura del gas y de las del aire en el múltiple de admisión, suplementando así el mando del pulso modulado a la inyección del diesel, inyectando la cantidad equivalente con gas natural.

La ECU mantiene constantemente una vigilancia sobre el sistema y al sentir una variación en cualquiera de los valores iniciales mencionados, esto es si el motor opera por más de 30 segundos por arriba de las 1200 rpm, si la temperatura del gas es mayor que 90 °C o si la presión del aire en el múltiple de admisión es mayor a los 300 kpa o por alguna otra razón cede el mando al ADEM cambiando a operar con diesel al 100 %.

Esta cualidad permite la operación normal del motor cuando se encuentran limitaciones de gas o si se presenta cualquier otra falla en el sistema DUAL-FUEL.

En la [figura 3.4.(1)] se muestra el diagrama del sistema DUAL-FUEL.



3.5 SELECCIÓN DEL MOTOR.

Los motores a Gas Natural son la fuente de potencia más eficiente y limpia disponible en la actualidad.

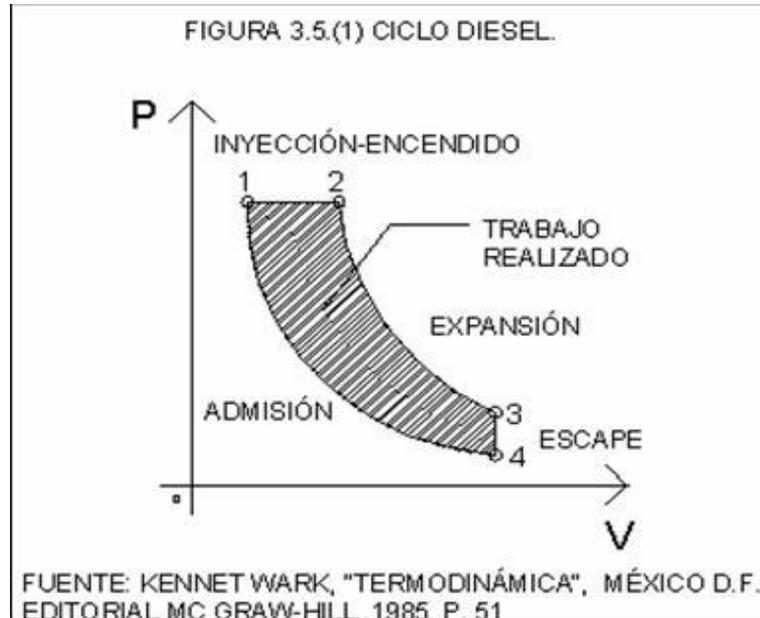
Los nuevos perfeccionamientos han reducido el tamaño y el peso de los motores a gas , a la vez que aumentan su potencia, confiabilidad y economía de combustible.

El tamaño más pequeño, la confiabilidad aumentada, una mayor eficiencia y el escape prácticamente limpio de los motores a gas natural, han aumentado en forma impresionante las aplicaciones en donde se pueden usar los motores a gas natural de manera lucrativa y segura.

Además del ahorro de combustible los motores a gas natural reducen los costos de mantenimiento y disminuyen el tiempo ocioso del equipo.

Como se mencionó anteriormente el motor dual-fuel 3126G de Caterpillar utiliza como medio de encendido del combustible, ya sea Diesel, gas, o ambos, el calor de la etapa de compresión del aire.

A esta sucesión de tiempos ordenados casi instantáneos se le conoce con el nombre de ciclo Diesel de combustión. Ver [figura 3.5.(1)].



En la [tabla 3.5.(1)] se muestran los motores dedicados a gas natural disponibles en el mercado, se hará un análisis de ellos para seleccionar el más conveniente.

Tabla 3.5.(1) Motores dedicados a gas natural.

Motor	Potencia (hp).	Torque (lb - ft).	Peso húmedo (kg).	Combustible.	Desplazamiento (Lts).	Dimensiones L X A X H (mm).
Cummins B5.9G.	230 (2,800 rpm.)	500 (1,600 rpm).	470	GNC	5.9	882 X 786 X 901
	195 (2,800 rpm.)	420 (1,600 rpm).				
	150 (2,500 rpm).	375 (1,1500 rpm).				
Cummins C8.3G.	275 (2,400 rpm).	750 (1,400 rpm).	636	GNC.	8.3	990 X 808 X 972
	250 (2,2400 rpm)	660/750 (1,400 rpm).				
Caterpillar 3126G.	190 (2,200 rpm).	520 (1,400 rpm).	612	DIESEL-GNC.	7.2	1086 X 674 X 927
	250 (2,200 rpm).	660 (1,440 rpm).				

Fuente: Anuario de vehículos de autotransporte. Consorcio editorial y comunicación. Publicación anual. Edición 2003. Año 5. Número 5. 167 páginas.

Si sometemos a consideración las características de cada uno de estos motores tomando como parámetros a diversos factores, con el objeto de seleccionar adecuadamente al motor que más se adapte a nuestras necesidades, tenemos que:

a).- Durabilidad.- En cuanto a este factor los motores que mejor pudieran desempeñarse son el Cummins C8.3G y el Caterpillar 3126-G, con el rango de 230 hp, el motor 6B5.9G combinado con su menor desplazamiento disminuye su durabilidad.

b).- Servicio.- Respecto a este punto fue necesario analizar cada una de las marcas, pero por su experiencia es recomendable el motor Cummins.

c).- Autonomía.- Tomando como base que el motor Caterpillar 3126-G puede operar con diesel y gas natural, su autonomía se incrementa notablemente, además el espacio para los cilindros es menor.

d).- Transmisión.- Respecto a este punto el motor conveniente es el Caterpillar 3126-G ya que la unidad estará equipada con una transmisión Spicer ES62-5D con cinco velocidades al frente y una reversa con un par torsional máximo de 620 Lb. Pie. Que comparados con los 520 lb. Pie del motor resulta factible utilizar esta combinación si se considera que la transmisión debe tener un 10 % de par torsional mayor con respecto al máximo del motor.

e).- Peso.- Para este factor el motor más liviano es el Cummins 6B5.9G (142 kg menos que el Caterpillar 3126-G).

f).- Tamaño.- Al respecto se observa que el ancho y la longitud no representan problema alguno, en cuanto a la altura el motor Caterpillar 3126-G es el más alto, sin embargo como la aplicación es en vehículos con motor al frente, esta pequeña variación no representa problema alguno.

g).- Desplazamiento.- Para este parámetro se observa que el motor con mayor desplazamiento es el Cummins C8.3G, ligeramente mayor al del Caterpillar 3126-G.

Con base al análisis de cada uno de estos parámetros, se determinó utilizar el motor Caterpillar 3126-G por considerarlo el más conveniente para nuestra aplicación, además de que influyó bastante el hecho de que se tomó como base

un modelo ya en existencia, específicamente el modelo 55119050 con motor Caterpillar 3126-B a diesel. Por lo que utilizar un motor “similar”, los cambios que impactarían en otros grupos serían mínimos, lo que ahorraría una gran cantidad de trabajo.

3.6 EMISIONES CONTAMINANTES VEHICULARES.

En general, los motores de los vehículos a gas natural producen emisiones de monóxido de carbono (CO) relativamente más bajas, debido al bajo contenido de carbón del combustible, a la ausencia del enriquecimiento de la mezcla en el arranque en frío, y a la baja temperatura de los productos de la combustión en las emisiones en el escape (lo que reduce la necesidad de enriquecimiento en condiciones de máxima aceleración, protegiendo la válvula de escape).

Los motores a gas natural también son capaces de conseguir niveles de óxidos de nitrógeno (NOx) tan buenos como los de los mejores motores de gasolina, y de 50 a 80 % más bajos que los niveles de NOx de los motores diesel.

La emisión de partículas suspendidas es extremadamente baja, y la emisión de formaldehídos es comparable a la de los motores de gasolina o diesel.

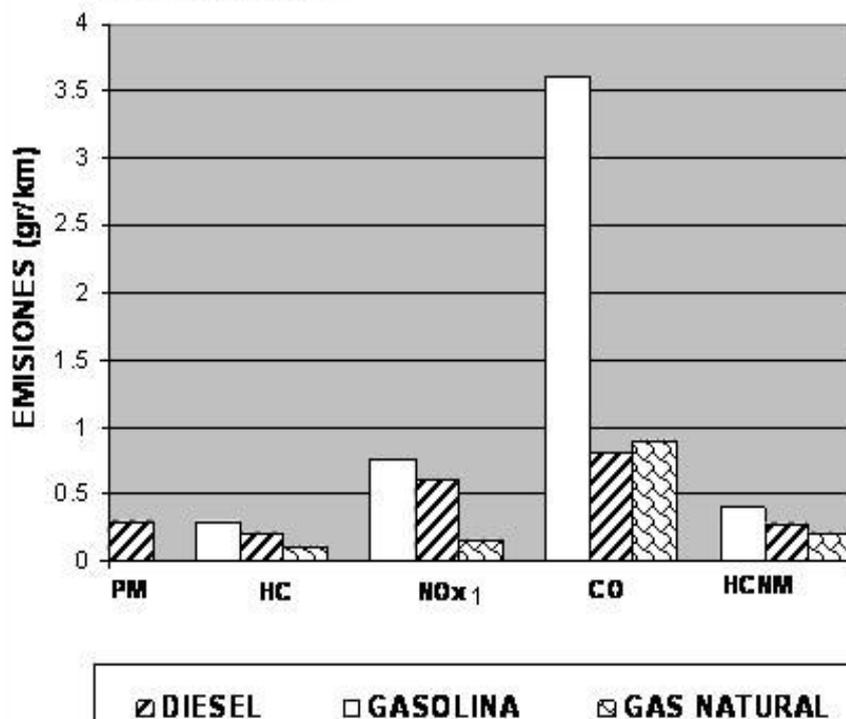
La emisión de hidrocarburos totales tiende a ser 2 ó 3 veces mayor que la de los motores a gasolina con control de emisiones, sin embargo una gran fracción de estas emisiones de hidrocarburos no quemados (HC) es metano, el cual no es activo fotoquímicamente.

El total de hidrocarburos no-metano (NMHC) de los motores de gas natural está usualmente muy por debajo de los niveles de emisión de motores similares de gasolina.

Como información adicional a las emisiones del gas natural, debemos recordar que las emisiones de los motores se evalúan con base a masa (gr/km), y los elementos que invariablemente están sometidos a regulación son los HC, CO y los NOx, con diferentes límites para cada país o ciudad.

En la [figura 3.6.(1)] se muestra una comparación de emisiones contaminantes de algunos combustibles automotrices.

FIGURA 3.6.(1) COMPARACIÓN DE EMISIONES CONTAMINANTES DE COMBUSTIBLES AUTOMOTRICES.



Fuente: Gas Research Center, United Kingdom, 1996.

3.7 SELECCIÓN DE LOS CILINDROS DE ALMACENAMIENTO.

Todos los combustibles se caracterizan por su “poder calorífico”, el cual se define como:

“La cantidad de calor desprendido por la combustión completa bajo una presión atmosférica normal de 1013 mbar de la unidad de combustible”.

Para el caso de los gases la unidad de combustible la expresamos en m³ mientras que en los líquidos y sólidos la expresamos en kg o en lts.

En este orden de ideas tenemos que:

a).- En los combustibles gaseosos la capacidad calorífica o poder calorífico se expresa en Kilocalorías por metro cúbico (Kcal / m³).

b).- En los combustibles sólidos y líquidos la capacidad calorífica se expresa en Kilocalorías por kilogramo y Kilocalorías por litro, (Kcal/kg y Kcal/lit, respectivamente).

Así tenemos que, el gas natural que se encuentra en estado gaseoso tiene un poder calorífico de 9 200 Kcal/ m³ ó de 923.7 BTU/ SCF.

Y el combustible diesel que se encuentra en estado líquido tiene un poder calorífico de 129 575 BTU/Gal ó de 8 626 922.06 Kcal/ m³ .

Pero dado que la concentración de los gases que conforman el gas natural es variable dependiendo de las condiciones del lugar o sitio en donde se encuentre, además de que el volumen en un cilindro que contenga gas depende de factores como la presión, temperatura y de la densidad del gas, es necesario introducir una medida “estándar” que nos permita medir la cantidad de gas contenido en un cilindro en condiciones especiales.

De esta manera surge la medida “Pie Cúbico Estándar”(SCF, por sus siglas en inglés). Y se define como:

“El volumen ocupado por un gas en un cilindro cuando la presión es de 3 600 psi, la temperatura es de 70 °F y tiene una densidad relativa de 0.60” (INGV, 1998).

Para efecto de calcular la autonomía de el vehículo que en nuestro caso es de 190 litros de diesel equivalentes, es necesario hacer una comparación del poder calorífico y el volumen relativo del gas natural con el del diesel que se utiliza enormemente en la industria del transporte.

Así tenemos que :

Capacidad calorífica del diesel: 129 575 BTU/GAL.

Capacidad calorífica del gas natural: 923.7 BTU/SCF.

Dividiendo la capacidad calorífica del diesel entre la del gas natural, se tiene que:

$129\ 575 / 923.7 = 140.2$, redondeando esta cifra a su inmediata inferior nos queda la cantidad de 140.0

Por lo tanto tenemos que 140 pies cúbicos estándar de gas natural equivalen a un galón de diesel equivalente o a 3.785 litros de diesel equivalente.

Para seleccionar adecuadamente a los cilindros de almacenamiento de gas natural, debemos partir de que se debe cumplir con una autonomía de 190 litros de diesel equivalente, estipulados en la licitación.

Acudiendo a la tabla de datos suministrada por el proveedor "COMPOSITES", encontramos que un cilindro con dimensiones de 467 milímetros de diámetro y de 1 994 milímetros de longitud es capaz de almacenar 2 613 SCF.

Si sabemos que 140 SCF es igual a un galón de diesel equivalente, entonces :
 $2\ 613\ \text{SCF} / 140\ \text{SCF}$, equivalen a 18.66 galones de diesel equivalente.

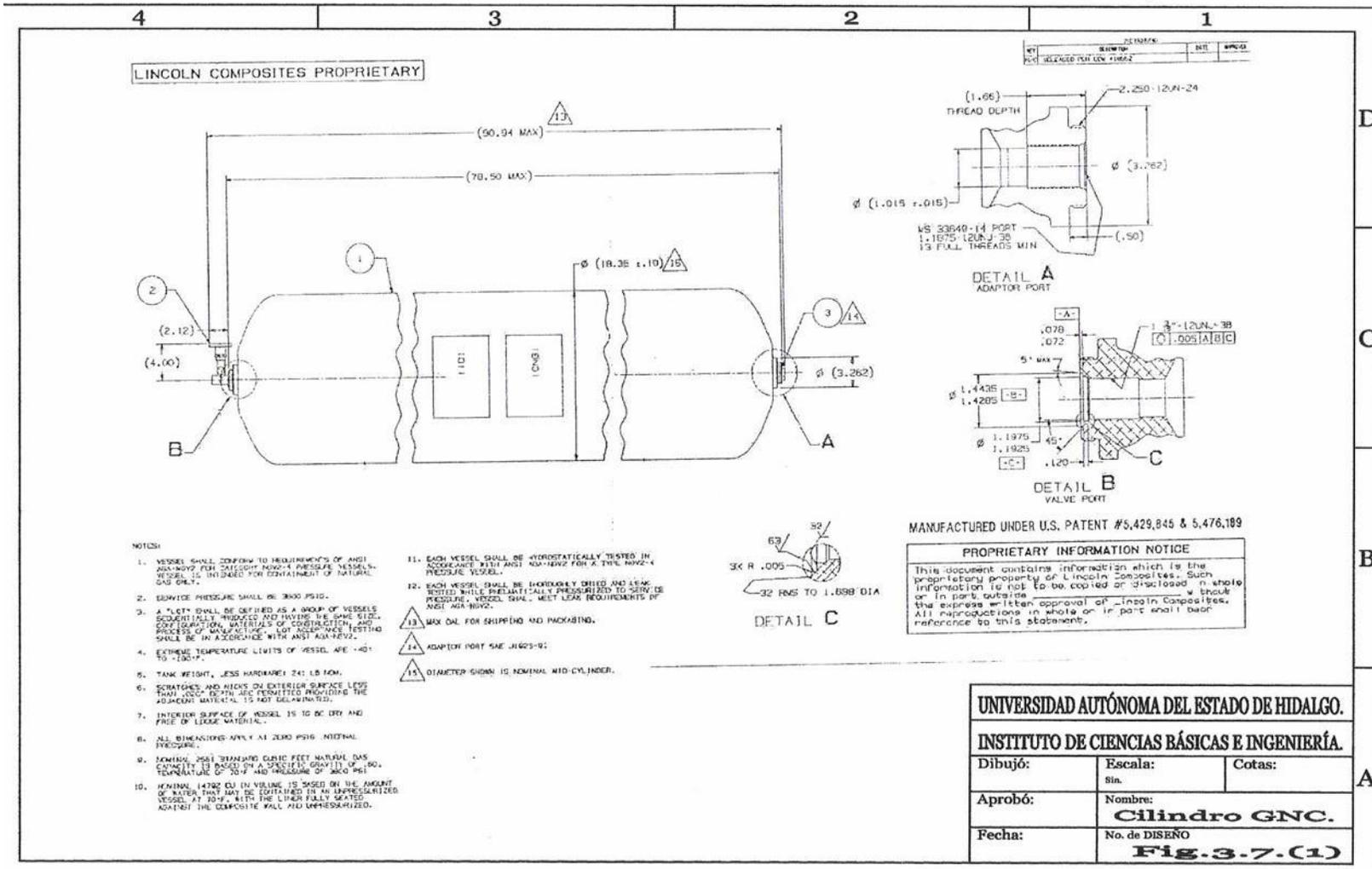
Multiplicando esta cantidad por 3.785, para convertirlos a litros, tenemos que:
 $2613\ \text{SCF de gas natural} = 18.66\ \text{galones de diesel equivalente} = 70.64\ \text{litros de diesel equivalente}$.

Con estos sencillos cálculos, hemos deducido que un cilindro de las dimensiones señaladas es capaz de almacenar 70.64 litros de diesel equivalente, realizando el cálculo para alcanzar los 190 litros necesarios tenemos que:

$190\ \text{litros de diesel} / 70.64\ \text{litros de diesel}$, nos da como resultado 2.68, redondeando esta cifra a su inmediata superior, que es tres. Llegamos a la conclusión de que son necesarios 3 cilindros de 467 milímetros de diámetro y de 1 994 milímetros de longitud para garantizar la autonomía de 190 litros de diesel equivalente.

Es importante mencionar que durante este proceso de selección se contemplaron otras opciones tanto de proveedores como de dimensiones, pero al final se eligieron los ya demostrados por considerar de que además de permitirnos cumplir con la autonomía, se adaptaban mejor al espacio disponible en la unidad para su ensamble, así como sus iguales dimensiones nos permitían estandarizar su soportería de montaje y permitía balancear el peso de la unidad. Estas características se mostraran en el Lay-Out de la unidad, el cual se mostrará más adelante.

En la [figura 3.7.(1)] se muestra un esquema del cilindro de GNC seleccionado.



3.8 ELABORACIÓN DEL PLANO DE LA UNIDAD.

Una vez que se tiene identificado tanto al motor como a los cilindros de almacenamiento de gas natural y sobre todo la cantidad requerida de éstos, es necesario realizar un estudio para poder encontrar la localización más favorable de los cilindros en la unidad y definir así los medios de sujeción o soportaría.

Para realizar lo anterior es importante mencionar que se consideraron toda la indicación que las distintas normas de calidad ya mencionadas con antelación dictan para el diseño o ensamblaje de este tipo de unidades.

Las [figuras 3.8.(1) y 3.8.(2)] pertenecientes al plano de la unidad muestran la ubicación de los cilindros que se encontró más conveniente. Como se puede apreciar un cilindro se ubicó a cada lado de la unidad y el tercero se localizó en la parte superior de la carrocería tipo caja de la unidad.

Esta distribución nos permite estandarizar el soporte cilindro de GNC en el sistema.

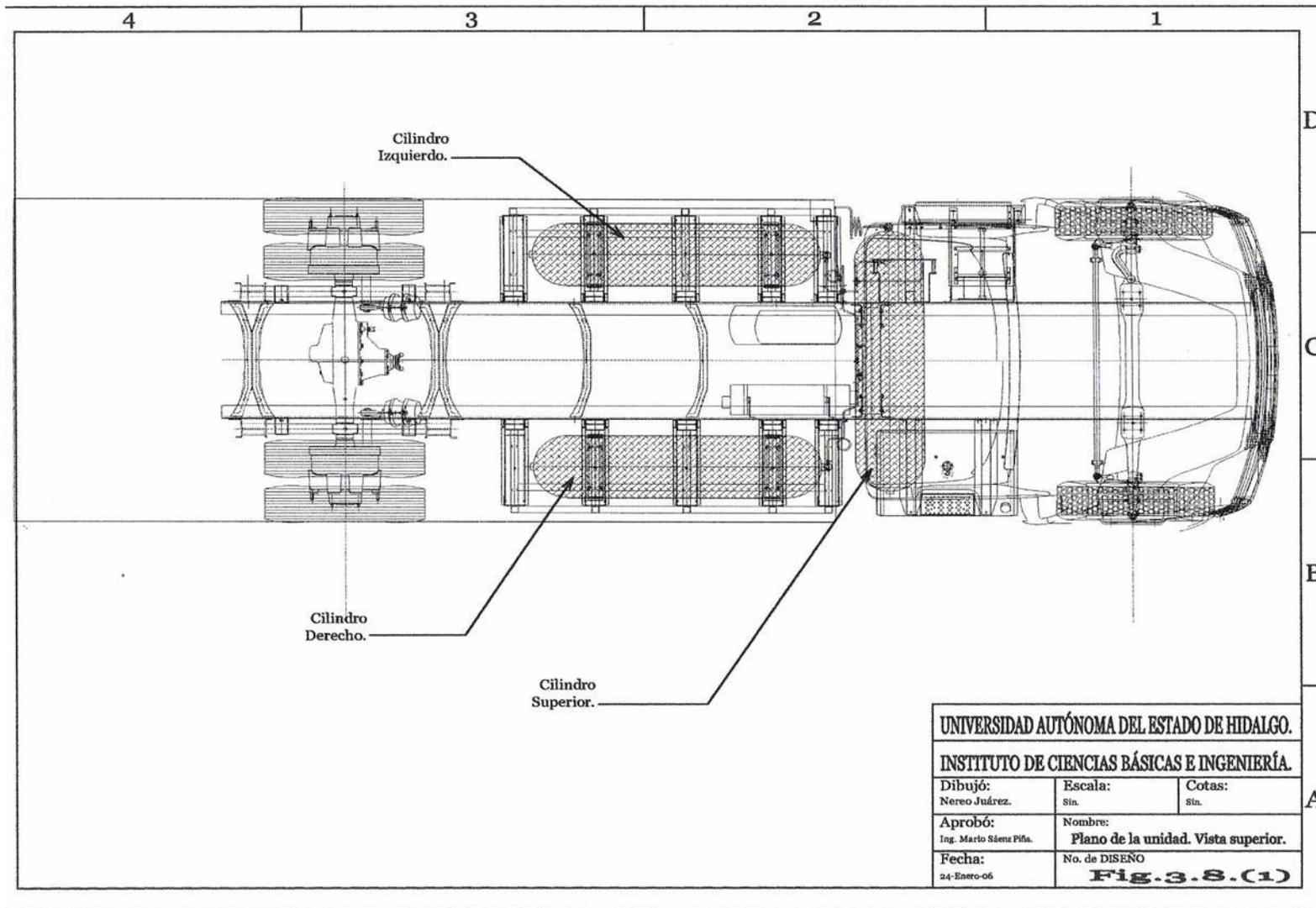
La [figura 3.8.(3)] muestra la instalación de dichos cilindros y la ruta que siguen las líneas de alimentación.

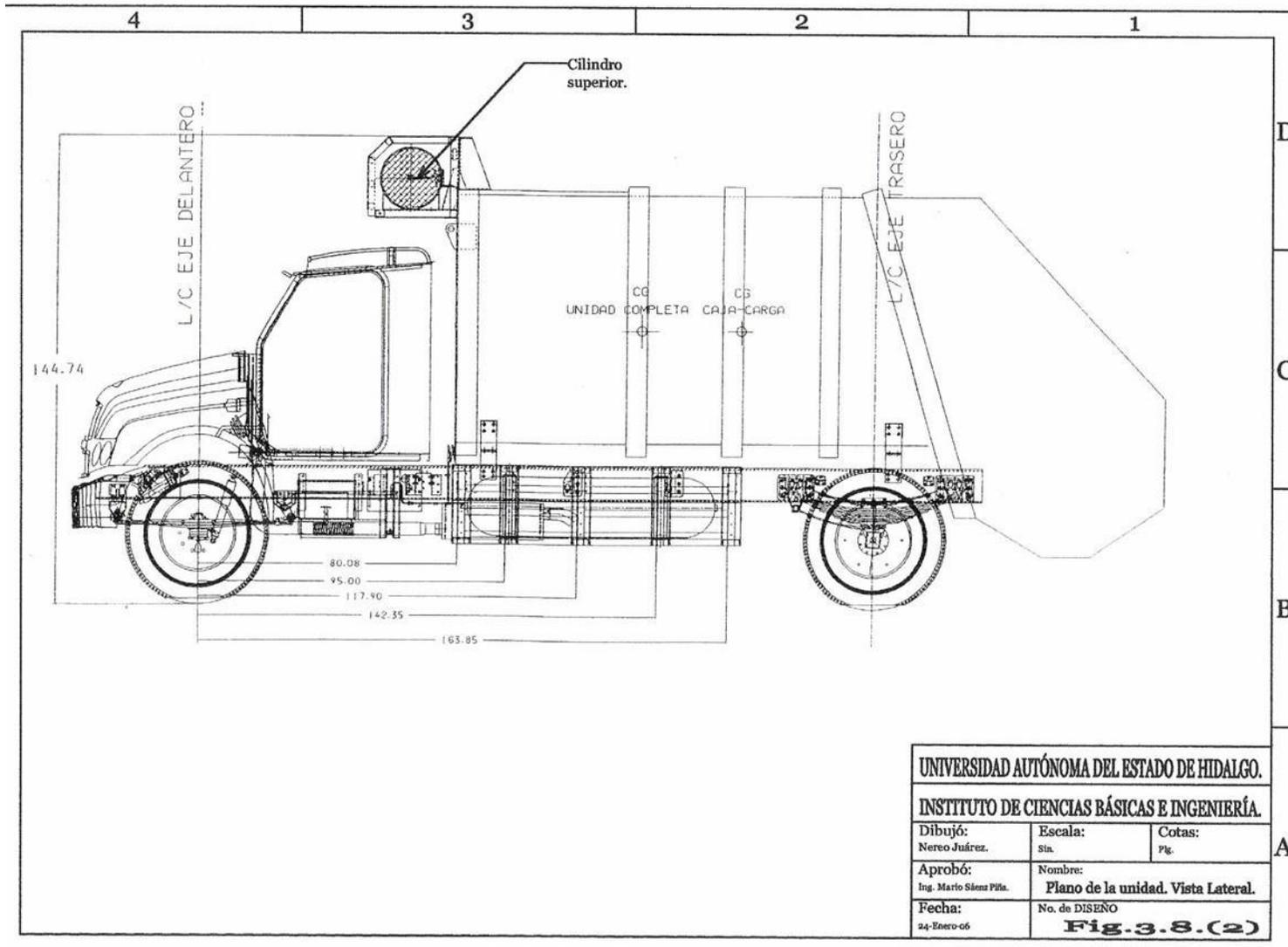
Los medios para hacer ésto, es decir los soportes utilizados para ensamblar los cilindros a la unidad se muestran en las [figuras: 3.8.(4), 3.8.(5), 3.8.(6), 3.8.(7) y 3.8.(8)] subsiguientes.

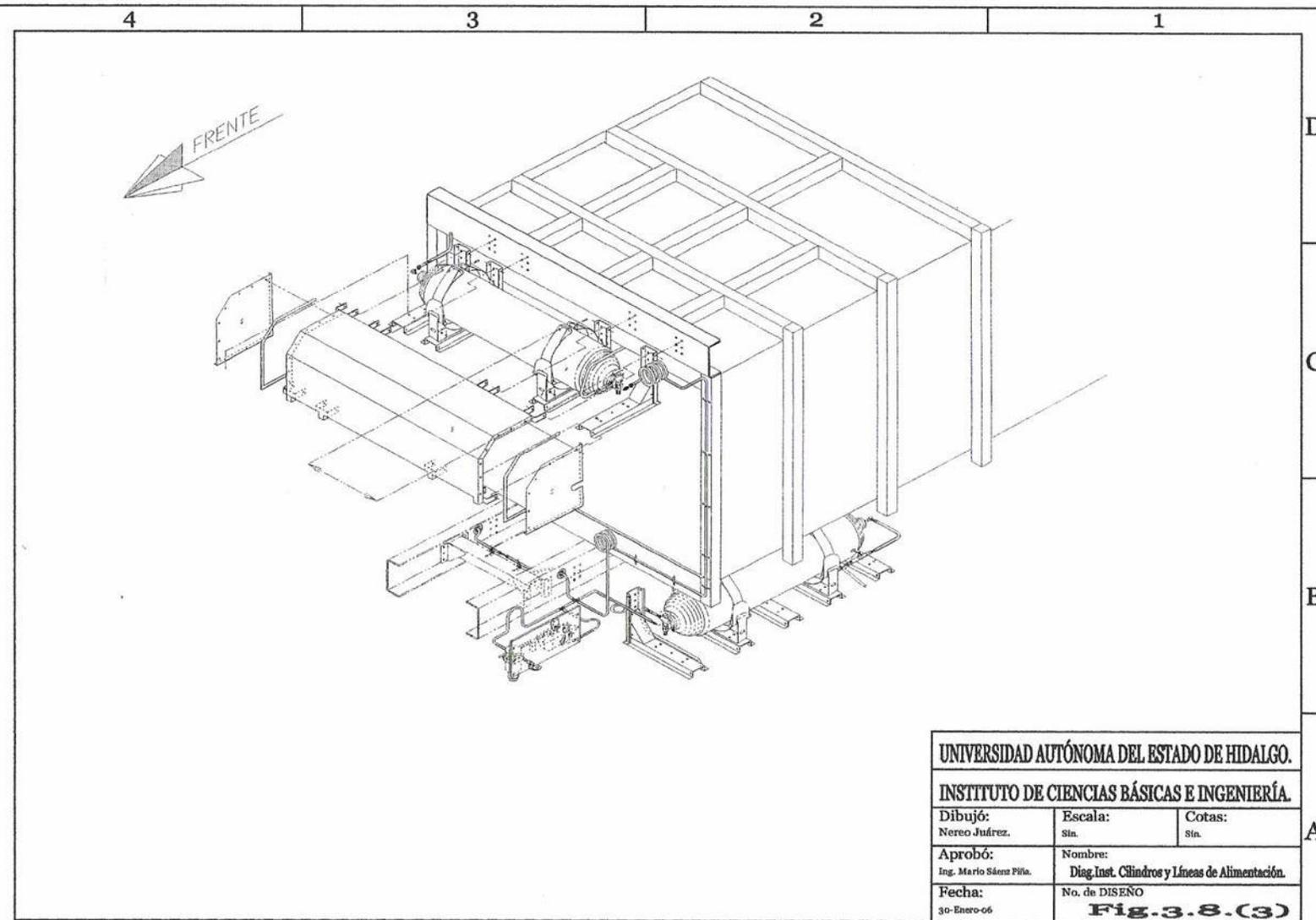
La [figura 3.8.(9)] muestra el diagrama de instalación placa módulo de control, ésta contempla a la válvula de corte, a la conexión de llenado, al manómetro, al filtro colador de gas y al regulador de presión, como se aprecia se localizó en la parte izquierda que corresponde al conductor para facilitar la recarga de combustible.

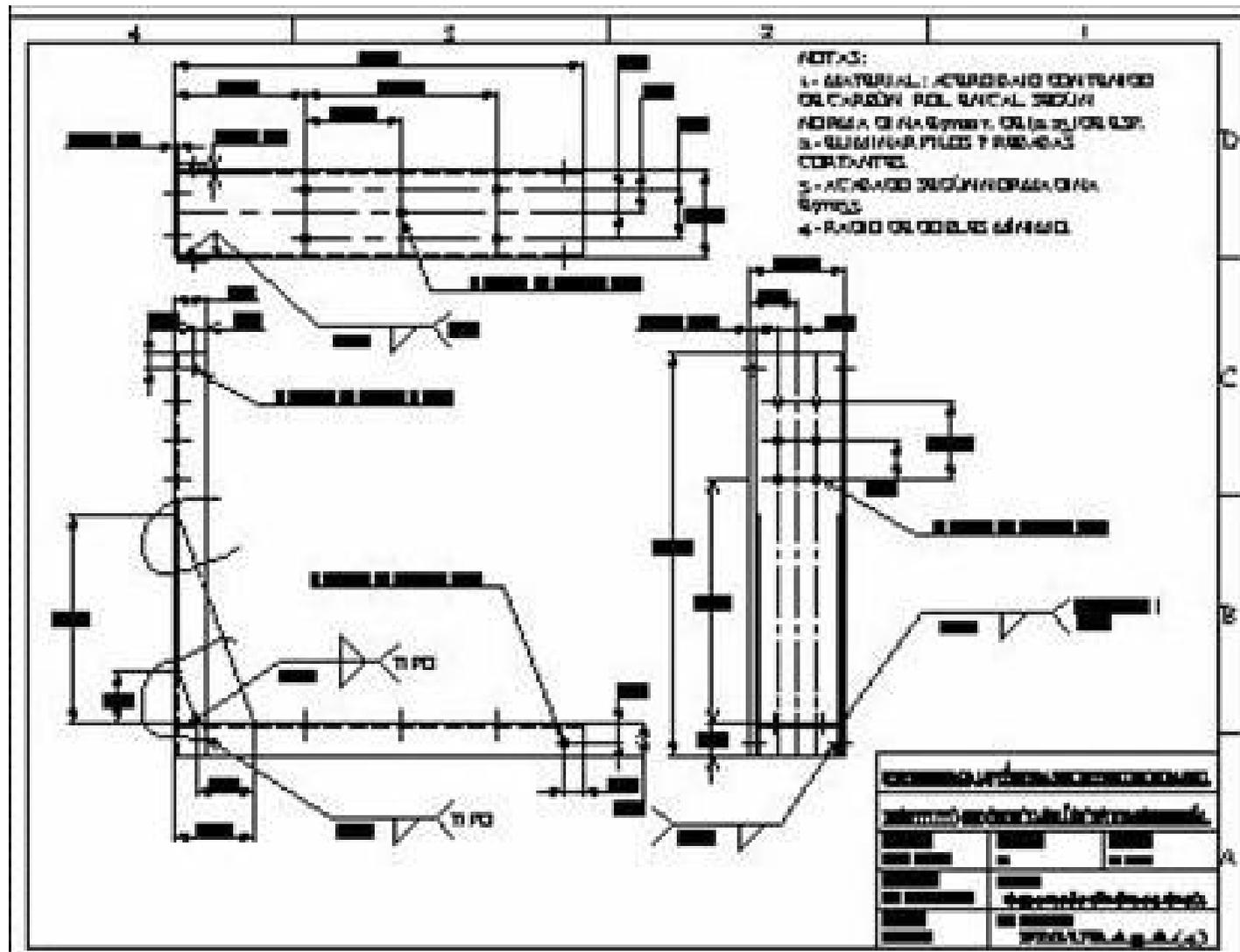
En las [figuras 3.8.(10), 3.8.(11) y 3.8.(12)] subsiguientes muestran la placa módulo de control y los soportes izquierdo y derecho para fijarla al chasis de la unidad.

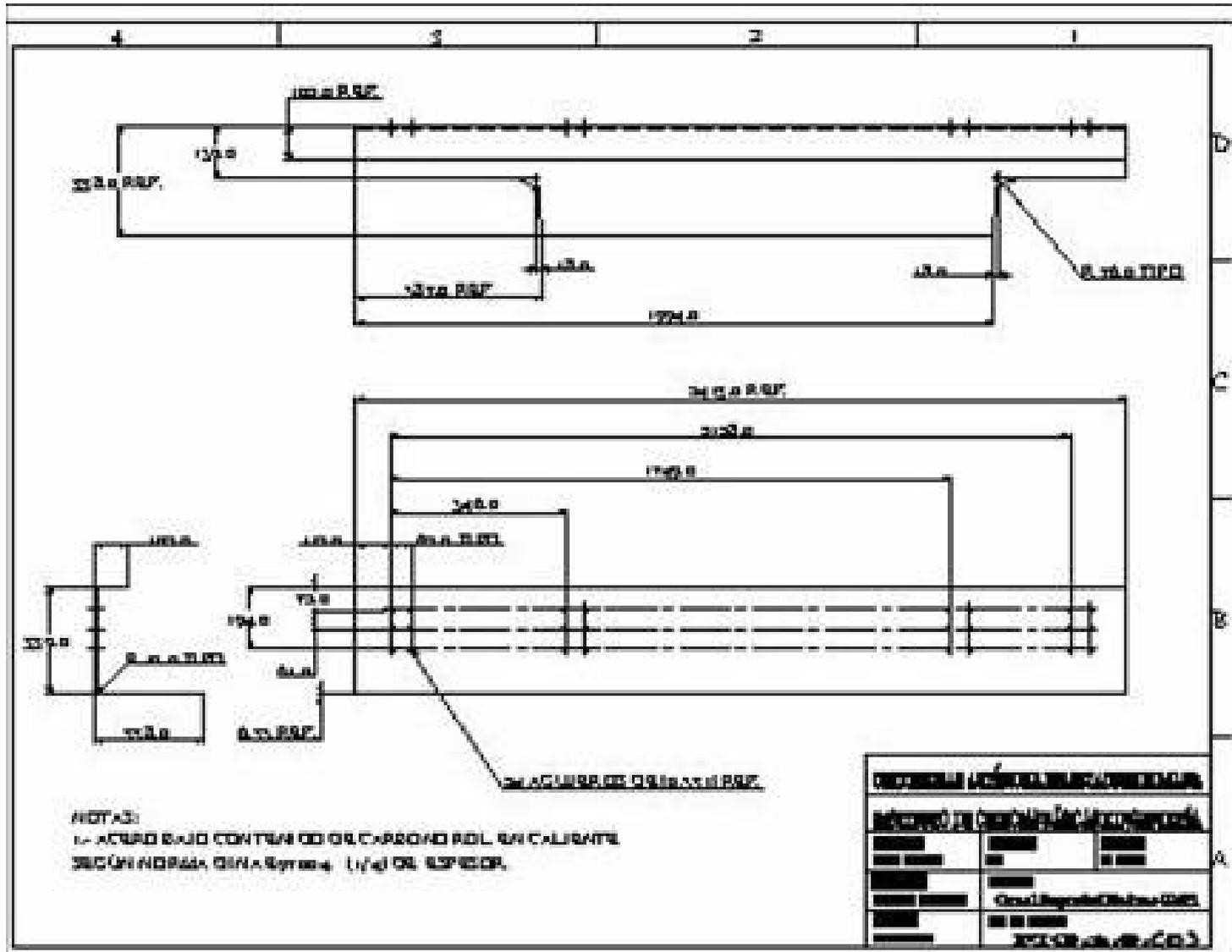
Finalmente en la [figura 3.8.(13)] se muestra el diagrama de instalación del sistema de combustible a diesel, el cual comprende la instalación del tanque, del filtro de combustible y de las líneas de alimentación y retorno.

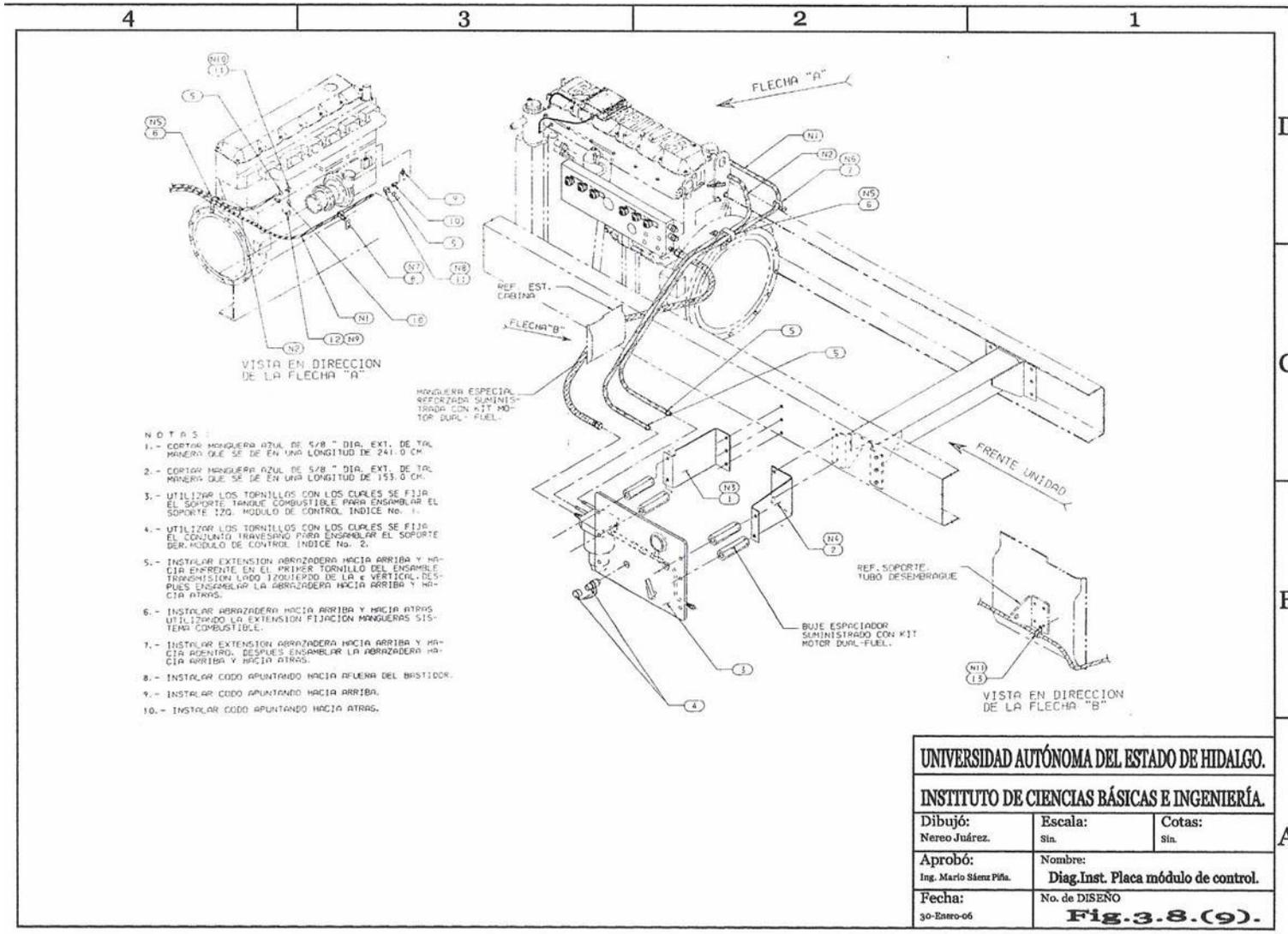


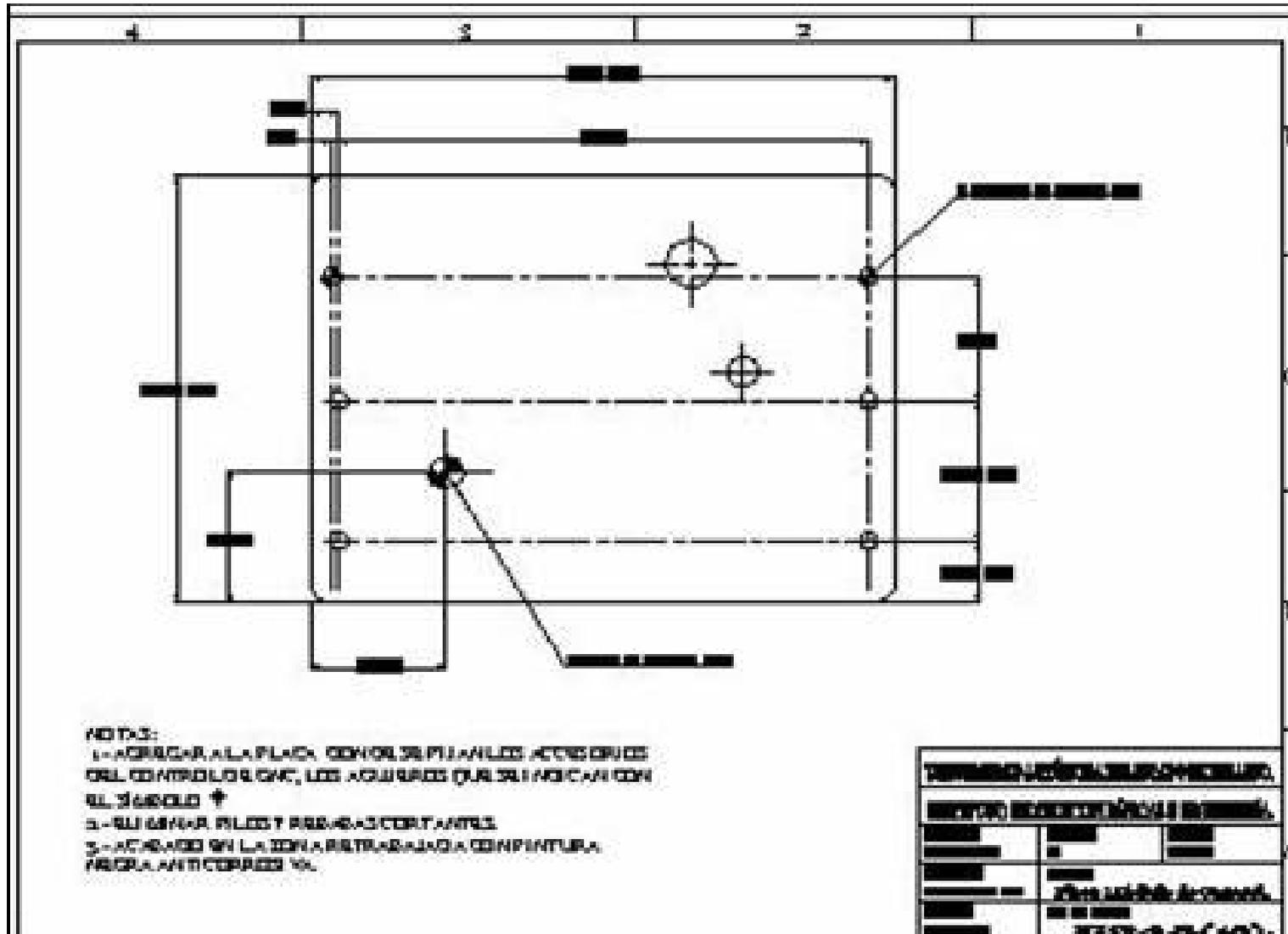


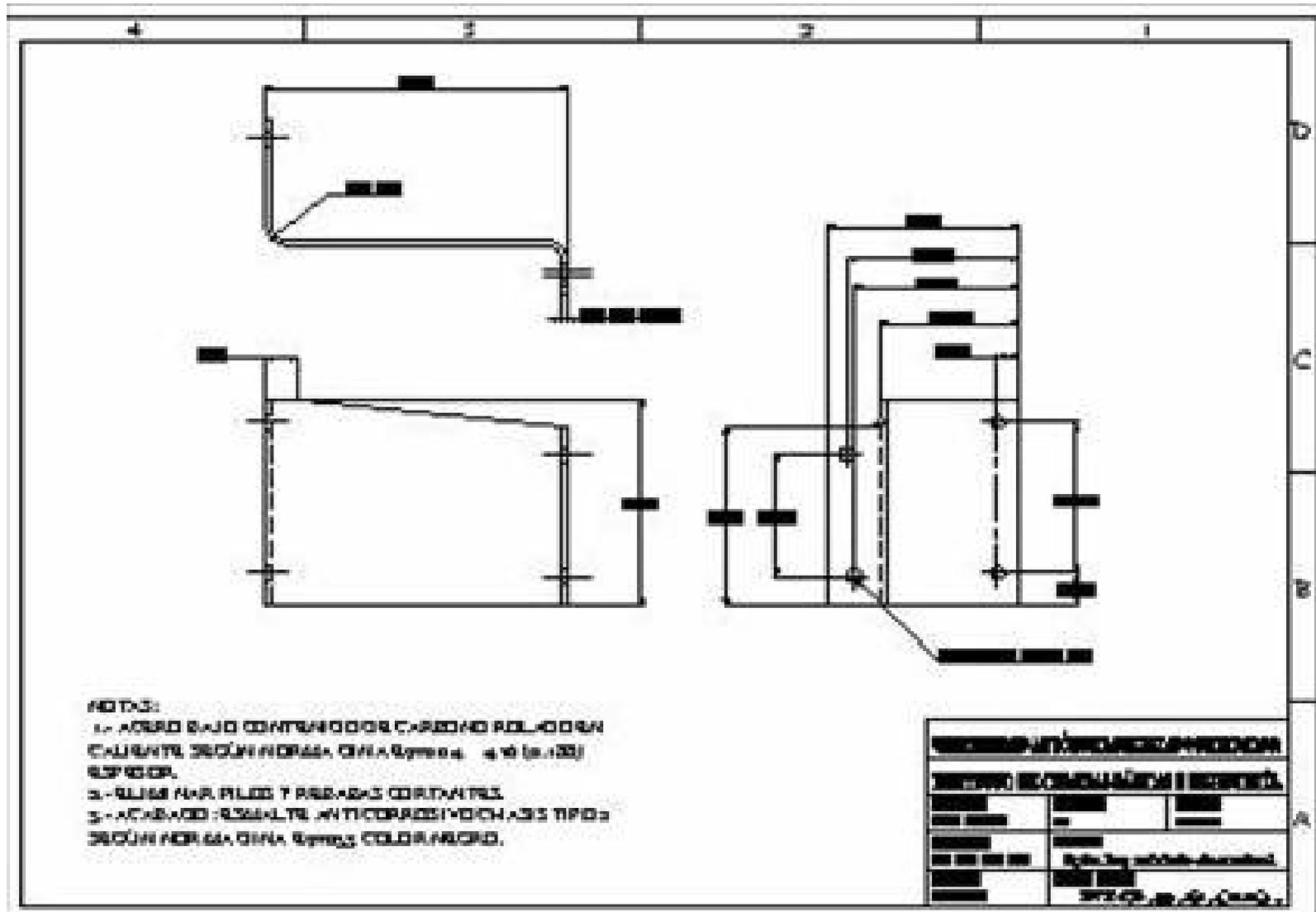


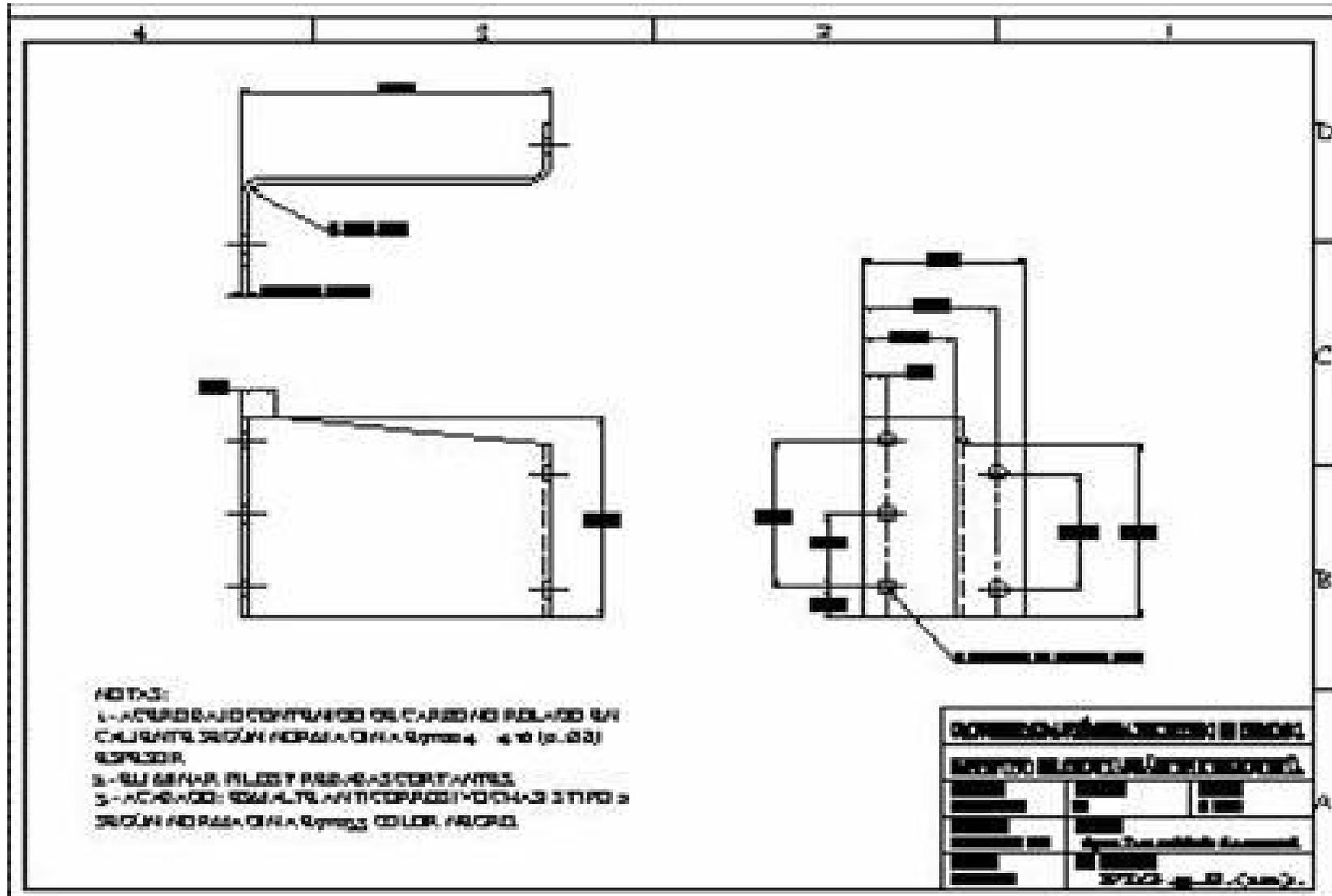












CAPÍTULO 4.

ANÁLISIS ECONÓMICO DE OPERACIÓN.

4.1 INTRODUCCIÓN.

La finalidad de este capítulo es demostrar el ahorro económico que se obtendría al operar una flotilla de vehículos que utilicen la tecnología DUAL-FUEL al compararla con otra que sólo use el combustible diesel tradicional.

Así, se analizará este aspecto importante bajo dos perspectivas, remarcando por supuesto, aquella que considera el comportamiento de la unidad según la evaluación técnica de campo realizada y registrada por personal del Departamento del Distrito Federal durante un día de operación.

También se analizará la diferencia existente entre estas dos modalidades de locomoción en lo concerniente al costo de mantenimiento que requieren.

4.2 ECONOMÍA DE COMBUSTIBLE.

El combustible, además de crear energía, ejerce una influencia importante en la operación del vehículo. Su costo no se consideraba un factor importante antes del comienzo de la década del 70, pero debido a la crisis de petróleo manifestada en el año 1973, se creó de la noche a la mañana, una escasez de combustibles en todo el mundo, subiendo los precios gradualmente hasta nuestros días.

En este sentido, antes de esta crisis el combustible representaba típicamente menos del 30 % de los gastos de operación de un vehículo. Hoy, este porcentaje representa a menudo entre el 60 y el 90 %.

La [figura 4.2.(1)] muestra la influencia que tiene el costo de combustible en la operación de los vehículos en la actualidad.

Figura 4.2.(1) Influencia del costo de combustible en la operación de los vehículos.



Fuente: DINA S.A. de C.V. “Auxiliar para el vendedor de camiones DINA”, p 19.

4.3 DESEMPEÑO DE LA UNIDAD.

La manera más adecuada de hacer una evaluación económica para subrayar las ventajas por el uso de la tecnología Dual-Fuel en comparación cuando sólo se utiliza diesel, es tomar en consideración los factores y los resultados del desempeño de la unidad durante una prueba de campo en un día de trabajo, éstos se enuncian a continuación:

a).- Lugar de pruebas.- Diversas colonias de la delegación Azcapotzalco, Clavería, Francisco Villa y Francisco y Madero entre otras.

b).- Actividad del vehículo.- Recolección de basura, incluye la compactación de ésta con la pala instalada en la unidad.

c).- Características del recorrido.- La unidad operó 6 horas continuas de trabajo diario con un promedio de 30 paradas y tiempos de espera de 15 a 30 minutos. En cada una de las paradas se empleó el compactador, y se logró una velocidad de 40 kilómetros por hora en promedio entre parada y parada.

d).- Consumos de combustible.- En las condiciones antes descritas, esto es 6 horas continuas de operación y un promedio de 30 kilómetros recorridos con 30 paradas y uso del compactador se tuvo un consumo promedio de 200 psi de gas natural y 17 litros de diesel.

Tomando en cuenta lo anterior y considerando que la capacidad de los cilindros es de 200 litros para el diesel y de 3 600 psi para el gas natural, la unidad requiere ser recargada de diesel cada 12 días y de gas natural cada 18.

e).- Sobre el cliente.- Conductores y funcionarios han quedado satisfechos con el comportamiento de la unidad, ya que de acuerdo a su información las unidades con las que trabajan tradicionalmente, esto es que operan exclusivamente a diesel, actualmente consumen en el mismo recorrido un promedio de 50 litros.

f).- Flotilla.- Se consideran 480 unidades.

Analizando este reporte de comportamiento de campo de la unidad tenemos los siguientes resultados:

a).- Flotilla a Diesel.

Principiaremos calculando el rendimiento de este combustible, para esto sabemos que la unidad recorre un promedio de 30 kilómetros y consume en dicha trayectoria 50 litros de combustible; por lo que dividiendo 30 Km entre 50 lt. obtenemos un rendimiento de 0.6 km/lt.

Considerando las 480 unidades de que se compone la flotilla tenemos que el costo de combustible por día bajo con modalidad es el mostrado en la [tabla 4.3.(1)].

Tabla 4.3.(1) Costo de combustible por día de la flotilla a diesel.

Tipo de Vehículo.	Rendimiento de combustible. km / lt.	Precio de combustible por litro. ¹	Costo de combustible en 30 km recorridos.	Costo de combustible por día de la flotilla.
Diesel.	0.6	\$ 5.38	\$ 269.0	\$ 129,120.0

Fuente: Departamento del Distrito Federal, “Reporte de prueba de funcionamiento de la unidad 55119080”, 2000. 1 p.

Nota:

1.- Se actualiza el precio del combustible. (Mes de Mayo de 2006).

b).- Flotilla a Dual-Fuel.

Para este caso en particular, es necesario determinar primero la cantidad de gas natural que se consume al descender la presión del sistema en aproximadamente 200 libras por pulgada cuadrada (psi, por sus siglas en inglés), según se estipuló en el reporte de comportamiento de la unidad.

Así tenemos que, tomando como base un cilindro de los tres con que cuenta el sistema de combustible, observamos que es capaz de almacenar 246.3 litros de agua.

De esta manera, si llenamos el cilindro con gas natural a presión y temperatura ambiente tendremos 246.3 litros de gas natural, pero si seguimos introduciendo combustible a presión hasta que esta alcance la presión de trabajo de 3 600 psi, equivalente a $253.08 \text{ kg} / \text{cm}^2$, habremos introducido en él : $246.3 (253.08) = 62,333.604$ litros de gas natural, que equivalen a 62.33 m^3 de gas con un peso de 46.12 Kg

Multiplicando los 62.33 m^3 de gas natural que es capaz de almacenar cada uno de los cilindros por 3 de que consta nuestro sistema, obtenemos que la capacidad total del sistema es de 187.0 m^3 de gas natural comprimido.

Con base a lo anterior, podemos concluir que el sistema es capaz de almacenar 187.0 m^3 de gas natural comprimido a la presión de trabajo de 3 600 psi.

ANÁLISIS ECONÓMICO DE OPERACIÓN.

Finalmente, realizando el cálculo de la cantidad de gas natural que se consume al descender la presión en un valor de 200 psi tenemos lo siguiente:

$$200(187) / (3600) = 10.38 \text{ m}^3 \text{ de gas natural.}$$

Sabiendo que 1 m³ de gas natural equivale a 1.025 litros de diesel equivalente, tenemos que 10.38 m³ de gas natural equivalen a 10.64 litros de diesel equivalente.

Así se concluye que al bajar la presión en un valor de 200 psi, se consumen 10.38 m³ de gas natural o 10.64 litros de diesel equivalente.

Ahora sí, con este dato ya podemos calcular el rendimiento del gas natural, el cual resulta de dividir los 30 kilómetros que recorre la unidad entre los 10.64 litros de diesel equivalentes, operación que arroja el rendimiento de 2.82 km/lt.

De igual manera, si en esta modalidad sólo se consumen 17 litros de diesel en los 30 kilómetros recorridos, el rendimiento será de 1.76 km/lt.

Por lo tanto, haciendo el cálculo del costo de operación bajo la tecnología Dual-Fuel para la flotilla de 480 unidades se tiene lo siguiente. Ver [tabla 4.3.(2)].

Tabla 4.3.(2) Costo de combustible por día de la flotilla a Dual-Fuel.

Tipo de vehículo Dual-Fuel.	Rendimiento de combustible. km / lt.	Precio de combustible por litro. ¹	Costo de combustible en 30 Km recorridos.	Costo de combustible por día de la flotilla.	Costo total de combustible por día de la flotilla.
Gas natural	2.82	\$ 4.89	\$ 52.02	\$ 24,969.6	\$ 68,985.6
Diesel	1.76	\$ 5.38	\$ 91.70	\$ 44,016.0	

Fuente: Departamento del Distrito Federal, "Reporte de prueba de funcionamiento de la unidad 55119080", 2000. 1 p.

Nota:

1.- Se actualizan los precios de combustible. (Mes de Mayo de 2006).

Comparando los resultados arrojados, esto es \$ 129,120.0 para el caso de la flotilla operada a diesel; con los \$ 68,985.6 para la flotilla Dual-Fuel (Diesel + Gas Natural), se observa un ahorro en favor de ésta última de \$ 60,134.4 diarios.

Otra forma de resaltar la ventaja económica que brinda el uso de la tecnología Dual-Fuel en aplicaciones vehiculares es haciendo un análisis de inversión de una flotilla para cualquier aplicación de uso intensivo en donde se consideren tres aspectos importantes, a saber, que se compran las flotillas en sus diversas modalidades, que se decide comprar una estación de servicio de llenado lento donde la flotilla pueda proveerse de gas natural y que se toman en cuenta los valores promedio aceptados en la industria del transporte en cuanto a rendimiento y precio de los combustibles involucrados.

En nuestro caso se tomará el acontecimiento en que incurrió el Departamento del Distrito Federal al comprar la flotilla de unidades recolectoras de basura, para lo cual es necesario establecer los siguientes:

Antecedentes.

Tipo de vehículo: 55119080 destinado a la recolección de basura.

Flotilla: 480 unidades.

Recorrido diario: 30 kilómetros.

Rendimiento del combustible diesel: 2.8 km./ lt.

Rendimiento del combustible Dual-Fuel (diesel + GNC): 10 % mayor que el rendimiento del diesel, es decir 3.08 km / lt.

Precio por litro de combustible diesel: \$ 5.38

Precio por litro de mezcla Dual-Fuel (diesel + GNC): 66.0 % menor que el precio del diesel, es decir \$ 3.55.

Con estos datos procedemos a calcular el costo diario de operación bajo las dos alternativas en cuestión. Ver [tabla 4.3.(3)].

ANÁLISIS ECONÓMICO DE OPERACIÓN.

Tabla 4.3.(3) Costo de combustible por día de flotillas a Dual-Fuel y a diesel.

Tipo de vehículo.	Rendimiento de combustible. km. / lt.	Precio de combustible por litro. ¹	Costo de combustible en 30 km recorridos.	Costo de combustible por día de la flotilla.	Ahorro diario por dual-fuel.
Dual-Fuel diesel+GNC.	3.08	\$ 3.55	\$ 34.57	\$ 16,593.6	\$ 11,073.6
Diesel.	2.8	\$ 5.38	\$ 57.64	\$ 27,667.2	-

Fuente: Departamento del Distrito Federal, "Reporte de prueba de funcionamiento de la unidad 55119080", 2000. 1 p.

Nota:

1.- Se actualizan los precios de combustible. (Mes de Mayo de 2006).

Por otra parte, analizando la inversión inicial en que se incurrió al comprar la flotilla de 480 vehículos en sus diversas modalidades de operación, esto es a Dual-Fuel (diesel + GNC) y sólo a diesel. Ver [tabla 4.3.(4)].

Tabla 4.3.(4) inversión inicial en flotillas a Dual-Fuel y a diesel.

Tipo de vehículo.	Precio unitario. ¹	Efecto por el programa "hoy no circula". ²	Precio de la flotilla. \$	Diferencia a favor de Dual-Fuel.
Dual-Fuel diesel + GNC.	\$ 955,250.0	----	458,520,000.0	\$ 38,796,000
Diesel.	\$ 828,860.0	1.25	497,316,000.0	

Fuente: Obtenido del departamento de ventas de la empresa "International - Navistar".

Nota:

1.- Precio en el mes de Mayo de 2006.

2.- La flotilla a diesel requiere ser 25 % mayor debido al programa "Hoy no circula" que impera en la zona metropolitana del valle de México.

ANÁLISIS ECONÓMICO DE OPERACIÓN.

Por otra parte si consideramos que el precio actual de una estación de servicio de llenado lento, cuya operación y configuración se apega a las necesidades de este proyecto es del orden de \$ 4,370,000.0

Con todos estos resultados, finalmente podemos calcular el periodo de amortización del equipo de compresión o estación de servicio.

Así tenemos:

Costo de la estación de servicio: \$ 4,370,000.0

Ahorro por compra de vehículos a Dual- Fuel: \$ 38,796,000.0

Capital a amortizar: \$ 34,426,000.0

Ahorro diario debido a uso de tecnología Dual-Fuel : \$ 11,073.6

Por lo tanto, el periodo de amortización es:

Periodo de amortización = Capital a amortizar / Ahorro diario por uso de Dual-Fuel.

Periodo de amortización = \$ 34,426,000.0 / \$ 11,073.6

Periodo de amortización = 3,109.0 días u 8.5 años aproximadamente.

Como puede observarse en un lapso de 8.5 años se amortiza el excedente de capital al comprar la flotilla bajo la tecnología dual-fuel.

No obstante que el periodo de amortización de 8.5 años parece ser muy extenso , en la medida de que los vehículos recorran mayor kilometraje éste disminuirá en proporción a este factor.

Por otra parte si se considera el ahorro diario debido al uso de la tecnología dual-fuel del primer caso analizado; en donde se comparó los resultados las tablas [4.3.(1) y 4.3.(2)] obteniéndose un ahorro de \$ 60,134.4.

Así el periodo de amortización sería:

Periodo de amortización = \$ 34,426,000.0 / \$ 60,134.4

Periodo de amortización = 573 días o 1.5 años aproximadamente.

Como puede observarse para este caso real el periodo de amortización se reduce enormemente.

Todo esto sin considerar los ahorros que se obtienen por concepto del bajo mantenimiento que requiere este sistema de automoción en comparación con el sistema a diesel.

A continuación se profundiza en éste rubro interesante de la industria del transporte.

4.4 COSTO DE MANTENIMIENTO.

Además del ahorro por concepto del costo de combustible, el costo de operación del vehículo con la tecnología dual-fuel también se beneficia por el costo de mantenimiento, el cual puede llegar a ser 60 % menor que los vehículos a diesel.

Con base a lo anterior podemos asegurar que la tecnología dual-fuel en vehículos automotores garantiza un mayor número de kilómetros recorridos antes de que se presente una eventualidad de reparación mayor que represente un costo excesivo de mantenimiento, de mano de obra, refacciones y pérdidas de utilidad debida a la ociosidad del vehículo.

Para sustentar lo establecido anteriormente, es decir que los vehículos bajo la tecnología dual-fuel requieren menor mantenimiento que los que operan con el sistema diesel tradicional, tenemos que la compañía Caterpillar Inc. productora de estos tipos de motores sometió simultáneamente a ambos a una prueba de funcionamiento, durabilidad y análisis de aceite, encontrando que al operar el motor durante un periodo de 1 000 horas el consumo de energía total fue del orden de un 88 a 90 % de gas natural y entre un 10 a 12 % de diesel.

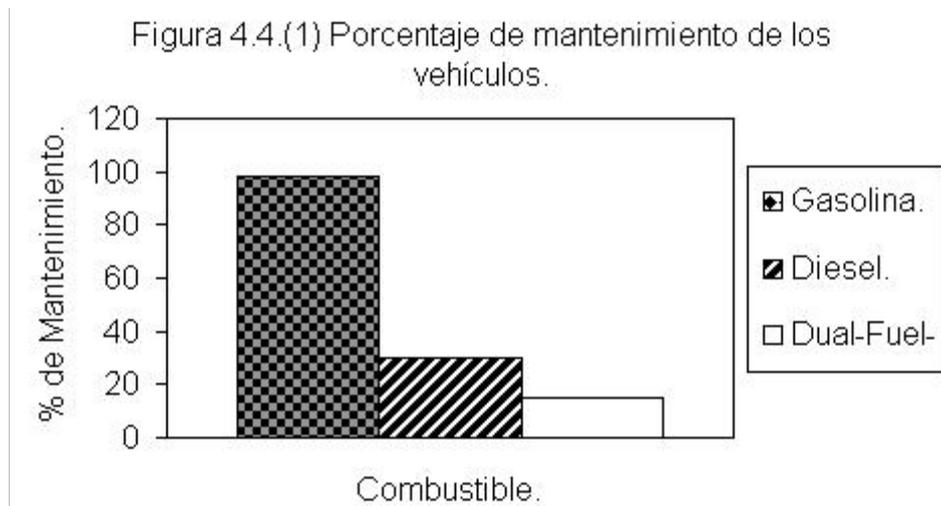
Durante esta prueba cada 250 horas se realizaban inspecciones tanto visuales como dimensionales de las principales partes claves componentes del motor como válvulas, pistones, camisas, inyectores, múltiple de admisión, de escape, etcétera.

También se registraron datos de los lubricantes utilizados tomando lecturas de sus características físicas y químicas para detectar posibles anomalías como: viscosidad, contenido de constituyentes sólidos, de agua, combustible, silicio, etcétera.

Al termino de dicha prueba el área de servicios técnicos de Caterpillar determinó y concluyó que los motores a dual-fuel experimentan una vida más larga de sus partes, requieren servicio de mantenimiento a intervalos mayores, sus costos de composuras apremiantes se reducen y requieren cambios de aceite a mayores periodos de tiempo en comparación con sus similares a diesel.

En este sentido podemos afirmar con certidumbre que el desempeño de las unidades bajo la tecnología dual-fuel al requerir menor mantenimiento durante su operación garantiza la disponibilidad de la unidad para recorrer más kilómetros a menor costo y sobre todo contaminando menos.

En la [figura 4.4.(1)] se ilustra el porcentaje de mantenimiento de los vehículos según el combustible que utilicen.



Fuente: DINA S.A. de C.V. “Auxiliar para el vendedor de camiones DINA”, p 9.

Como puede observarse el mantenimiento requerido en vehículos dual-fuel es menor con respecto a los que utilizan diesel o gasolina.

Lamentablemente no se tuvo acceso a información real en donde se mostrara esta importante situación, pero lo declarado por los representantes de diversas flotillas que han optado utilizar la tecnología dual-fuel resulta alentador.

CAPÍTULO 5.

MANTENIMIENTO DEL VEHÍCULO.

5.1 INTRODUCCIÓN.

El propósito de este capítulo es brindar al lector un panorama general sobre las acciones a realizar para mantener al vehículo en óptimas condiciones y garantizar su disponibilidad de uso.

Se iniciará dando un concepto de mantenimiento, se establecerá una lista de las herramientas mínimas necesarias para llevar a cabo las averías que se presenten, se continuará con el programa de mantenimiento a detalle propuesto para los principales grupos o sistemas que fueron impactados de manera directa dada la naturaleza del presente proyecto; particularmente el sistema motor y el sistema de combustible bajo la tecnología Dual-Fuel. Se finalizará con el inventario de refacciones y consumibles a mantener propuesto para evitar demoras en las tareas de mantenimiento.

5.2 DEFINICIÓN DE MANTENIMIENTO.

El concepto de mantenimiento es, sin duda alguna, de los más usados dentro de las empresas, pues normalmente se habla de dar mantenimiento al equipo, a los sistemas, a las maquinarias, etcétera y esto se refiere a las acciones que permiten, ya sea evitar que llegue a presentarse alguna falla mediante acciones preventivas, o corregir las causas que la provocaron, por lo que el mantenimiento puede definirse como:

“ Un conjunto de actividades que se desarrollan con la finalidad de conservar en servicio: el elemento, equipo, sistema, lugar o método, para que cumpla con el objetivo para el cual ha sido diseñado”.

En este sentido, las revisiones periódicas del vehículo, llevadas a cabo con esmero, son de una importancia capital para el óptimo funcionamiento y para prolongar la vida útil del mismo.

El mantenimiento de la unidad se centra, en primer lugar, en un engrase correcto en los periodos que se ha fijado, y en una escrupulosa inspección de todas las piezas sujetas a desgaste particularmente fuertes.

Para llevar a cabo las revisiones periódicas y la consecuente conservación de la unidad, es necesario contar con las herramientas adecuadas y tomar en cuenta las recomendaciones que se exponen en los párrafos siguientes:

5.3 HERRAMIENTAS.

El juego de herramientas necesario para hacer frente a las averías que se presenten en la unidad deberán ser de buena calidad, ya que la adquisición de las más baratas puede suponer con el tiempo una falsa economía.

Es importante que al termino del trabajo, las herramientas se limpien cuidadosamente y se les aplique una capa de aceite para que no se oxiden.

En lugares húmedos, las herramientas deben guardarse en cajas metálicas debidamente cerradas. En lugares secos y bien ventilados, es preferible dejarlas en un armario.

El operador del vehículo debe poseer un juego de herramientas para poder realizar las revisiones periódicas y las reparaciones.

El juego de herramientas debe constar de:

- Juego de llaves planas o fijas de bocas abiertas.
- Juego de llaves allen.
- Juego de llaves de estrias.
- Juego de desarmadores.
- Alicata universal de mango aislante (pinzas de electricista).
- Inyector de grasa.
- Martillo de bola.
- Medidor de presión de neumáticos.
- Juego de dados con alargador y mango intercambiable.
- Llave dinamométrica.
- Pinzas de presión.
- Llaves para filtros.
- Rollo de cinta aislante.

- Manual de operación y mantenimiento de la unidad.

5.4 ELABORACIÓN DEL PROGRAMA DE MANTENIMIENTO.

Realmente es un trabajo difícil establecer las reglas según las cuales debe inspeccionarse y mantenerse a los sistemas o grupos mecánicos que conforman al vehículo. Lo anterior es debido a que depende de factores variables como el ambiente de trabajo, el cuidado por parte del operador, etcétera.

Más sin embargo, a continuación se muestra el programa de mantenimiento a detalle de los sistemas motor y dual-fuel que garantizan la operación de la unidad sin poner en riesgo al vehículo, al operador y a la carga transportada.

5.4.1 PROGRAMA DETALLADO DE MANTENIMIENTO.

Es importante mencionar que la mayoría de la información técnica que contempla dicho programa fue reclutada a través de la proporcionada por los proveedores de los equipos y que está disponible en el mercado automotriz. Por lo que es necesario que el operador del vehículo se sujete a las indicaciones de operación recomendadas para evitar fallas o accidentes.

Este programa esta sujeto a modificarse cuando el vehículo se utilice en un ambiente más rudo, como por ejemplo el caso de una unidad revolvedora, la cual al estar en un ambiente más sucio los filtros de aire, combustible, cambio de aceite, etcétera, deberán realizarse con más frecuencia.

En este sentido, el operador de la unidad deberá manifestar su punto de vista para establecer un calendario de inspecciones y mantenimiento dependiendo del ambiente inmerso en que se encuentre la unidad.

En la [tabla 5.4.(1)] se muestra el programa de mantenimiento a detalle propuesto.

5.5 ALMACENAMIENTO DE REFACCIONES Y CONSUMIBLES A MANTENER.

Para evitar paros prolongados por causa de eventuales averías en el vehículo debe uno cerciorarse de que sea fácil disponer de las partes de repuesto que más sufren desgaste y de los materiales o consumibles que más se utilicen, en este sentido de acuerdo a la experiencia se recomienda tener el siguiente inventario de refacciones y consumibles. Ver [tabla 5.5.(1)].

MANTENIMIENTO DEL VEHÍCULO.

Tabla 5.5.(1) Inventario de refacciones y consumibles.		
Concepto:	Cantidad	Características
Pintura negra anticorrosiva.	10 lts.	
Grasa para chasis.	1 kg.	6 % NLGI grado 1
Grasa para chasis.	1 kg.	8 % NLGI grado 2
Aceite para el diferencial.	17 lts.	SAE 80W-90
Aceite de maquina ligero.	1 lt.	
Aceite lube.	2 lts.	NLG grado 1 ó 2
Aceite lubriplate.	1 lt.	
Aceite fluido de silicón.	1 lt.	
Grasa neumática.	1 kg.	
Jabón murphy oil.	1 lt.	
Aceite para caja de velocidades.	5 lts.	Dexron II.
Filtro de aceite para dirección.	3 lts.	
Grasa a base de jabón de litio.	1 kg.	NLG grado 1 ó 2
Juntas universales.	1 kit.	Yugos serie 1710
Solución de agua con bicarbonato.	1 lt.	
Fusibles 12 Volts.	3 piezas.	
Pastas para embrague SAS-1402.	1 conjunto.	Cerámico
Aceite para motor.	32 lts.	SAE 15W-40
Líquido Refrigerante.	15 lts.	
Filtro de aceite para motor.	1 pieza.	
Bandas motor-ventilador.	1 conjunto.	
Elemento primario del filtro de aire.	1 pieza.	
Elemento secundario del filtro de aire.	1 pieza.	
Filtro separador de agua-combustible de 30 m.	1 pieza.	
Filtro de combustible de 10 micras.	1 pieza.	
Filtro inhibidor de corrosión.	1 pieza.	
Filtro colador primario de Gas natural comprimido.	1 pieza.	
Filtro último de Gas natural comprimido.	1 pieza.	
Inyectores de Gas natural comprimido.	1 conjunto.	
Balatas delanteras.	4 piezas.	
Balatas traseras.	8 piezas.	
Rodamientos de las mazas delanteras interiores.	2 piezas..	
Rodamientos de las mazas delanteras exteriores.	2 piezas.	
Rodamientos de las mazas traseras interiores.	4 piezas.	
Rodamientos de las mazas traseras exteriores.	4 piezas.	
Retenes para la maza delantera.	2 piezas.	
Retenes para la maza trasera.	2 piezas.	
Baterías de 12 Volts.	2 piezas.	
Solución de agua con jabón.	1 lt.	
Embrague SAS-1402.	1 pieza.	Cerámico
Llantas delanteras.	2 piezas.	
Llantas traseras.	4 piezas.	

Fuente: Juárez N., (2006), "Diseño de un sistema de combustible bajo la tecnología Dual-Fuel (gas natural y diesel) para unidades DINA 55119080", Tesis de licenciatura, UAEH, ICBI, 103p.

CAPÍTULO 6.

ESTACIONES DE SERVICIO DE GAS NATURAL.

6.1 INTRODUCCIÓN.

Este proyecto estaría inconcluso sino se analiza el renglón básico sobre lo relacionado a “las estaciones de servicio de gas natural” que complementa la industria del transporte y del cual depende en gran medida su desarrollo.

Se ha dicho con anterioridad de que a pesar de que ya circulan un número considerable de vehículos que utilizan GNC en nuestro país, éste aún no cuenta con la infraestructura necesaria que permita recargar de combustible a la cada vez mayor cantidad de vehículos que utilizan este medio de propulsión.

En este sentido, el propósito de este capítulo es romper con el círculo vicioso de que “nadie quiere invertir en una estación de servicio por que no tiene clientes, y nadie quiere usar GNC en sus vehículos por que no hay sitios en donde se puedan recargar de este combustible”.

Así, se dan a conocer aspectos importantes relacionados a las estaciones de servicio, como: Qué es una estación de servicio, los tipos que existen, cómo se componen, cómo operan, qué factores considerar para configurar y establecer el tamaño de las mismas, también se dan a conocer los códigos y regulaciones a las que habrán de sujetarse tanto su construcción como su operación. Finalmente se revela la infraestructura que existe en la actualidad en nuestro país en cuanto al número de estaciones de servicio de gas natural.

6.2 DEFINICIÓN DE ESTACIÓN DE SERVICIO DE GAS NATURAL.

Técnicamente podemos describir a una estación de servicio de la manera siguiente:

“Es una instalación en la que se recibe, comprime, almacena y distribuye gas natural comprimido a vehículos automotores” (INGV, 1998).

6.3 TIPOS DE ESTACIÓN DE SERVICIO DE GAS NATURAL.

Básicamente hay tres tipos de configuraciones básicas de estaciones de servicio de gas natural, a saber:

a).- Estación de servicio de llenado rápido.

Es aquella estación que es capaz de proveer gas natural comprimido a vehículos en un periodo de tiempo similar al requerido por otros combustibles convencionales, como la gasolina y el diesel. Es decir aproximadamente entre cinco y diez minutos por automóvil o camión de uso ligero.

Todas las estaciones de servicio público tienen esta característica o configuración, dada la necesidad de los clientes relacionado con el factor tiempo.

b).- Estación de servicio de llenado lento.

Es aquella estación que es capaz de suministrar gas natural comprimido a vehículos en un periodo de tiempo mayor al requerido por otros combustibles convencionales, como la gasolina y el diesel. Es decir más de diez minutos por automóvil o camión de uso ligero.

Este tipo de estaciones de servicio es recomendada ampliamente cuando todos los vehículos de una flotilla regresan a un punto central por un periodo de seis u ocho horas, periodo durante el cual pueden ser recargados de gas natural comprimido.

c).- Estación de servicio combinada.

Como su nombre lo indica es aquella estación que incluye características de ambas estaciones, es decir de la de tipo de llenado rápido y de llenado lento.

Son usadas cuando algunos vehículos regresan a un punto central para ser recargados generalmente por la noche, y cuando simultáneamente otros vehículos necesitan ser recargados de combustible en un periodo corto de tiempo.

6.4 COMPONENTES PRINCIPALES Y PRINCIPIO DE FUNCIONAMIENTO.

Los principales componentes de una estación de servicio de llenado rápido son los siguientes:

- a).- Compresor.
- b).- Sistema de almacenamiento a alta presión.
- c).- Surtidor o despachador tipo de llenado rápido.
- d).- Tarjeta de acceso (si se desea).

El principio de funcionamiento de este tipo de estaciones es el siguiente:

El gas natural que llega de las compañías comercializadoras de este combustible a través de su red de distribución por medio de tubería de acero o poliuretano es comprimido por el compresor especial y almacenado posteriormente en el sistema de almacenamiento a alta presión.

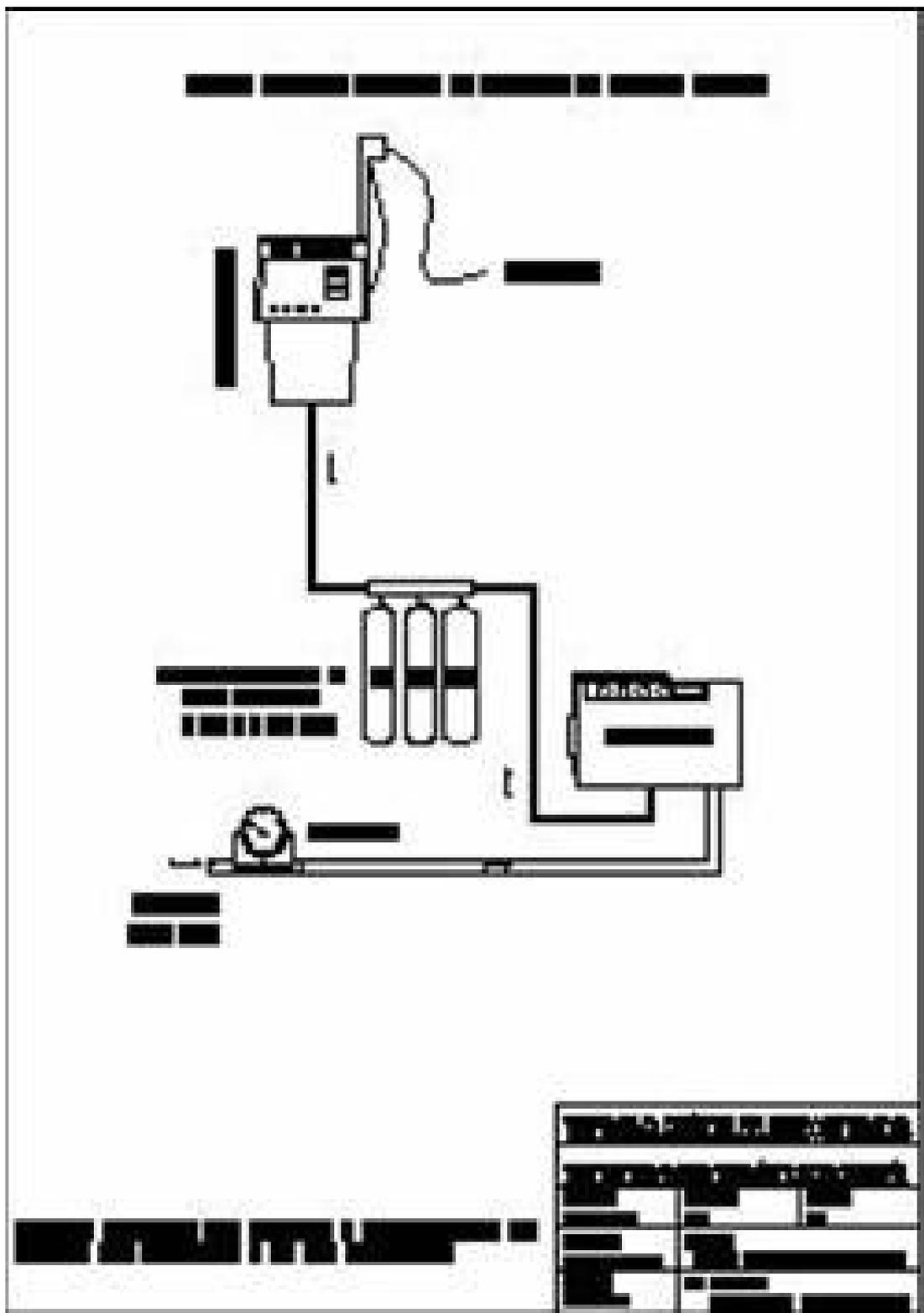
Este sistema de almacenamiento a alta presión abastece al despachador o surtidor, que generalmente está equipado con una llave de paso que interrumpe el flujo de gas cuando los cilindros del vehículo han alcanzado su máxima presión, desde donde finalmente es surtido al vehículo midiendo la cantidad transferida de GNC a un litro de gasolina equivalente y desplegando el precio del total .

Debido al incremento de temperatura del gas natural en los cilindros del vehículo causado esto por el incremento de su presión, los despachadores cuentan con una unidad compensadora de presión-temperatura para regular el volumen de gas hacia los cilindros del vehículo de acuerdo a la temperatura exterior en ese instante. Esta unidad compensadora monitorea la temperatura exterior ambiental y la compara con la de los cilindros, esto permite que los cilindros se carguen a la presión requerida .

Cabe señalar que cuando los vehículos empiezan a ser recargados de combustible, el sistema de almacenamiento sufre una caída de presión, la cual sirve como señal para que el compresor se active automáticamente para reaprovisionar de combustible al sistema.

Si se desea los despachadores pueden estar equipados para que mediante una tarjeta de acceso similar a una tarjeta de crédito los clientes puedan tener acceso al despachador.

La [figura 6.4.(1)] ilustra una estación de servicio de llenado rápido.

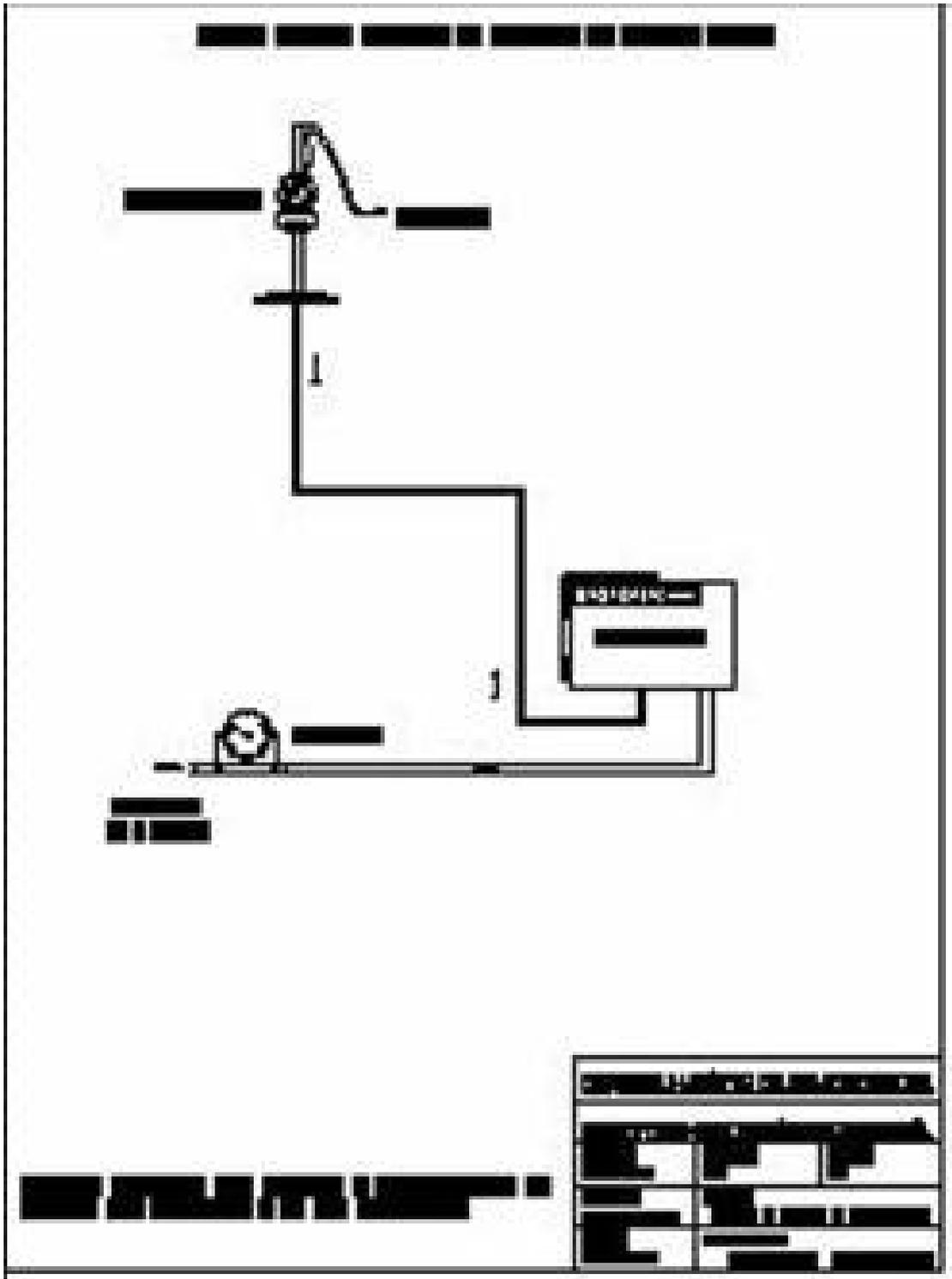


Los principales componentes de una estación de servicio de llenado lento son:

- a).- Compresor.
- b).- Despachador tipo de llenado lento.
- c).- Tarjeta de acceso (si se desea).

El principio de funcionamiento de este tipo de estación de servicio es similar al anterior, con la excepción de que no cuenta con el sistema de almacenamiento a alta presión, por lo que el gas que se recibe de las compañías distribuidoras pasa al compresor y de éste se envía directamente al despachador especial de donde se podrán finalmente surtir a los vehículos.

La [figura 6.4.(2)] ilustra una estación de servicio de llenado lento.



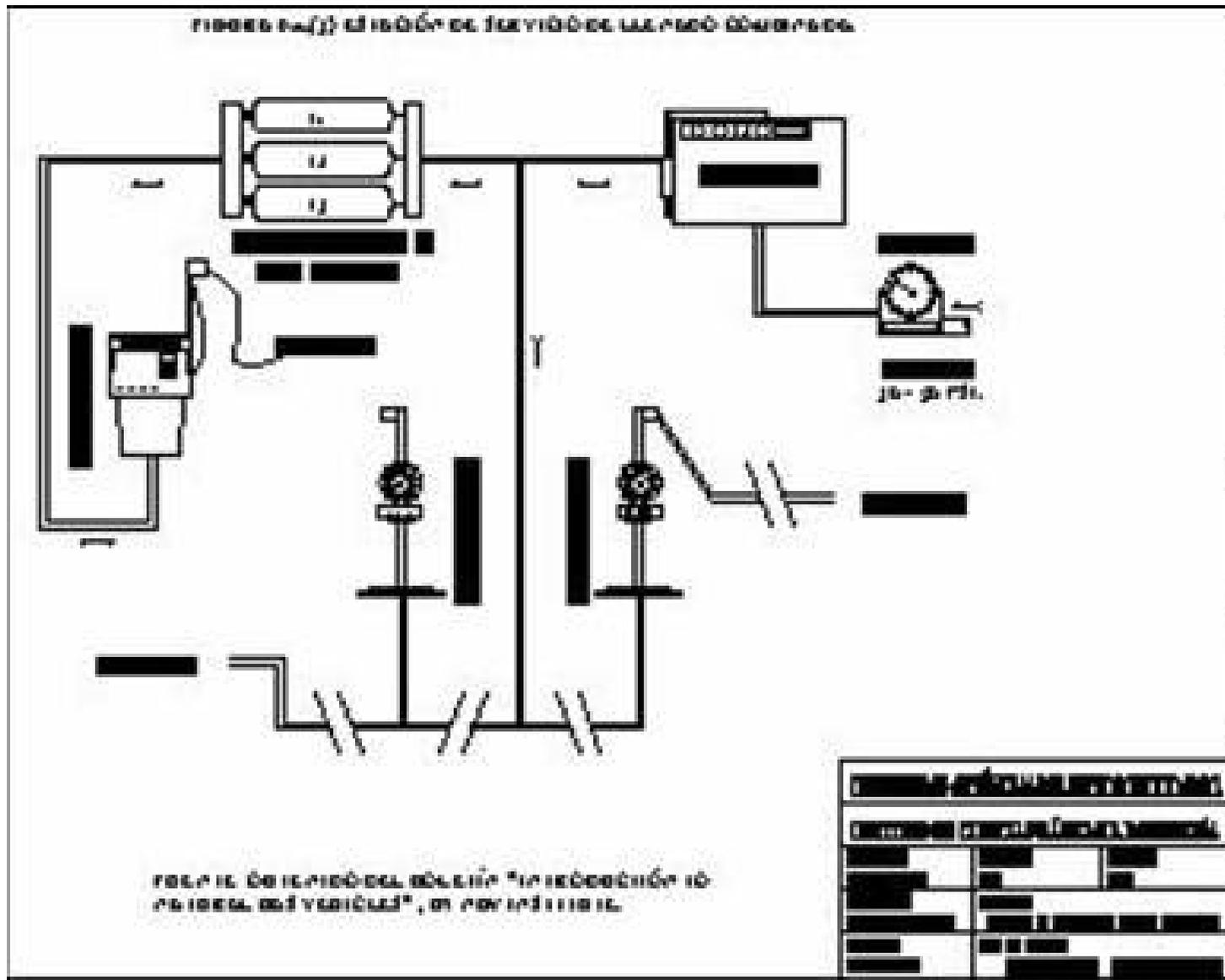
ESTACIONES DE SERVICIO DE GAS NATURAL.

Los principales componentes de una estación de servicio combinada son los siguientes:

- a).- Compresor.
- b).- Sistema de almacenamiento a alta presión.
- c).- Despachador tipo de llenado rápido.
- d).- Despachador tipo de llenado lento.
- e).- Tarjeta de acceso (si se desea).

El principio de funcionamiento de este tipo de estación de servicio es el correspondiente según sea el caso explicado en líneas anteriores.

La [figura 6.4.(3)] muestra una estación de servicio combinada.



6.5 TAMAÑO DE LAS ESTACIONES DE SERVICIO.

Las estaciones de servicio de GNC pueden diseñarse de tal manera que éstas logren cumplir las necesidades de abastecimiento, en este sentido rangos de 1.75 pies cúbicos por minuto (cfm, por sus siglas en inglés) a más de 1,000 cfm están disponibles en el mercado.

Sin embargo, el tamaño exacto y la configuración de una estación de servicio está determinado por una serie de factores que el diseñador de la misma debe considerar, entre dichos factores están los siguientes:

- a).- Identificar a que tipo de vehículos se dará servicio, esto es, si son “ligeros o pesados.”
- b).- Determinar el consumo diario estimado de combustible de la flotilla.
- c).- Definir claramente las características de aprovisionamiento de combustible, tales como: cuántos vehículos requieren ser suministrados de combustible de manera rápida y cuantos de manera lenta en un periodo pico de tiempo.
- d).- Contemplar el futuro desarrollo o crecimiento de la flotilla.

6.6 CÓDIGOS Y REGULACIONES.

Hay numerosas normas, códigos y regulaciones bajo las cuales deben estar diseñadas e instaladas las estaciones de servicio de GNC.

El cumplimiento de estos estándares garantizan la seguridad de construcción y operación de las estaciones de servicio de GNC.

Entre estas normas o códigos se encuentran principalmente:

Sociedad americana de ingenieros mecánicos (ASME, por siglas en inglés).

Sociedad americana de pruebas no destructivas (ASNT, por sus siglas en inglés).

Sociedad americana de soldadura (AWS, por sus siglas en inglés).

Departamento de transporte (DOT, por sus siglas en inglés).

Especificación 49 CFR, secciones 172, 178 y 393.

En nuestro país las estaciones de servicio están reglamentadas con la norma oficial mexicana NOM-031-SCFI-1994 “Gas Natural Comprimido para uso automotor- requisitos de seguridad para estaciones de servicio e instalaciones vehiculares”.

6.7 INFRAESTRUCTURA ACTUAL.

Uno de los principales motivos que restringe el uso de gas natural como combustible en vehículos de combustión interna en nuestro país, es que no se cuenta con la infraestructura necesaria de estaciones de servicio de gas natural en donde los usuarios puedan proveerse de este combustible.

En la [tabla 6.7.(1)] se muestra la infraestructura en cuanto a estaciones de servicio de gas natural que existen en México.

Como se puede observar en dicha tabla, la ubicación de México a nivel mundial es bastante limitada en cuanto a la existencia de estaciones de servicio y de talleres de conversión; lo anterior considerando que el parque total vehicular propenso a ser convertido o sustituido a gas natural es enorme.

Tabla 6.7.(1) Infraestructura de estaciones de servicio en México.

País.	Número de vehículos.	% del parque vehicular total.	Estaciones de servicio de gas natural.	Talleres de Conversión.
Argentina.	1,015,960	15 %	1,100	1,599
Brasil.	557,268	2.9 %	596	905
Italia.	400,800		423	
USA.	130,000		1,300	
Colombia.	19,400		56	32
México	2,000	0.02 %	4	5
Total mundial.	3,080,273		6,580	

Fuente: NGV_s statistics, Gas Vehicles Report, Octubre 03.

CONCLUSIONES.

Los resultados observados durante el desarrollo del presente trabajo permiten afirmar que el objetivo perseguido en su inicio se alcanzó en su totalidad ya que cada uno de los objetivos específicos trazados se lograron cumplir.

Así podemos concluir que:

1.- En el aspecto ecológico el hallazgo encontrado en la [figura 3.6. (1)] es que el gas natural como combustible vehicular reduce considerablemente los agentes contaminantes; propiciando con esto que el fenómeno de la contaminación atmosférica disminuya notablemente.

2.- En el aspecto económico el hallazgo encontrado es que efectivamente el uso de la tecnología Dual-Fuel (gas natural y diesel) para propulsar a los vehículos reduce notablemente los costos por operación en comparación con los propulsados a diesel únicamente.

Estos resultados se muestran en las [tablas 4.3. (1) y 4.3.(2)] .

Por otra parte, los resultados estimados en el análisis de inversión cuando se contempla comprar flotillas de vehículos en estas dos modalidades de operación, esto es a Dual-Fuel (gas natural y diesel) y sólo a diesel, reflejan un ahorro significativo a mediano plazo a favor de la tecnología Dual-Fuel.

En la [tablas 4.3.(3) y 4.3.(4)] se muestra este resultado.

Asimismo, en este análisis se observa que el periodo de amortización del capital resulta atractivo si se decidiera adquirir una estación de servicio a gas natural del tipo de llenado lento que suministre de combustible a la flotilla.

No obstante que la información referente al costo de mantenimiento que la tecnología dual-fuel requiere fue imposible de obtener, los resultados proporcionados por el fabricante del motor utilizado en cuanto al comportamiento del mismo nos permite afirmar que su costo de mantenimiento es menor con respecto a la tecnología sólo diesel.

Por lo anteriormente expuesto se demuestra y se concluye finalmente que utilizar vehículos bajo la tecnología Dual-Fuel en vehículos pesados es rentable económicamente, y que ecológicamente se contribuye a mitigar la contaminación atmosférica.

RECOMENDACIONES.

Para lograr que las tecnologías alternas de propulsión automotriz se desarrollen con mayor rapidez, se recomienda fomentar una visión integral del sistema económico que genera éste importante sector, más allá de la simple cadena productiva integrada por numerosas empresas de autopartes, ensambladoras y distribuidoras de vehículos.

Esto es, abarcar adicionalmente otros sectores importantes que se derivan de esta cadena productiva como lo son: Servicios financieros, importación de vehículos, mejora e innovación de la calidad de los combustibles, regularizaciones específicas en cuanto a leyes ambientales y de inversión de la iniciativa privada en la exploración y extracción de petróleo, servicios públicos que proporcionen una mejor infraestructura vial, un decidido impulso a la expansión del comercio y de las actividades económicas en general para llevar ingresos a las finanzas públicas, etcétera.

La falta de una visión completa e integrada como la vislumbrada en los párrafos anteriores, originan claroscuros en el sector automotriz, que lo lleva a que alguno o algunos de los eslabones que lo conforman sean afectados impidiendo un mejor desarrollo de la actividad industrial.

Así, la situación no definida sobre la inversión de capital privado en las etapas iniciales de exploración y extracción en la industria petrolera en nuestro país, como tasar el precio del gas natural tomando como referencia el precio del gas del Sur de Texas que se sitúa alrededor de 8 dólares por millón de BTU; y no considerar el costo real que a PEMEX le cuesta producirlo (de 2.0 a 2.5 dólares por millón de BTU) y sobre todo no tomar en cuenta que se trata de dos economías diferentes. Estas situaciones frenan enormemente el desarrollo del sector automotriz y por consiguiente el sector industrial del país.

Esto se ve reflejado en la reducida cantidad de estaciones de servicio a gas natural que existen en nuestro territorio.

Otro claroscuro que se vislumbra es el cambio en la estructura de suministro de combustible, para dar paso a los modelos que se espera que en la próxima

década puedan funcionar con energías alternativas no contaminantes como el hidrógeno y la energía nuclear.

De tal manera, un mercado anual que potencialmente debería ser el doble de lo que es actualmente, se ve limitado por la falta de esquemas de financiamiento adecuado a los ingresos de los consumidores, además de que la proliferación de la economía informal y la inestabilidad de los empleos hacen cada vez más difícil que muchos potenciales consumidores de vehículos nuevos puedan ser sujetos de crédito.

Opciones como la importación de autos usados y la permanencia de un gran parque vehicular de gran antigüedad, afectan a los eslabones más vulnerables de la cadena, de la cual dependen. Adicionalmente, se afecta a las finanzas públicas, a las vialidades y al medio ambiente.

Así las finanzas públicas deben reforzarse para dotar de infraestructura, pero esto sólo se puede hacer si los propietarios y usuarios de los vehículos contribuyen, lo cual no sucede con más de la cuarta parte del parque vehicular del país, que se encuentra irregular o que se considera obsoleto.

De esta manera es necesario llevar a cabo un serio esfuerzo de coordinación para instrumentar políticas públicas y para que los agentes económicos tomen las medidas necesarias que permitan una mayor congruencia, eficiencia y coordinación en el sector automotriz.

Con base a lo anterior se sugieren los siguientes tópicos de investigación propensos a ser desarrollados como proyectos ulteriores:

- Diseñar un plan de financiamiento acorde a la economía actual que permita convertir o sustituir el extenso parque vehicular obsoleto a vehículos que utilicen combustibles alternos.
- Analizar la factibilidad económica de inversión de la iniciativa privada en las primeras etapas de exploración y extracción de petróleo en nuestro país considerando los aspectos políticos, sociales y culturales inherentes al proyecto

-
- Diseñar un sistema de costos que permita tasar el precio del gas natural mexicano considerando la economía real que priva en nuestro país.
 - Investigar cuáles son los verdaderos factores que impiden el desarrollo de vehículos propulsados con combustibles alternos.
 - Identificar cuáles son los factores reales que frenan la expansión de la red de estaciones de servicio a gas natural.
 - Analizar cómo influye el uso de vehículos “dedicados” a gas natural en el fenómeno de la contaminación atmosférica y en la rentabilidad de la industria de transporte de carga.
 - Investigar cómo repercute la infraestructura vial existente en el fenómeno de la contaminación atmosférica.
 - Diseñar y fomentar el uso de combustibles de “cero emisiones contaminantes” como el hidrógeno y la energía solar en aplicaciones vehiculares.

BIBLIOGRAFÍA.

ALATRISTE GALVÁN, Pablo. "No Más Gasolina". Día siete. Edición semanal. No. 278. México D.F. 2005. 6 p.

Anuario de vehículos de autotransporte. Consorcio editorial y comunicación. Publicación anual. Edición 2003. Año 5. Número 5. 167 páginas.

BECERRIL L., Diego Onesimo. Manual del Instalador de Gas L.P. México, D.F.

CASCAJOSA, Manuel. Ingeniería de vehículos. México, D.F. Editorial Alfaomega. 2005.

Caterpillar, Inc. Maintenance of Dual – Fuel System. U.S.A. 1999.

COLMENARES, Francisco. Petróleo y lucha de clases en México 1964-1982. México, D.F. Ediciones el caballito. 1982.

Coordinación General de Transporte. Gaceta oficial del departamento del D.F. México D.F. Talleres gráficos de la nación. 1995.

C. NASH, Frederick. Fundamentos de mecánica automotriz. México D.F. Editorial diana. 1990.

Cummins Engine Company, Inc. Motores De Combustible Alterno. México D.F. 1998.

Cummins Engine Company, Inc. Respuestas a Preguntas Sobre Diesel. México D.F. 1999.

Diccionario Enciclopédico. España. Editorial Océano. 1996.

Dictionary Spanish English. Germany. Editorial Staff. 1985.

Dina Camiones. Manual de Conocimiento General de Camiones Dina. 1997.

Dina S.A. de C.V. “ DINA, líder en vehículos de gas natural comprimido”.
Cam1noticias. Edición trimestral. Agosto, 1993. México D.F. 2 p.

Dual – Fuel. Gas Engines. Power System. Edition 1996. 16 p.

Dual – Fuel. Product Description. Power System. Edition 1999. 3 p.

Gobierno del Distrito federal. Licitación publica nacional No. FA-LPN-GDF-001-98. 1998.

GUERRA, Luis Manuel. El aire nuestro de cada día. México D.F. Editorial diana. 1995.

HAHN, Carlos. “El caballo y la rueda”. Sobre Ruedas. Edición mensual. México D.F. Junio de 1993. 2 p.

Hercules Engines, Inc. Hercules Natural Gas Vehicles Engines. U.S.A. 2000.

HERNÁNDEZ MORENO, Gicela. Como investigar. México D.F. Edere. 2000.

H. SEVERNS, W., E. DEGLER, H., C. MILES, J. Energía mediante Vapor, Aire o Gas. México D.F. Reverte. 1976.

ILPES. Guía para la presentación de proyectos. México D.F. Siglo XXI. 1999.

Introduction to natural gas vehicles. NGV Institute. Edition 1998. 35 p.

Man. Gas Engine For Vehicles and Industrial Applications. Germany. 1998.

Natural Gas Familiarization. Cummins Engine Company, Inc. Edition 1995.
77 p.

O`BRIEN, Robert. Maquinas. México D.F. Offset Iarios. 1976.

PÉREZ AVILA, Noé. Como hacer una investigación. México D.F. Ediciones de superación académica. 1984.

ROSALES C., Manuel y HEREDIA, Enrique. Motor guía. México D.F. Editora y distribuidora mexicana. 1975.

Sinónimos / Antónimos. México D.F. Editorial Larousse. 1980.

SVENDEMAN, Steve. "Faster Fueling For Fewer Dollars". Natural Gas Fuels. Denver Colorado, September 1997. 3 p.

V. KRICK, Edward. Introducción a la ingeniería y al proyecto de ingeniería. México D.F. Limusa. 1972.

3126G Electronic Dual-Fuel. Caterpillar Diesel Engines. Edition 1997. 23 p.

WILLIAM, James. Motor Truck. Engineering Handbook. USA.

CIBERGRAFÍA.

<http://www.amgn.org.mx>

<http://www.iangv.org/ngv/stats.html>

http://www.ngvglobal.com/index.php?option=com_content&task=view&lang=sp