



Universidad de San Carlos de Guatemala  
Facultad de Ingeniería  
Escuela de Ingeniería Mecánica Industrial

**PROPUESTA DEL PROCEDIMIENTO QUE APLICAN LAS EMPRESAS  
DE CERTIFICACIÓN DE UNIDADES DE TRANSPORTE PARA  
EVALUAR EL CUMPLIMIENTO DEL REGLAMENTO TÉCNICO  
CENTROAMERICANO 13.01.25:05**

**Rolando Augusto Díaz Rímola**

Asesorado por el Ing. Luis Aroldo Ayala Vargas

Guatemala, septiembre de 2007

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA



FACULTAD DE INGENIERÍA

**PROPUESTA DEL PROCEDIMIENTO QUE APLICAN LAS EMPRESAS DE  
CERTIFICACIÓN DE UNIDADES DE TRANSPORTE PARA EVALUAR EL  
CUMPLIMIENTO DEL REGLAMENTO TÉCNICO CENTROAMERICANO**

**13.01.25:05**

TRABAJO DE GRADUACIÓN

PRESENTADO A LA JUNTA DIRECTIVA DE LA  
FACULTAD DE INGENIERÍA

POR

**ROLANDO AUGUSTO DÍAZ RÍMOLA**

ASESORADO POR EL ING. LUIS AROLD O AYALA VARGAS

AL CONFERÍRSELE EL TÍTULO DE

**INGENIERO MECÁNICO INDUSTRIAL**

GUATEMALA, SEPTIEMBRE DE 2007

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA  
FACULTAD DE INGENIERÍA



**NÓMINA DE JUNTA DIRECTIVA**

DECANO	Ing. Murphy Olympo Paiz Recinos
VOCAL I	Inga. Glenda Patricia García Soria
VOCAL II	Inga. Alba Maritza Guerrero de López
VOCAL III	Ing. Miguel Ángel Dávila Calderón
VOCAL IV	Br. Kenneth Issur Estrada Ruíz
SECRETARIA	Inga. Marcia Ivonne Véliz Vargas

**TRIBUNAL QUE PRACTICÓ EL EXAMEN GENERAL PRIVADO**

DECANO	Ing. Murphy Olympo Paiz Recinos
EXAMINADOR	Ing. Jaime Humberto Batten Esquivel
EXAMINADOR	Inga. Sigrid Alitza Calderón De León
EXAMINADOR	Ing. Erwin Danilo González Trejo
SECRETARIA	Inga. Marcia Ivonne Véliz Vargas

## **HONORABLE TRIBUNAL EXAMINADOR**

Cumpliendo con los preceptos que establece la ley de la Universidad de San Carlos de Guatemala, presento a su consideración mi trabajo de graduación titulado:

**PROPUESTA DEL PROCEDIMIENTO QUE APLICAN LAS EMPRESAS DE  
CERTIFICACIÓN DE UNIDADES DE TRANSPORTE PARA EVALUAR EL  
CUMPLIMIENTO DEL REGLAMENTO TÉCNICO CENTROAMERICANO  
13.01.25:05,**

tema que me fuera asignado por la Dirección de la Escuela de Ingeniería Mecánica Industrial, en enero de 2007.

Rolando Augusto Díaz Rímola

## ÍNDICE GENERAL

<b>ÍNDICE DE ILUSTRACIONES</b>	<b>VII</b>
<b>GLOSARIO</b>	<b>IX</b>
<b>RESUMEN</b>	<b>XV</b>
<b>OBJETIVOS</b>	<b>XVII</b>
<b>INTRODUCCIÓN</b>	<b>XIX</b>
<b>1. SITUACIÓN ACTUAL</b>	<b>1</b>
1.1 Reglamento técnico centroamericano	3
1.1.1 Campo de aplicación	4
1.1.2 Deficiencias o incongruencias	4
1.2 Reglamento Interno de la empresa certificadora Metrogas	7
1.2.1 Campo de aplicación	8
1.2.2 Deficiencias o incongruencias	8
1.3 Procedimiento actual de certificación de unidades de transporte	11
1.3.1 Equipo y herramientas de inspección	12
1.3.2 Operaciones de inspección	14
1.3.2.1 Preparación	15
1.3.2.2 Inspecciones visuales	16
1.3.2.2.1 Inspección visual externa	16
1.3.2.2.2 Inspección visual interna	28
1.3.2.3 Pruebas de inspección	30
1.3.2.3.1 Prueba de estanqueidad	30

1.3.2.3.2	Prueba de presión neumática	33
1.3.2.3.3	Prueba de espesores	36
1.3.3	Certificación de la unidad de transporte	37
1.3.4	Análisis del procedimiento actual de certificación de unidades de transporte	40
1.3.5	Diagrama de flujo del proceso actual de certificación de unidades de transporte	41
1.3.5.1	Metodología de tiempos	41
1.3.6	Hoja de control	50
1.3.7	Personal de inspección	52
1.4	Seguridad e higiene industrial	52
1.4.1	Normas actuales de seguridad e higiene industrial	53
1.4.2	Accidentes registrados	53
1.4.3	Condiciones inseguras	54
1.4.4	Actos inseguros	57
1.5	Mantenimiento preventivo	58
1.5.1	Programa actual de mantenimiento	59
1.5.2	Problemas por falta de programa de mantenimiento	59
1.5.3	Elementos susceptibles a mantenimiento	60
1.5.4	Fallas o deficiencias frecuentes	61
<b>2.</b>	<b>PROPUESTA DE MEJORAS A LOS REGLAMENTOS</b>	<b>67</b>
2.1	Mejoras al reglamento técnico centroamericano	67
2.2	Mejoras al reglamento interno de Metrogas	70
<b>3.</b>	<b>PROPUESTA DE MEJORAS AL PROCEDIMIENTO DE CERTIFICACIÓN DE UNIDADES DE TRANSPORTE</b>	<b>75</b>
3.1	Metodología	75

3.1.1	Estudio de tiempos	75
3.1.2	Estandarización de tiempos	76
3.2	Diagrama de flujo del proceso mejorado de certificación de unidades de transporte	83
3.3	Operaciones mejoradas	95
3.4	Estudio de mejoras	98
3.5	Nueva hoja de control de inspecciones	99
<b>4.</b>	<b>NORMAS DE SEGURIDAD E HIGIENE</b>	<b>105</b>
4.1	Cambios en las condiciones inseguras	105
4.2	Cambios en los actos inseguros	110
4.3	Normativo de seguridad para el procedimiento de inspección de unidades de transporte	113
4.3.1	Equipo de protección personal	113
4.3.2	Seguridad durante las operaciones de inspección	114
4.3.2.1	Preparación de la unidad de transporte	114
4.3.2.2	Inspección visual externa	115
4.3.2.3	Inspección visual interna	116
4.3.2.4	Pruebas de inspección	117
4.3.3	Otras normas de seguridad	118
<b>5.</b>	<b>PROGRAMA DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO PARA LAS UNIDADES DE TRANSPORTE</b>	<b>123</b>
5.1	Elementos aplicables a mantenimiento preventivo	123
5.2	Diseño del programa de mantenimiento preventivo para los elementos de las unidades de transporte	124
5.2.1	Mantenimiento preventivo de bombas	125
5.2.1.1	Bomba de agua y líquido refrigerante	125
5.2.1.2	Bomba de aceite	125

5.2.1.3	Bomba de combustible	126
5.2.2	Mantenimiento preventivo de filtros	126
5.2.2.1	Filtros de combustible	126
5.2.2.2	Filtro de aire	127
5.2.2.3	Aceite y filtros de aceite de motor	128
5.2.3	Mantenimiento preventivo del sistema eléctrico	129
5.2.3.1	Batería	129
5.2.3.2	Fusibles	130
5.2.3.3	Luces y pida vías	130
5.2.4	Mantenimiento preventivo de elementos del cabezal	131
5.2.4.1	Motor de arranque	131
5.2.4.2	Palanca de cambios y freno de estacionamiento	132
5.2.5	Mantenimiento preventivo de válvulas	132
5.2.6	Mantenimiento preventivo de las mangueras de descarga	133
5.2.7	Mantenimiento preventivo de las llantas	136
5.2.8	Mantenimiento preventivo del tanque	137
5.2.9	Mantenimiento preventivo de otros elementos	139
5.2.9.1	Radiador	139
5.2.9.2	Sistema de transmisión	139
5.2.9.3	Sistema de dirección hidráulico	140
5.2.9.4	Sistema de frenos	141
5.2.9.5	Sistema de embrague	144
5.2.9.6	Sistema de suspensión	146
5.3	Diseño de la hoja de rutinas de mantenimiento preventivo	146
5.4	Diseño de la hoja de inspección de mantenimiento preventivo para las unidades de transporte	147



<b>6. ANÁLISIS DE COSTOS DEL PROGRAMA DE MANTENIMIENTO</b>	
<b>PREVENTIVO</b>	<b>149</b>
6.1 Costos directos	149
6.2 Costos indirectos	151
6.3 Costos de oportunidad	151
6.4 Beneficios del desarrollo del proyecto	152
6.5 Relación beneficio/costo	155
<b>CONCLUSIONES</b>	<b>157</b>
<b>RECOMENDACIONES</b>	<b>161</b>
<b>BIBLIOGRAFÍA</b>	<b>163</b>
<b>APÉNDICE</b>	<b>165</b>
<b>ANEXO</b>	<b>171</b>



## ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

### FIGURAS

1.	Diagrama de flujo actual del proceso de certificación	42
2.	Diagrama de flujo mejorado del proceso de certificación	84
3.	Carteles de prevención	106
4.	Carteles de señalización	107
5.	Plano mejorado del área de trabajo de Metrogas	111
6.	Diseño mejorado de la torre de inspección	112
7.	Hoja de inspección mejorada	165
8.	Hoja de rutinas de mantenimiento	166
9.	Hoja de inspección de mantenimiento	167
10.	Hoja de inspección actual	171
11.	Certificado de funcionalidad	172
12.	Calcomanía de certificación 1	173
13.	Calcomanía de certificación 2	173
14.	Reglamento técnico centroamericano	174
15.	Reglamento interno de Metrogas	179

## TABLAS

I	Tiempos normales del proceso de certificación	75
II	Valorización del ritmo de trabajo	77
III	Tiempos de operación con fatiga y sin fatiga en horas	79
IV	Tiempos estándar en segundos del procedimiento de Certificación	81
V	Costos directos de mantenimiento preventivo	150
VI	<i>Check list</i> del proceso actual de certificación de unidades de transporte	168

## GLOSARIO

<b>Alarma de retroceso</b>	Es un dispositivo electrónico que, al momento de iniciar el retroceso del motor, se activa, provocando un timbre de alarma sonoro, el cual anuncia a las personas alrededor de la unidad, el movimiento hacia atrás de la misma.
<b>Amortiguación del tanque</b>	Los amortiguadores son dispositivos que evitan el choque violento y el movimiento brusco del tanque con el chasis. Generalmente, se emplean reglas de madera o bolsas de aire entre estos dos cuerpos para amortiguar su movimiento.
<b>Antideslizante</b>	Es una malla metálica ubicada en la parte superior del tanque y sirve para prevenir los resbalones de personas en esa área.
<b>Bandeja de derrames</b>	Es una bandeja metálica que sirve para contener material que se derrame de la válvula de descarga. Se encuentra justo debajo de las válvulas.

**Conexión tanque-cabezal** Es la parte en la que se une el cabezal y el tanque. Allí se encuentran cables, ensanches, conexiones, resortes y otros dispositivos importantes.

**Conexiones a tierra** Son elementos metálicos en forma de cilindros sólidos, de pequeño diámetro y larga altura, ubicados en la parte superior o inferior del tanque. Sirven como dispositivos eléctricos de seguridad para conectar el tanque a tierra, para evitar choques eléctricos al momento de cargar o descargar el material.

**Doble pared** Es la superficie plana que divide cada uno de los compartimientos dentro del tanque. Antes eran fabricadas literalmente con “doble pared”, de allí el origen de su nombre.

**Ficha de enrase** Son pequeños cilindros sólidos que indican las medidas de volumen de los compartimientos en relación a la altura desde el fondo del tanque. Se encuentran dentro de cada compartimiento. En sí no indican la medida, pero indican la posición de cierta medida, la cual será dada por los marchamos.

<b>Fijación del tanque</b>	La fijación del tanque al chasis de la unidad se lleva a cabo mediante unos tornillos de fijación, los cuales sostienen y unen al tanque con el chasis. Estos tornillos se encuentran debajo del tanque y sobre el chasis.
<b>Flash</b>	Linterna manual portátil, especial antiexplosiones, el cual alumbraba en condiciones de oscuridad. Se encuentra siempre a la mano dentro del cabezal de la unidad.
<b>Jaula antivuelco</b>	<p>Es una jaula metálica que rodea la parte superior del tanque, tiene una función principal y varias secundarias. La principal es evitar accidentes, mediante la protección de los <i>manholes</i> del tanque. En el caso que la unidad de transporte volcara por cualquier razón, la jaula antivuelco debe de soportar el peso del tanque y debe evitar que los <i>manholes</i> tengan contacto directo con la superficie del suelo, para prevenir derrames e incendios.</p> <p>Las funciones secundarias son: primero, ayudar a las personas que suben al tanque, para que tengan una superficie plana en cual sostenerse y segundo, contener y retener líquidos que se puedan acumular en ese espacio, para evitar que se rieguen alrededor de toda la superficie del tanque.</p>

- Luces laterales** Son pequeños dispositivos que alumbran la parte lateral de las unidades, protegiendo, completamente, a la unidad en la oscuridad. Se activan, automáticamente, al encenderse las luces nocturnas.
- Mangueras de descarga** Son los elementos en forma de tubo largo que se utilizan para descargar el material que contienen los tanques de las unidades de transporte y, generalmente, se cuenta con dos. Se encuentran guardadas en la parte lateral del tanque, en un compartimiento especial para ellas, una a cada lado. Son hechas de caucho con un alma de malla y miden, aproximadamente, 4 metros de largo.
- Manholes** Son los agujeros u orificios de la parte superior del tanque, que comunican al tanque con el ambiente externo.
- Marchamos** Son identificadores de plomo que dan la medida de altura y volumen de un compartimiento en la posición de una ficha de enrase. Cada ficha posee un marchamo.
- Master switch** Es un dispositivo electrónico de seguridad que bloquea todo el sistema eléctrico de la unidad de transporte al momento de activarlo. Se activa desde dentro de la cabina.



<b>Respiraderos</b>	Son unos orificios pequeños y delgados que son parte de los <i>manholes</i> y de las tapaderas de los tanques. Estos conectan el interior del tanque con el exterior. Cada tapadera debe tener su respiradero. El flujo de aire está restringido por la válvula de alivio, la cual mantiene cerrado el paso, hasta que la presión dentro del tanque llega a los 3 psi. Al ocurrir esto, la válvula permite el paso de aire, para “aliviar” el excedente de presión dentro del tanque.
<b>Rompeolas</b>	Son superficies metálicas planas con orificios que se colocan dentro de los compartimientos, transversales al eje longitudinal del tanque, las cuales evitan el excesivo movimiento del material almacenado. La cantidad de rompeolas por compartimiento depende del tamaño del mismo, pero un compartimiento puede llevar hasta cuatro rompeolas.
<b>Rótulos</b>	Son letreros, carteles o inscripciones que indican datos o información importante del tanque y de la unidad de transporte. Se encuentran alrededor de todo el camión y el tanque.
<b>Sistema eléctrico</b>	Son todas las conexiones, cables, seguros y terminales que forman la parte eléctrica de la unidad.

<b>Tanque</b>	Depósito metálico en forma de cilindro cerrado utilizado para almacenar hidrocarburos durante su transporte. Tienen capacidad desde 2 mil hasta 10 mil galones, almacenados en 1 hasta 5 compartimientos.
<b>Unidad de Transporte</b>	Es el camión cisterna o vehículo para transportar hidrocarburos. El tamaño del motor y la potencia de los cabezales de estas unidades varían según la capacidad volumétrica de carga de sus respectivos tanques. Estos tanques poseen de uno a cinco compartimientos, teniendo capacidad de carga total de 2 mil a 10 mil galones regularmente. El color difiere uno con otro dependiendo de la empresa a la que pertenezcan, mientras que el diseño y forma del mismo tiene su origen en la empresa y lugar de fabricación.
<b>Válvula de alivio</b>	Es el dispositivo de seguridad que libera gases no deseados a través de los respiraderos al llegar la presión interna a 3 psi. Se encuentra en los <i>manholes</i> y se activa automáticamente, con un sensor de presión.

## RESUMEN

El presente trabajo de graduación se realizó para mejorar los procedimientos de certificación de unidades de transporte de hidrocarburos. Esta certificación es un requerimiento necesario para obtener la licencia de transporte para determinada unidad y es un procedimiento mediante el cual se certifica que la unidad puesta a prueba se encuentra en las condiciones mecánicas, eléctricas y físicas indispensables por ley. Para comprobar estas condiciones se procede a realizar una serie de pruebas visuales, mecánicas, físicas y eléctricas sobre la unidad de transporte: la inspección visual externa, la inspección visual interna, la prueba de presión hidráulica, la prueba de presión neumática y la prueba de espesores.

Debido a algunos acuerdos internacionales firmados con los países centroamericanos, Guatemala adoptó a finales del año 2005, el Reglamento Técnico Centroamericano de Transporte Terrestre de Hidrocarburos Líquidos, excepto GLP, como documento de control y normativo para el funcionamiento, requerimientos mínimos, disposiciones, inspecciones y métodos de prueba de las unidades de transporte, ver Anexo, figura 14, pág. 174. Este reglamento debe de cumplirse conjuntamente con los otros países centroamericanos, como requisito para la libre circulación de las unidades por todo el istmo. El Ministerio de Energía y Minas debe velar por esto, a través de la empresa de certificación Metrogas.

Sin embargo, el reglamento adquirido no aplica totalmente a las condiciones del medio nacional, debiendo analizarse algunos cambios y modificaciones. Asimismo, conforme al Reglamento Técnico Centroamericano, se hace necesaria una reforma completa a los procedimientos de la empresa Metrogas. El mejoramiento de los procedimientos incluye términos de seguridad e higiene industrial, así como la propuesta de un programa de mantenimiento preventivo para las unidades de transporte.

## **OBJETIVOS**

### **General**

Realizar la evaluación, diagnóstico y mejoramiento del procedimiento de certificación que aplica la empresa Metrogas para evaluar el cumplimiento del Reglamento Técnico Centroamericano de Transporte Terrestre de Hidrocarburos Líquidos, incluyendo a las pruebas mecánicas utilizadas en la inspección de unidades de transporte, además de la creación de un programa de mantenimiento preventivo para los camiones, evaluando los respectivos costos y beneficios.

### **Específicos**

1. Obtener una propuesta de modificaciones al reglamento aplicado a nivel nacional -Reglamento Técnico Centroamericano- acorde con las condiciones de Guatemala, en lo que a transporte de hidrocarburos líquidos se refiere, además de un reglamento interno de procedimientos para la empresa certificadora Metrogas, la cual contenga los lineamientos del Reglamento Centroamericano.

2. Desarrollar una mejora para los procedimientos de certificación de unidades de transporte, de acuerdo al Reglamento Centroamericano, con operaciones ordenadas, para la seguridad de las unidades de transporte y para satisfacción de la empresa Metrogas y de sus clientes.
  
3. Lograr una mayor seguridad industrial para el ente certificador al momento de aplicar los procedimientos, utilizando equipo, normas y procedimientos de seguridad, induciendo normas de seguridad e higiene en el trabajo, al igual que en cada unidad de transporte.
  
4. Mejorar el proceso de las pruebas mecánicas de inspección, prueba de espesores, prueba de presión neumática, prueba de presión hidráulica.
  
5. Elaborar un programa de mantenimiento preventivo aplicado a las unidades de transporte, para el aumento de su eficiencia y reducción del mantenimiento correctivo y, por ende, de los costos del mismo.
  
6. Obtener, mediante enseñanza–aprendizaje, un personal técnico de inspección mejor capacitado, y con los conocimientos necesarios para su buena labor.

## INTRODUCCIÓN

La distribución de hidrocarburos en Guatemala se realiza por medio de unidades de transporte de hidrocarburos, camiones equipados con cilindros huecos de metal para contener y transportar combustibles. La circulación de estas unidades de transporte debe estar regida por ciertas leyes. En Guatemala existía una ley nacional que les indicaba restricciones y especificaciones mínimas y el Ministerio de Energía y Minas se encargaba de controlar e inspeccionar a estas unidades.

A las unidades que cumplían con todos los requerimientos del reglamento se les “certificaba”. Pero por razones internas y de descentralización, el Ministerio de Energía y Minas decidió dejar este trabajo en manos de empresas privadas. Es así como la empresa Metrogas -ubicada en el kilómetro 29, Carretera al Pacífico- se encarga de realizar las inspecciones a las unidades de transporte, para su posterior certificación, en caso de aprobar todas las pruebas y registros realizados.

Después de esto, debido a la globalización y al intento de integración centroamericana, Guatemala firmó unos acuerdos internacionales con los demás países de Centroamérica, para unificar sus leyes de transporte de hidrocarburos, con el fin de estandarizar estos movimientos a nivel regional, con lo que se creó el Reglamento Técnico Centroamericano de Transporte de Hidrocarburos -excepto GLP- ver Anexo, figura 14, pág. 174.

El trabajo de graduación se enfoca básicamente en el mejoramiento del procedimiento de certificación de unidades de transporte de hidrocarburos, y de todos los elementos y operaciones que lo conforman, realizando diversos procesos y actividades para poder lograr los objetivos presentados.



## 1. SITUACIÓN ACTUAL

El presente trabajo de graduación fue realizado a través del Ministerio de Energía y Minas. Es muy importante destacar y analizar esta institución nacional, que en la actualidad, se encuentra sufriendo muchos cambios y reformas para la mejora del Ministerio en sí, y de Guatemala. Para iniciar este análisis, se utilizará un análisis FODA (fortalezas, oportunidades, debilidades y amenazas), el cual, se presenta a continuación:

**Fortalezas:** el Ministerio de Energía y Minas es una institución con un buen prestigio a nivel nacional. Se encuentra actualmente ampliando sus fronteras, y buscando formas de crecimiento. Por medio de esta institución, el adecuado uso de los nuevos procedimientos y reglamentos adoptados por ellos es realmente una ventaja comercial para el país y para el sector privado que dirige su labor hacia esa área. Además, los reglamentos y procedimientos, apoyados por el Ministerio de Energía y Minas, están basados en unos utilizados en Europa, en donde funcionan a cabalidad. Los acuerdos internacionales actualmente firmados por el Ministerio, constituyen un fuerte primer paso a la unión centroamericana, tanto comercial como políticamente hablando. Con esto, el Ministerio de Energía y Minas logró una unión a su vez con instituciones importantes del ámbito político en Centroamérica y el mundo.

**Oportunidades:** las oportunidades de crecimiento actuales del Ministerio de Energía y Minas, tanto nacional como internacional, son muy grandes. El actual movimiento de globalización mundial, le apoya en el surgimiento de una unión en todos los sentidos, no sólo con instituciones centroamericanas, sino también con países fuera del istmo. Debido a los nuevos procesos y procedimientos adoptados por el Ministerio de Energía y Minas, se están adoptando también reglamentos y normativos nuevos, que tienen el respaldo internacional, y que actualmente están siendo utilizados por países altamente desarrollados en las áreas energéticas, petroleras, mineras e industriales, lo que constituye una oportunidad enorme de desarrollar estos sectores comerciales en Guatemala, siempre a través del Ministerio de Energía y Minas.

**Debilidades:** con los nuevos procedimientos y normas tomados por el Ministerio de Energía y Minas para Guatemala, se hace realmente difícil su real adopción nacional. Se están cometiendo muchos errores en cuanto a la interpretación dada a ciertos lineamientos encontrados dentro de los acuerdos internacionales firmados por el Ministerio. El Ministerio necesita aliados fuertes en el sector privado para lograr desarrollar totalmente algunos proyectos enfocados al crecimiento del país. Muchas empresas privadas no tienen la valentía de tomar el reto, y de ser parte de los proyectos energéticos y mineros propuestos para el país. Además, la debilidad de proyectos a futuro, de largo plazo, es evidente.

**Amenazas:** la amenaza principal del Ministerio de Energía y Minas, ante el desarrollo de proyectos a nivel nacional, es el tiempo. El tiempo pasa y se pierden un sinnúmero de oportunidades para mejorar toda la organización y control que el Ministerio tiene sobre parte de Guatemala. Además, hablando del tiempo político, cada cuatro años llegan personas a dirigir el Ministerio con nuevas ideas, a veces buenas, a veces malas. La continuidad de los proyectos pactados durante un período, se ve afectada por el cambio de mando. Así que para la efectividad de los proyectos, se ha reducido la duración de los mismos para menos de 4 años, lo que constituye una amenaza para muchas de las oportunidades de proyectos a largo plazo, para el Ministerio, y para Guatemala.

## **1.1 Reglamento Técnico Centroamericano**

El Reglamento Técnico Centroamericano de Transporte Terrestre de Hidrocarburos Líquidos (excepto GLP) es un documento que contiene todas las normas y especificaciones que deben cumplir las unidades de transporte en Centroamérica para poder apelar para transportar hidrocarburos (ver Anexo, figura 14, pág. 174).

El Comité Técnico de Normalización es el organismo encargado de realizar el estudio y la adopción del Reglamento Técnico, y este se encuentra conformado por representantes de los sectores académico, consumidor, empresa privada y gobierno. Este documento fue aprobado por el Subgrupo de Medidas de Normalización, y su oficialización conlleva la aprobación del Consejo de Ministros de Integración Económica (COMIECO).

### **1.1.1 Campo de aplicación**

Este reglamento tiene dentro de su campo de aplicación a los vehículos que se utilicen en las actividades de transporte terrestre de hidrocarburos líquidos dentro del territorio centroamericano, y no aplica a las unidades de transporte de GLP ni al transporte por ferrocarril.

### **1.1.2 Deficiencias o incongruencias**

El Reglamento Técnico Centroamericano (ver Anexo, figura 14, pág. 174) es un documento de especificaciones de transporte de hidrocarburos, pero, por ser extraído de reglamentos internacionales, posee muchas deficiencias e incongruencias:

- El Reglamento Técnico Centroamericano indica que las válvulas de alivio de cada compartimiento de las unidades de transporte deben de activarse a los 5 psi (Artículo 8.1.6.1.C, página 175), cosa que no sucede, sino antes, al llegar a 3 psi.
- Dentro del Reglamento Técnico Centroamericano, se expresa que todo lo relativo al peso total, dimensiones y distancias entre ejes de las unidades de transporte deben cumplir con especificaciones determinadas (Artículo 6.11). Sin embargo, en la Certificación de unidades de transporte no se inspeccionan estos aspectos. Además, Metrogas no cuenta con equipo para pesar una unidad de transporte.

- Dentro del Reglamento Técnico Centroamericano, en el Artículo 6.14, se dictamina que el transportista o conductor, debe de cumplir regulaciones en materia laboral, de salud, seguridad industrial, seguridad ocupacional y ambiental vigentes en Guatemala. Sin embargo, esto es un tanto difícil de cumplir, debido a que en Guatemala simplemente se necesita una licencia profesional especializada para poder manejar un camión de este tipo. No se le realizan pruebas de salud ni similares. Además, la integración de otras entidades como el Ministerio de Salud, el Ministerio de Trabajo y el Ministerio de Ambiente, se ve lejana, aunque no imposible.
  
- Se determina en el Artículo 6.15, que las empresas de transporte terrestre deben apegarse a las normas de las autoridades ambientales competentes de nuestro país. Este lineamiento no es revisado por ninguna autoridad. No existen normas de ninguna entidad que regulen específicamente el tratamiento de los desechos y contaminantes peligrosos que generan las unidades de transporte debido a los materiales que transportan.
  
- En el Artículo 6.16 se pronuncia que, el transportista o conductor, además de cumplir con las notificaciones ante las autoridades nacionales correspondientes, debe de notificar ante el Ministerio de Energía y Minas en un tiempo máximo de 24 horas, cualquier accidente en el que haya estado involucrado él, o alguna unidad de transporte. Esto es muy difícil que se realice en nuestro medio, y actualmente no se lleva a cabo. Los accidentes simplemente no se notifican e incluso, los conductores y transportistas se dan a la fuga al verse involucrados en alguna situación accidental.

- En los Artículos 7.1.1 y 7.1.2 del Reglamento Técnico Centroamericano se dan las especificaciones de materiales a utilizar en la construcción de los tanques. Sin embargo en Metrogas no se cuenta con el equipo necesario para identificar el material de fabricación de los tanques, y se sabe que la realización de la prueba de identificación de material en algún laboratorio sería demasiado dificultosa y costosa.
  
- En Metrogas no existe manera de comprobar en todas las unidades de transporte los valores de esfuerzo que exige el Artículo 7.2.1 del Reglamento Técnico Centroamericano. Allí se indica que el valor máximo de esfuerzo calculado no debe de exceder del 25% de la resistencia a la tensión del material, pero para realizar este cálculo se necesita de equipo especial, con el cual no se cuenta, excepto en laboratorios particulares.
  
- Los métodos de unión son mencionados en el Artículo 7.2.3, que incluye tres puntos, y que indican las especificaciones de materiales y metodología a seguir al soldar los tanques. En el momento de una revisión exhaustiva, se podrá determinar el material de la soldadura, pero el proceso completo utilizado para soldar, es prácticamente imposible. Incluso en el Reglamento Técnico Centroamericano se requiere que las soldaduras sean realizadas con “buenas prácticas de ingeniería”, lo que no se puede comprobar.

- Muchos aspectos en el Reglamento Técnico Centroamericano indican prohibiciones, normas y especificaciones para las unidades de transporte. Sin embargo no se define claramente el castigo (en caso de infracción) ni la forma de revisión o inspección periódica para ver por el cumplimiento de las normas. Tampoco se especifica quienes serán los entes sancionadores ni inspectores.
- No se establecen procedimientos de seguimiento para mantener a las unidades de transporte certificadas en buen estado durante el período de licencia.
- Faltan normas de seguridad en el peligroso oficio de la inspección de unidades de transporte de hidrocarburos. No existen dictámenes que indiquen qué hacer en caso de emergencia, qué equipo de protección utilizar al realizar las inspecciones, ni qué medidas de seguridad se deben de seguir para evitar cualquier tipo de accidentes.

## **1.2 Reglamento interno de la empresa certificadora Metrogas**

La empresa autorizada para la certificación de unidades de transporte (Metrogas), posee su reglamento interno y procedimientos establecidos (ver Anexo, figura 15, pág. 179). En dicho documento se estipulan los pasos a seguir para desarrollar completamente el procedimiento de inspección de unidades de transporte, para su posterior certificación, y asimismo se detallan los elementos, condiciones, equipo, y métodos de inspección a utilizar.

Este reglamento tiene algunos aspectos aceptables y otros que necesitan cambios y modificaciones. El perfeccionamiento del mismo constituye la base para el desarrollo y crecimiento del procedimiento de inspección de unidades de transporte.

### **1.2.1 Campo de aplicación**

Con el mismo campo que el Reglamento Técnico Centroamericano, el Reglamento Interno de Metrogas se aplica a vehículos que se utilicen en las actividades del transporte terrestre de hidrocarburos líquidos dentro del territorio centroamericano, y no aplica a las unidades de transporte de GLP ni al transporte por ferrocarril.

### **1.2.2 Deficiencias o incongruencias**

El Reglamento Interno de Metrogas (ver Anexo, figura 15, pág. 179) posee muchos aspectos mejorables, otros totalmente reemplazables, al igual que algunos puntos muy positivos. Existen varias ambigüedades, muchos temas incompletos o indefinidos, y varios argumentos cuestionables. Debido a las condiciones reales de trabajo en las inspecciones, se necesitan cambios y modificaciones. Entre ellos tenemos:



- En el encabezado de la hoja de Inspección (Anexo, figura 10, pág. 171), creada y formateada por la gerencia de Metrogas, se detallan datos que el inspector debe pedir al conductor de la unidad, tales como placas, número de chasis, método de inspección, entre otros. El personal de inspección ignora la función de la casilla de Método, y duda de la información requerida en algunas de las otras casillas. El reglamento no detalla la información básica requerida al momento del llenado del encabezado de la Hoja de inspección.
  
- La hoja de inspección (Anexo, figura 10, pág. 171) se divide acertadamente en cinco partes principales: la inspección visual externa, la inspección visual interna, la prueba de estanqueidad, la prueba neumática y la medición de espesores. Sin embargo, los puntos y elementos detallados en cada parte principal, no describen la totalidad de los componentes que forman el procedimiento de inspección, en toda su extensión. Faltan piezas importantes que deben ser incluidas dentro del Reglamento Interno y dentro de la hoja de inspección.
  
- Existen algunos detalles formulados dentro de las partes principales de la hoja de inspección que realmente no pertenecen a dicha parte. Por ejemplo, si fallan los empaques de los *Manholes* al momento de realizar el examen con el compresor, esta deficiencia se marca dentro de la casilla de “empaques”, en la parte de inspección visual externa, no en la parte de la prueba neumática, que es donde estos detalles salen a relucir.

- En términos gramaticales y ortográficos, el reglamento posee un nivel deficiente, fácilmente mejorable mediante una sencilla lectura y revisión ortográfica. Existen palabras incompletas, vocablos incorrectos y faltas ortográficas.
  
- En el Reglamento de procedimientos, simplemente se lista cada elemento a revisar durante las operaciones de Inspección, mas no se detallan exactamente las condiciones en que se deben encontrar, y mucho menos los métodos de operación a aplicar para su exploración. Solamente se nombran los elementos y se estipula: “si no funcionan, serán rechazados”, lo que no proporciona nada de información.
  
- No se detallan en el reglamento normas de seguridad. Se hace mención a algún equipo de protección personal, como casco, guantes, etc., pero no se especifican las características del equipo, ni se define el lugar de su almacenamiento, ni forma de uso.
  
- El reglamento no cuenta con planes de contingencia. Al momento de cualquier emergencia, no se puede acudir a dicho normativo, pues no indica nada acerca de ello. Incendios, accidentes y otros detalles no son definidos en el documento.

- Los procedimientos de certificación netamente administrativos desarrollados antes y después de la inspección de una unidad, no son detallados en el procedimiento. Las operaciones necesarias para realizar certificaciones legales, según las normas del Ministerio de Energía y Minas, no se encuentran en el reglamento.
- El Reglamento Interno de Inspección es demasiado textual. No tiene representaciones gráficas de elementos o equipo de inspección que faciliten la comprensión de los procedimientos a personas de bajo conocimiento técnico en el área.
- También indica, erróneamente al igual que el Reglamento Técnico Centroamericano, que las válvulas de alivio de cada compartimiento de las unidades de transporte deben activarse a los 5 psi.

### **1.3 Procedimiento actual de certificación de unidades de transporte**

La certificación de unidades de transporte es obligatoria para todo camión que desee tener la licencia para poder transportar hidrocarburos. Para poder certificar los camiones, es necesario realizarles un procedimiento de inspección, el cual determinará si poseen o no, las condiciones necesarias para transportar hidrocarburos. Las operaciones realizadas en este procedimiento se detallan en el numeral 1.3.2.

### 1.3.1 Equipo y herramientas de inspección

Para la inspección y posterior certificación de las unidades de transporte, el inspector debe de tener a la mano, y en buen estado, el siguiente equipo de inspección:

**Hoja de inspección:** es la hoja formateada en la que se anotan todos los detalles de la unidad a inspeccionar, así como todos los puntos aprobados y rechazados de la inspección (ver Anexo, figura 10, pág. 171). Esta hoja se encontró con errores ortográficos y gramaticales, además de que algunos elementos indicados en ella se encontraron desordenados y fuera de lugar.

**Torre metálica:** es una torre de 4 metros de altura, debajo de la cual se ubican las unidades de transporte a inspeccionar. Sirve principalmente para el llenado de agua de los compartimientos, y para inspeccionar el tanque desde arriba. Esta torre se encuentra deteriorada y oxidada, con partes quebradas y muy peligrosas, que podrían lastimar al inspector o a cualquier otra persona.

**Tanque de almacenamiento de agua:** es un tanque lleno de agua ubicado cerca del lugar de la inspección, y tiene capacidad de almacenar 10 mil galones de agua. Esta agua es utilizada para llenar el contenedor de agua que se encuentra sobre la torre metálica, la cual sirve a su vez, para llenar los compartimientos de las unidades de transporte, para realizar la prueba de hermeticidad. El agua de este tanque se encuentra totalmente contaminada, produce mal olor y luce sucia en su totalidad.

**Contenedor de agua:** es un pequeño tanque de agua ubicado en la torre metálica, el cual es usado para llenar los compartimientos de los tanques para realizar la prueba de hermeticidad, teniendo capacidad de 200 galones. Este tanque se encuentra en buen estado, aunque le hace falta un poco de limpieza.

**Bomba de agua:** se utiliza una bomba de agua de 2.5 HP, ubicada en el suelo del lugar de inspección, conectada al tanque de almacenamiento de agua y al contenedor. Esta bomba succiona el agua del tanque de almacenamiento, y la conduce hacia el contenedor pequeño sobre la torre. Se encuentra en un estado aceptable, pero no cuenta con un registro de mantenimiento. La potencia generada es suficiente para el tipo de trabajo necesitado.

**Tubería de agua:** se utilizan mangueras y tuberías para conectar la bomba de agua con los dos tanques de agua. Se encuentran expuestas sobre el suelo del lugar, sin ninguna protección, pudiendo causar accidentes.

**Compresor:** con potencia de 3 HP y con capacidad de levantar hasta 90 psi. Este compresor se utiliza para suministrar aire comprimido al tanque, para realizar la prueba de hermeticidad neumática. La potencia es la adecuada para el trabajo necesitado, aunque no cuenta con un registro de mantenimiento.

**Manómetro:** se utiliza este dispositivo de lectura de presión (de 0 a 30 psi) para medir la presión del tanque al suministrarle aire comprimido con el compresor. Se encuentra en mal estado, y son muy dudosas las medidas que arroja. Luce con desperfectos mecánicos.

**Sustancia jabonosa:** esta determina los lugares de fuga de aire en el tanque. Al aplicar una cierta cantidad de esta sustancia sobre una superficie con fuga, la espuma creará bombas de aire fácilmente visibles, que indicarán el lugar exacto de la fuga de aire.

**Medidor de espesores:** medidor de espesores ultrasónico de 0.04 a 3 plg diseñado para utilizarlo en camiones y tanques de almacenamiento. Este dispositivo mide el espesor de la placa metálica que forma el tanque, para poder realizar la prueba de espesores. Cualquier irregularidad en la superficie de los compartimientos, este lector la detectará, con una precisión de 0.001 plg. Se encuentra en buen estado, tiene su caja protectora y se le da limpieza diaria.

### **1.3.2 Operaciones de inspección**

El procedimiento actual de inspección de unidades de transporte para su certificación, se divide en dos partes principales:

1. Inspecciones visuales
2. Pruebas mecánicas

Antes de empezar las inspecciones visuales, es necesario recibir y preparar la unidad de transporte a inspeccionar, de la siguiente manera:

### 1.3.2.1 Preparación

Al ingresar la unidad de transporte a las instalaciones de Metrogas, el inspector le indica al conductor la ubicación que debe de tener la unidad.

Después, el conductor ingresa a las oficinas, en donde el inspector toma los datos principales de la unidad, dados por el conductor: empresa, propietario, capacidad, compartimientos, placas del camión, placas de la pipa, número de chasis, número de motor, color, entre otros.

Después, el conductor se debe dirigir a su unidad, la cual será verificada, para comprobar que se encuentre totalmente vacía, descargada y desgasificada. Para verificar esto, el inspector abre todas las válvulas (descarga y emergencia), observando si sale algún líquido o gas. Si aún contiene gas, se deja la unidad con las válvulas y *manholes* abiertos, para que salgan al ambiente. A continuación se procede a realizar las inspecciones visuales.

La preparación de los vehículos se lleva a cabo de forma ordenada, aunque no programada ni estudiada. No se lleva un control de ingreso de los camiones ni se toman medidas de seguridad necesarias en su ingreso.

### **1.3.2.2 Inspecciones visuales**

Las inspecciones visuales son dos:

1. Inspección visual externa
2. Inspección visual interna

En las dos inspecciones visuales, el trabajo de revisión es realizado por un inspector, quien lleva consigo una hoja de inspección (ver Anexo, figura 10, pág. 171), en la cual marca la aprobación o desaprobación de cada aspecto del procedimiento, con un cheque o una equis, respectivamente.

#### **1.3.2.2.1 Inspección visual externa**

En esta inspección se revisan todos los elementos externos de la unidad de transporte. Se pudo observar que no se llevaba un orden determinado de inspección, y que muchos puntos se dejaban sin revisión. El tiempo utilizado para la inspección no era aprovechado en su totalidad, además de que algunos elementos eran revisados superficialmente únicamente, sin determinar la funcionalidad de los mismos. La inspección visual externa se divide en las siguientes inspecciones:



**Luces:** se revisa el buen funcionamiento de las luces altas, bajas y pide vías de la unidad de transporte, mediante la observación directa del inspector. El inspector se coloca frente a la unidad de transporte, y pide al conductor de la misma que accione la luz baja y la luz alta y pide vías. A continuación, el inspector se coloca detrás de la unidad de transporte, para revisar los pide vías traseros.

**Luces laterales:** son pequeños focos que deben alumbrar los laterales del tanque. El inspector debe revisarlos visualmente a cada lado del tanque, verificando únicamente su presencia y su funcionamiento al momento de encender las luces bajas y altas.

**Instalación del sistema eléctrico:** el inspector entra al cabezal de la unidad de transporte y abre la caja de fusibles, inspeccionando manualmente el interior. Revisa el orden y buen estado de los cables allí encontrados. Si existieran cables pelados, con cinta de aislar mal colocada, o con empalmes mal hechos, se debe de rechazar este punto.

**Conexión entre el cabezal y el tanque:** el inspector revisa visualmente el buen estado de las conexiones, cables, conectores y resortes que se encuentran en la parte posterior del cabezal, y que conectan con el tanque, acercándose a este punto, y observando de cerca las conexiones. Si este equipo estuviera desordenado, pudiendo causar algún peligro, debe de tacharse este inciso.

**Batería:** el inspector abre la compuerta del contenedor de la batería de la unidad de transporte, ubicado generalmente a un lado del cabezal, y revisa su estado visualmente, buscando óxido y sarro, y comprobando el buen estado de su caja protectora. Además chequea que las conexiones de dicha batería no se encuentren en demasiada suciedad y corrosión, observando también cables pelados o en mal estado.

**Vidrios:** el inspector ingresa a la unidad de transporte y acciona la palanca del limpia brisas, para observar su correcto funcionamiento. Después rodea el exterior de la unidad de transporte, para buscar vidrios quebrados, rajados o deformados, tanto en la parte frontal como lateral.

**Retrovisores:** el inspector camina hacia ambos costados de la unidad de transporte para confirmar que tenga sus dos retrovisores, uno en cada lado, en buen estado, sin quebraduras o rajaduras, y asegurados totalmente al cabezal de la unidad.

**Alarma de retroceso:** el inspector le pide al conductor de la unidad que, una vez encendida, accione el retroceso. Al hacerlo, automáticamente debe escucharse un sonido de alarma, anunciando el próximo movimiento hacia atrás de la unidad de transporte. No se debe permitir que el conductor accione algún otro tipo de dispositivo dentro de la unidad que encienda la alarma, pues ésta debe ser completamente automática, al activar el retroceso.

**Mangueras de descarga:** el inspector pide al conductor que le entregue las mangueras de descarga. Al entregarlas, se revisan manual y visualmente las mangueras, buscando orificios, raspaduras o desgastes que provoquen fugas al momento de descargar material, tanto en la manguera misma como en sus terminales. Al finalizar, se hace entrega de las mangueras al conductor, para su almacenamiento.

**Llantas:** el inspector revisa visualmente si las llantas activas se encuentran en buen estado. Además, revisa que tengan las dos llantas de repuesto requeridas y que se encuentren aseguradas completamente a la unidad de transporte, para evitar que en camino, o en alguna maniobra, se caigan y produzcan accidentes.

**Flash:** el inspector le pide al conductor que le enseñe el *flash*. El *flash* es una linterna, generalmente de plástico, diseñada especialmente para que no provoque explosiones al momento de encenderse, estando cerca de gases inflamables. Esta linterna se debe de tener dentro del cabezal de la unidad de transporte.

**Frenos:** el inspector le pide al conductor que encienda el vehículo, y que accione el freno de motor. Inmediatamente después que el conductor lo hace, se debe escuchar un sonido que confirma la activación del freno de motor. Después de confirmada, el inspector da la orden de apagar el vehículo.

**Fijación del tanque:** el inspector se agacha por debajo del tanque, para observar los tornillos de fijación. Éstos son unos tornillos que aseguran al tanque con la carrocería de la unidad de transporte. Estos deben de estar correctamente atornillados y asegurados entre las dos superficies, y dependiendo del tamaño de la unidad de transporte, debe verificar que se cuente con el número necesario de tornillos. En un tanque pequeño se requieren por lo menos cuatro tornillos de cada lado.

**Amortiguadores:** debajo del tanque, el inspector verifica que existan amortiguadores entre el tanque y la carrocería de la unidad de transporte. Estos amortiguadores pueden ser de dos tipos:

- Dos reglas de madera ubicadas paralelamente a la superficie de la carrocería de la unidad de transporte, entre ésta y el tanque. Estas reglas amortiguan los movimientos de las dos superficies que divide. La madera debe estar en buen estado, no quebrada ni lastimada.
  
- Bolsas de aire, amortiguando el movimiento del tanque con la carrocería. Estas deben de estar en buen estado, no deben de tener fugas ni daños. El número de bolsas de aire depende del tamaño del tanque.

**Bumpers:** el inspector recorre los alrededores de la unidad para revisar visualmente si el camión tiene *bumpers* laterales, frontales y traseros en buen estado, sin rupturas ni dobleces. Estos *bumpers* cumplen la función de proteger las válvulas de descarga y la superficie del tanque. En caso de una colisión o volteo de la unidad, el *bumper* absorbe el impacto, evitando repercusiones mayores como derrames o explosiones.

**Master switch:** el *Master switch* es un dispositivo que apaga automáticamente todo el sistema eléctrico de la unidad de transporte. Este interruptor se encuentra dentro de la cabina. Para comprobar su funcionamiento, el inspector pide al conductor de la unidad que encienda la parte eléctrica, y después, que accione el *Master switch*. En ese momento la unidad debería de apagar el tablero eléctrico automáticamente.

**Pintura:** la pintura en la unidad de transporte es importante, básicamente por dos razones: primero, por estética, para que los camiones no se vean en mal estado, y segundo, para protección de la unidad contra la corrosión y oxidación.

**Rótulos:** el inspector revisa visualmente, alrededor del tanque de la unidad de transporte, que se encuentren los rótulos de:

- No pasajeros: este rótulo pintado indica que el camión no puede ser utilizado para transportar pasajeros. Este se encuentra en la parte lateral, sobre las puertas del copiloto y piloto del cabezal de la unidad de transporte.
  
- Inflamable: esta calcomanía (también puede ser pintada) advierte del peligro del material inflamable que los tanques contienen. Se debe encontrar a una calcomanía a cada lado del cilindro, y otra en la parte trasera, como mínimo.
  
- Siglas: este rótulo pintado indica las siglas particulares de la unidad de transporte, determinadas por los dueños de los camiones. Generalmente se colocan primero dos letras que indican los nombres de los dueños seguidos de un guión y dos números indicando el número correlativo del camión en la empresa. Por ejemplo, RD-03 indica Transportes de Rolando Díaz, camión número tres. Debe encontrarse un rótulo de siglas a cada lado del tanque.
  
- Identificación del material: debe llevar un rótulo de identificación del material de cada lado del tanque y otro en la parte posterior. Determina el tipo de material transportado por los tanques, identificado por un número, el cual puede ser:

Gases licuados de petróleo:	1075
Gasóleo:	1202
Gasolina:	1203
Kerosene:	1223
Nafta pesada:	1255
Nafta disolvente:	1256
Gasolina natural:	1257
Petróleo bruto:	1267
Destilados de petróleo:	1268

- **Calibración:** a cada compartimiento del tanque, al momento de obtener la licencia, se le hace la prueba de calibración. Esta consiste en realizar mediciones que relacionen el volumen del compartimiento respecto a la variación de la altura del mismo, desde el fondo del tanque. Para cada compartimiento se realizan varias mediciones, y estas se colocan en la parte lateral del tanque, sobre cada compartimiento correspondiente, en forma de rótulos. El inspector de certificación debe de verificar que estos rótulos pintados se encuentren presentes, legibles y en buen estado.
  
- **Placa de Identificación:** toda unidad de transporte debe contar con una Placa de Identificación. Esta contiene los siguientes datos: fabricante, número de serie, fecha de fabricación, presión de diseño, material, capacidad y peso. El inspector debe chequear que dicha placa se encuentre bien adherida al tanque.

**Escalera:** las unidades de transporte deben de tener su respectiva escalera para trasladarse a la parte superior del tanque. El inspector debe revisar que ésta se encuentre en buen estado, sin escalones dañados o perdidos, y bien fijada al tanque. Puede estar ubicada en la parte posterior o lateral del tanque.

**Antideslizante:** en la parte superior del tanque, en el lugar donde se encuentran las tapaderas de los compartimientos, debe de encontrarse una malla metálica sólida antideslizante, pegada al piso. El inspector debe de subir por la escalera hasta esta parte de la unidad de transporte y verificar el buen estado de la malla, la cual es muy importante para las personas que suben al tanque, pues evita accidentes por deslizamientos y resbalones.

**Manholes:** los *Manholes* son orificios superiores que tiene cada compartimiento del tanque. El inspector debe revisar estos orificios y confirmar que tengan su respectiva tapadera en buen estado, sin abolladuras ni perforaciones, una por cada compartimiento. Cada tapadera con su cincho de seguridad, el cual asegura la firmeza del cierre.

**Empaques:** el inspector, arriba del tanque todavía, verifica que cada tapadera de los *Manholes* tenga su empaque de seguridad. Este empaque asegura, mientras se encuentre en buen estado, la ausencia de fugas en las tapaderas.



**Válvulas de emergencia:** la válvula de emergencia es un dispositivo que al activarlo, bloquea totalmente el paso del material del tanque hacia el exterior. La compuerta de este dispositivo se encuentra antes de la compuerta de la válvula de descarga. Es decir, cuando falla la compuerta de descarga para cerrar el flujo de material, la compuerta de emergencia bloquea el paso. En esta parte de la inspección, el operario simplemente revisa que la unidad de transporte posea los interruptores y el dispositivo en sí de emergencia. Por cada compartimiento debe de existir una válvula de emergencia. Los interruptores se encuentran en la parte de descarga del tanque (ya sea atrás o en algún lateral) y el dispositivo se encuentra debajo del tanque. El funcionamiento de los mismos se revisará más adelante, en la parte de las pruebas.

**Válvulas de descarga:** este dispositivo hace que el material dentro del tanque fluya o deje de fluir hacia el exterior. Unas llaves (una para cada compartimiento) abren y cierran compuertas que separan el interior de el exterior del tanque. El inspector revisa que las llaves abran y cierren las compuertas. Las fugas y otros inconvenientes se revisarán más adelante, durante las pruebas neumáticas e hidráulicas.

**Válvula de alivio:** el movimiento del material dentro de los compartimientos del tanque hace que se generen gases inflamables dentro del tanque. Estos generan a su vez cierta presión, la cual, debe de ser liberada por seguridad, al llegar a los 3 psi. Es en este momento donde actúa un dispositivo de alivio, que abre los respiraderos de cada compartimiento, para que los gases salgan al ambiente, y se libere al tanque de exceso de presión.

Cada *manhole* debe de contar con una válvula de alivio, la cual debe de ser revisada visualmente por el inspector, asomándose a la parte superior de los compartimientos, y detectando la presencia de las válvulas en las tapaderas. El funcionamiento de estas válvulas será probado después, en la prueba neumática.

**Extintores:** el inspector revisa que se encuentre un extintor de 10 lb en la parte de la cabina, y otro de igual tamaño bien sujeto en la parte externa del tanque.

**Conos y triángulos:** el inspector chequea que la unidad de transporte tenga cuatro conos y cuatro triángulos de emergencia en buen estado.

**Escape y arresta llamas:** el inspector chequea el escape y el arresta llamas (parte final del escape). El escape debe de contar con su silenciador y no tener orificios ni abolladuras, al igual que el arresta llamas.

**Abolladuras:** el inspector debe cuidar que la superficie del tanque de las unidades de transporte se encuentre libre de golpes, abolladuras, rajaduras y deformidades. Estas pueden ser un indicio de fugas actuales o futuras.

**Conexiones a tierra:** las unidades de transporte deben de tener unas roscas, tornillos o extensiones, ya sea en la parte superior o inferior del tanque. Las conexiones son fácilmente visibles, por lo que el operador únicamente debe levantar o bajar la vista para observar si las conexiones se encuentran presentes.

**Corrosión:** el tanque debe de estar libre de corrosión. La corrosión provoca deformación del material, lo que forma orificios o desgaste que puede provocar fugas del material. El inspector debe de revisar todo el exterior del tanque, fijándose en áreas desgastadas y decoloradas.

**Jaula antivuelco:** esta jaula debe encontrarse en buen estado, sin abolladuras, roturas ni golpes. El inspector revisa fácilmente esto, subiendo al tanque de la unidad de transporte y realizando una inspección visual.

**Bandeja de derrames:** el inspector debe de revisar visualmente que esta bandeja se encuentre presente debajo de las válvulas de descarga de la unidad, y que esta no tenga orificios que provoquen derrame del material.

### 1.3.2.2 Inspección visual interna

En la inspección visual interna se revisan todos los elementos internos de la unidad de transporte. Se lograron observar varias las deficiencias en esta inspección. Las operaciones no se desarrollaban en una forma ordenada, además de llevarse a cabo superficialmente, sin profundizar en las inspecciones ni ahondar en funcionamientos. Algunos puntos de inspección eran obviados, y el trabajo del inspector no se concentraba en una tarea ni en un camión. En esta inspección se determinan los siguientes puntos:

**Fugas de aceite de motor:** el inspector debe de pasar por debajo de la unidad de transporte, para verificar que el contenedor de aceite, ni ningún elemento cercano al motor se encuentre botando fluido.

**Fichas de enrase:** el inspector debe de encontrarse sobre el tanque, con las compuertas abiertas, para observar en cada compartimiento, que estén presentes las fichas de enrase, como mínimo una por cada compartimiento.

**Marchamos:** el inspector debe de determinar que cada ficha de enrase posea su marchamo mediante inspección visual.

**Corrosión:** el inspector debe de observar el interior del tanque, en búsqueda de áreas de superficie metálica corroídas.

**Rompeolas:** el inspector debe de dirigir su vista hacia el interior del tanque, desde las tapaderas superiores, para verificar que cada compartimiento tenga sus respectivos rompeolas, uno como mínimo en compartimientos de tamaño grande.

**Soldaduras:** el operario debe de revisar que todas las soldaduras del tanque se encuentren en buen estado, sin desgastes, corrosión o deformidades. Las soldaduras son puntos importantes, que determinan muchas veces, las fugas o fallas del tanque.

**Cuerpos extraños:** el tanque debe de encontrarse totalmente vacío. No deben de encontrarse objetos, basura, o cuerpos extraños. Una simple observación del inspector le indicará si hay o no, cuerpos extraños dentro de los compartimientos.

**Doble pared:** en este inciso, el inspector debe de verificar que separando cada compartimiento, se encuentre presente una doble pared. El buen estado de la misma se verificará después, con la prueba hidráulica.

**Respiraderos:** el inspector debe de verificar que los respiraderos se encuentren libres, sin obstrucción y correctamente conectados con la válvula de alivio.

### **1.3.2.3 Pruebas de inspección**

Las pruebas de inspección son tres:

1. Prueba de estanqueidad
2. Prueba de presión neumática
3. Prueba de espesores

#### **1.3.2.3.1 Prueba de estanqueidad**

La prueba de estanqueidad consiste en determinar que el tanque de la unidad de transporte no tenga fugas, probándolo con agua dentro de los compartimientos. Esta prueba se realiza correctamente, pues logra determinar puntos de fuga de los tanques, aunque se utiliza mucho tiempo para realizarla, pues el llenado con agua de cada compartimiento es tardado, y este tiempo no es utilizado por el inspector para adelantar otras actividades, por lo que las inspecciones se detienen durante el llenado. La prueba consta de los siguientes puntos, que deben de ser aprobados o rechazados por el inspector:

**Llenado:** para realizar esta prueba, el inspector con su ayudante, llenan todos los compartimientos del tanque con agua, uno a uno, estando todas las válvulas (de descarga y de emergencia) cerradas. Esto se lleva a cabo con una bomba de agua de 2.5 HP, ubicada en el suelo del lugar de trabajo, cerca de la unidad de transporte. Esta bomba succiona agua de un tanque de almacenamiento de agua de 10 mil galones, y la envía a un contenedor de 200 galones ubicado en una torre de cuatro metros de alto, debajo de la cual se encontrará la unidad a ser probada.

**Fugas entre compartimientos:** al terminar de llenar el primer compartimiento, el inspector debe de revisar que no existan fugas de agua en la superficie que divide ese compartimiento del siguiente, y principalmente en los puntos de unión (soldaduras). Esto lo realiza observando simplemente al interior del siguiente compartimiento desde el respectivo *manhole*. Y asimismo después del llenado de los siguientes compartimientos.

**Fugas laterales, frontales y traseras:** al terminar el llenado de todos los compartimientos, el inspector debe de revisar las superficies laterales del tanque y las caras (delantera y trasera) del tanque, además de la parte de abajo, en busca de fugas de agua.

**Prueba a la válvula de descarga:** una vez revisadas todas las fugas superficiales, con el tanque lleno de agua todavía, y estando todas las válvulas cerradas (de emergencia y de descarga), se procede a revisar las válvulas de descarga. Existe una válvula de descarga por cada compartimiento, y deben de revisarse todas las válvulas. Para esto, el inspector procede a abrir las válvulas de emergencia de todos los compartimientos. En ese momento, el inspector debe de observar que no salga ninguna cantidad de agua por las compuertas de descarga. Esto, comprobaría el buen funcionamiento de las válvulas de descarga.

**Prueba a la válvula de emergencia:** en este momento de la inspección, las válvulas de descarga se encuentran cerradas, mientras que las válvulas de emergencia se encuentran abiertas. Entonces, el inspector procede a cerrar las válvulas de emergencia, y después, a abrir las válvulas de descarga. Al hacerlo, de las compuertas de descarga de todos los compartimientos, saldrá un poco de agua. Ésta es el agua estancada en el espacio de por medio entre las válvulas de emergencia y las válvulas de descarga. Al terminar de salir esta agua, no deberá de salir más. El inspector debe de asegurarse de ello, observando la compuerta de descarga. Al no salir más agua, se asegura el buen funcionamiento de la válvula de emergencia, pues es esta la que no permite el paso de agua. Además, el inspector debe de realizar una observación de las conexiones de tubería de las válvulas de emergencia, que unen el tanque con la válvula de emergencia, y esta con la válvula de descarga. La tubería debe de encontrarse totalmente libre de goteo de agua, así como las conexiones entre la tubería y las válvulas.



**Vaciado:** después de probar correctamente las válvulas de descarga y de emergencia, se procede a vaciar el agua del tanque. Para esto se traslada la unidad de transporte hacia el tanque de descarga del establecimiento. El inspector pide al conductor y a sus ayudantes que vacíen el agua en el tanque de descarga.

#### **1.3.2.3.2 Prueba de presión neumática**

La prueba de presión neumática se realiza en un área cercana al compresor. Para esto se traslada a la unidad de transporte a esta área. La prueba, consiste en suministrar cierta cantidad de aire comprimido a los compartimientos del tanque, por medio de un compresor de 3 HP.

Con un manómetro se mide desde el inicio la presión dentro de los compartimientos. El cambio de presión determinará fugas y otros problemas.

Se pudo observar que la prueba sí determina puntos de fuga mediante el aire que se escapa del tanque, pero en realidad no se utiliza material adecuado para determinar con precisión los sitios de fuga. El inspector se guía por el sonido del aire escapado únicamente. Además, el manómetro en mal estado utilizado, no indica claramente la presión alcanzada por los tanques. La presión se torna un tanto peligrosa al momento de descargar el aire del tanque, pues se expulsa el mismo junto con cualquier partícula que se encuentre dentro del tanque. La prueba consta de los siguientes puntos, que deben de ser aprobados o rechazados por el inspector:

**Llenado a presión:** estando ya el tanque vacío, con todas las válvulas abiertas (de emergencia y de descarga), el inspector procede a conectar la válvula de descarga número uno, por medio de una manguera especial con el compresor, teniendo este a su vez, incrustado un manómetro. A continuación, enciende el compresor, y se inicia el llenado del compartimiento número uno, hasta que el manómetro indique 3 psi.

**Revisión de fugas:** durante el proceso de llenado de aire a presión, y mientras se llega a los 3 psi, el manómetro indicará si existen fugas. Si pasa demasiado tiempo y la aguja del manómetro no sube, esto sería una indicación de una fuga mayor, que no permite que el compartimiento número uno se llene de aire. Si esto sucede, manteniendo el compresor encendido y funcionando, el inspector revisa los siguientes puntos en busca de fugas de aire:

- Superficies laterales del tanque
- Cara frontal y trasera del tanque
- Divisiones entre compartimientos
- *Manholes*
- Válvula de descarga

La fuga se remarca simplemente con el sonido de aire saliendo por algún orificio. Al encontrar la fuga, el inspector la anotará en la hoja de inspección de la unidad de transporte (ver Anexo, figura 10, pág. 171) y procederá a rechazar el tanque.

**Fugas menores:** en el caso que las fugas de aire sean pequeñas, también se deberá de rechazar la unidad de transporte. Estas fugas pequeñas se demostrarán de la siguiente manera: el inspector suministra aire comprimido, y el manómetro llega a los 3 psi. En ese momento se detiene el suministro de aire comprimido. Si no existe movimiento en el manómetro, querrá indicar que no existen fugas, ni mayores, ni menores. Si por el contrario, el manómetro desciende lentamente de 3 psi hacia abajo, esto será indicador de una fuga. En ese momento el inspector realizará una revisión en los siguientes puntos en busca de la fuga de aire:

- Superficies laterales del tanque
- Cara frontal y trasera del tanque
- Divisiones entre compartimientos
- *Manholes*
- Válvula de descarga

La fuga se denota con el sonido de aire saliendo por un orificio. Al encontrar la fuga, el inspector la anotará en la hoja de inspección de la unidad (ver Anexo, figura 10, pág. 171) y procederá a rechazar el tanque.

**Válvula de alivio:** en el caso que no existieran fugas en todo el compartimiento, el inspector procede a probar la válvula de alivio. Para ello, continúa suministrando aire comprimido, y al manómetro marcar un poco más de 3 psi, la presión debe bajar bruscamente. Esto será indicador de la activación automática de la válvula de alivio, pues es la encargada de liberar presión dentro del compartimiento al sobrepasar los 3 psi.

**Descarga:** una vez comprobado el funcionamiento de la válvula de alivio, el inspector procederá a descargar el aire del compartimiento número uno. Para esto, cerrará la válvula de descarga, para después desconectarla del compresor. Ya no habiendo comunicación física entre la válvula de descarga número uno y el compresor, el inspector procede a abrir la válvula de descarga, cuidando que no se encuentre nadie frente a ella, pues puede arrojar gases peligrosos, e incluso sólidos, con gran velocidad.

**Prueba neumática a todos los compartimientos:** terminada la prueba para el compartimiento uno, se procede a realizar la misma prueba de presión neumática, sólo que ahora, en el compartimiento número dos. Y así sucesivamente, hasta terminar todos los compartimientos del tanque.

#### **1.3.2.3.3 Prueba de espesores**

La prueba de espesores se realiza para comprobar la uniformidad de la superficie metálica del tanque. Esta prueba es importante, pues la no homogeneidad de la placa del tanque, denota golpes, deformaciones, abolladuras y otros problemas que hacen al tanque vulnerable a fugas, roturas y accidentes. Se realiza con la ayuda de un instrumento de medición llamado Medidor de Espesores Ultrasónico, el cual mide el espesor de una superficie sin necesidad de tener acceso a ambas partes de la misma. Es sencillo de utilizar, pues basta únicamente con colocar un extremo del aparato untado con gel especial sobre la superficie a medir, y el indicador digital mostrará el espesor de la superficie con 0.001 pulgadas de error.

Se deben de tomar doce medidas en la superficie lateral izquierda, doce en la superficie lateral derecha, doce en la cara frontal y doce en la cara trasera, para un total de cuarenta y ocho medidas en todo el tanque, aplicando en cada una de ellas un poco de gel especial. Cada medición debe de realizarse de manera que no se deje ningún área significativa sin medir, tomando en cuenta puntos importantes, como las soldaduras, aberturas, refuerzos, accesorios, pernos, etc. En esta prueba, el inspector simplemente sujeta el medidor, toma las 48 medidas y las apunta en la hoja de inspección. Para que sea aprobado cada grosor, su medida no deberá ser menor a 0.318 plg.

Esta prueba es realizada con el equipo adecuado, y este equipo funciona correctamente; sin embargo, el inspector no siempre toma las 48 medidas, sino que por ahorro de tiempo realiza la menor cantidad posible, haciendo deficiente la prueba y dudosos los resultados encontrados. Los puntos críticos de la unidad (uniones de soldadura, puntos más bajos, puntos más altos) no son prioridad (aunque deberían serlo) para el inspector.

### **1.3.3 Certificación de la unidad de transporte**

Al terminar la prueba de espesores, el inspector lleva los resultados a la oficina de Metrogas, ubicada a pocos metros del lugar de la inspección, llevando consigo al conductor de la unidad. Allí hace entrega de la hoja de inspección (ver Anexo, figura 10, pág. 171) a la secretaria, quien traslada los datos y resultados a la computadora, para después hacer entrega al conductor de una copia de la hoja, indicándole cada punto a modificar o renovar en la unidad de transporte.

Si la unidad estuviera aprobada completamente, sin ningún punto desfavorable, entonces se le hace entrega al conductor de dos certificaciones de funcionalidad originales (ver Anexo, figura 11, pág. 172) y de las dos calcomanías de certificación (ver Anexo, figura 12 y 13, pág. 173), así como de una fotocopia de la hoja de inspección, todo esto después de realizar el respectivo pago a la empresa.

La Certificación de Funcionalidad garantiza las condiciones de transporte de la unidad permitiendo así la extensión de la licencia de transporte, mientras que las calcomanías se adhieren al tanque de la unidad de transporte para indicar su correcta certificación. En este momento, el inspector toma por lo menos cinco fotografías de la unidad de transporte (una frontal, una trasera, dos laterales y una aérea), con las calcomanías ya colocadas.

En el caso de que la unidad de transporte sea rechazada por uno o más de sus elementos en mal estado, los propietarios en conjunto con los conductores deberán arreglar los problemas suscitados, para poder regresar a una segunda inspección, en donde se marcarán los elementos en la segunda columna de cada punto fallido de la hoja de inspección original.

Después de terminado todo este proceso, el conductor se dirige a su unidad de transporte, pone en marcha su motor, y sale del establecimiento, conduciéndose a un lugar determinado por su empresa.

El Ministerio de Energía y Minas envía regularmente según sea requerido, un listado de los correlativos de certificación autorizados a Metrogas, los cuales serán incluidos tanto en la Certificación de Funcionalidad, como en ambas calcomanías. Además, Metrogas envía al Ministerio de Energía y Minas aproximadamente cada semana, informes de las certificaciones llevadas a cabo, adjuntando copias de las hojas de inspección, copias de la Certificación de Funcionalidad, y las fotografías de las unidades de transporte certificadas.

Al momento de solicitar la renovación de la licencia de transporte para una unidad, los interesados deben de llevar un Certificado de Funcionalidad original, la licencia antigua de la unidad, comprobantes del seguro y el certificado de calibración. Es allí donde el Ministerio de Energía y Minas archiva las certificaciones junto a los trámites de la licencia.

Todo este proceso inicial de papeleo y certificación se da dentro de las oficinas de la empresa, en donde se le explica claramente al transportista los requerimientos pendientes (si los hay), en su unidad de transporte para ser certificada. Se resuelve correctamente cualquier duda que el cliente pueda tener, además que se le hace entrega de todas las evidencias de la inspección de su unidad, mediante la fotocopia de la hoja de inspección (ver Anexo, figura 10, pág. 171). Conjuntamente con el Ministerio de Energía y Minas se realizan prontamente los trámites para lograr el objetivo de la licencia de transporte.

#### **1.3.4 Análisis del procedimiento actual de certificación de unidades de transporte**

Para observar más claramente la situación actual de los camiones que intentan obtener la certificación, se realizó un análisis tomando como muestra al azar 20 unidades de transporte inspeccionadas, tomando nota de las deficiencias encontradas durante el proceso de inspección.

Estas unidades fueron escogidas en días diferentes, una por día. Todos los camiones tenían capacidad de entre 5 mil y 8 mil galones. Eran de empresas diferentes y todos intentaban su primera certificación.

Los resultados obtenidos son presentados en el Apéndice, tabla VI, pág. 168, en forma de *check list*. Al final, de los 20 camiones, únicamente 9 fueron certificados, mientras que los 11 restantes fueron rechazados. El mayor porcentaje de deficiencias se encuentra en la inspección de rótulos. Este es un punto crítico en los camiones, pues a falta de información o desinterés, no colocan todos los rótulos requeridos sobre la unidad de transporte. Otros puntos críticos son: el mal funcionamiento de la alarma de retroceso, la falta de conos y triángulos de emergencia, la falta de bandeja de derrames, la falta de *bumpers*, principalmente los laterales, el daño en los *manholes* y en los empaques de los *manholes*, y las fugas, tanto de aire como de agua, durante las pruebas neumáticas y de estanqueidad.



### **1.3.5 Diagrama de flujo del proceso actual de certificación de unidades de transporte**

#### **1.3.5.1 Metodología de tiempos**

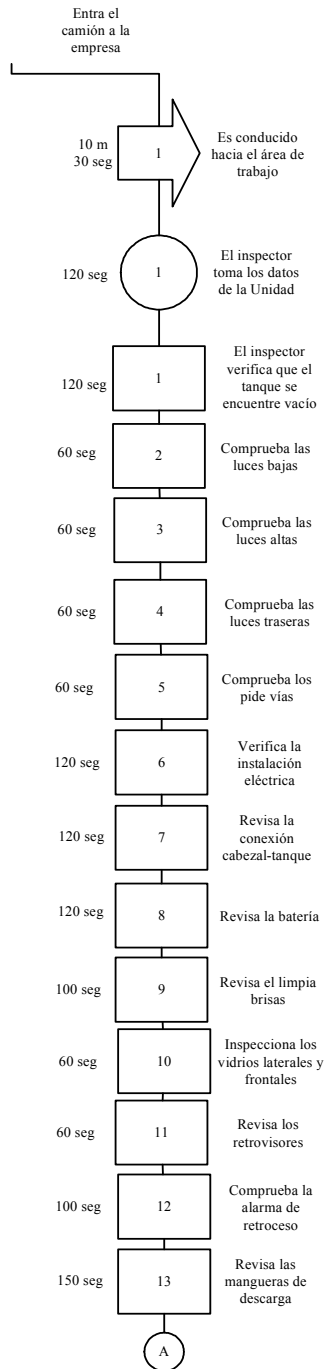
A continuación se presenta el diagrama de flujo del proceso actual de inspección de unidades de transporte (ver figura 1, pág. 42). La gran mayoría de camiones cisterna tienen capacidad de 6 mil galones, divididos en cuatro compartimientos (1,500 galones cada uno), por lo que se tomó este tipo de unidad para la toma de tiempos.

Para encontrar la duración de cada elemento del proceso, se tomó el tiempo de 20 inspecciones regulares. Los tiempos encontrados en el diagrama son el promedio resultante de las veinte tomas.

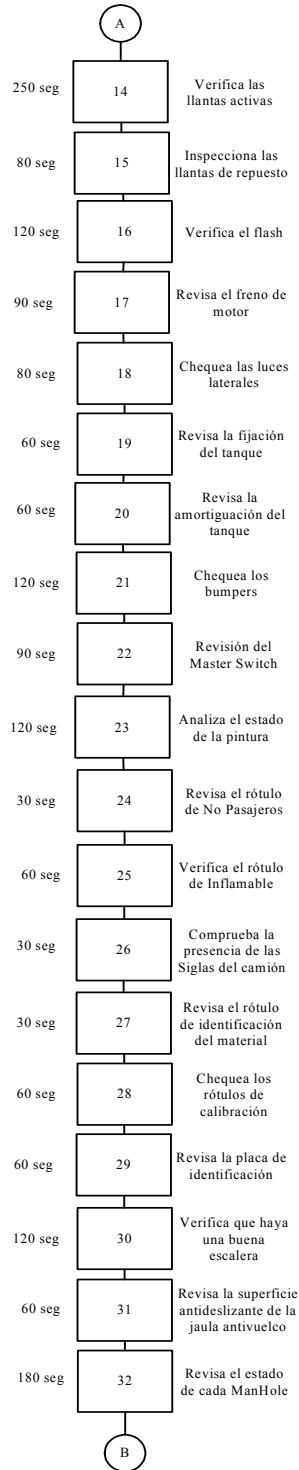
Los tiempos fueron tomados con un cronómetro análogo, y al final, fueron aproximados al segundo entero más cercano.

**Figura 1. Diagrama de flujo actual del proceso de certificación**

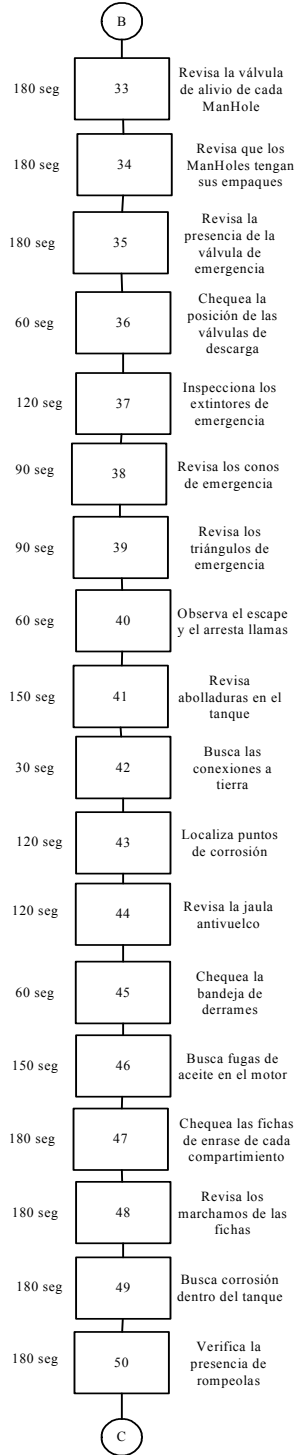
Empresa: Metrogas	Procedimiento de Certificación de Unidades de Transporte	Página: 1 de 8
Analista: Rolando Díaz	Diagrama de Flujo Actual 21 de agosto del 2006	Inicia: Entrada de camión Finaliza: Salida de camión



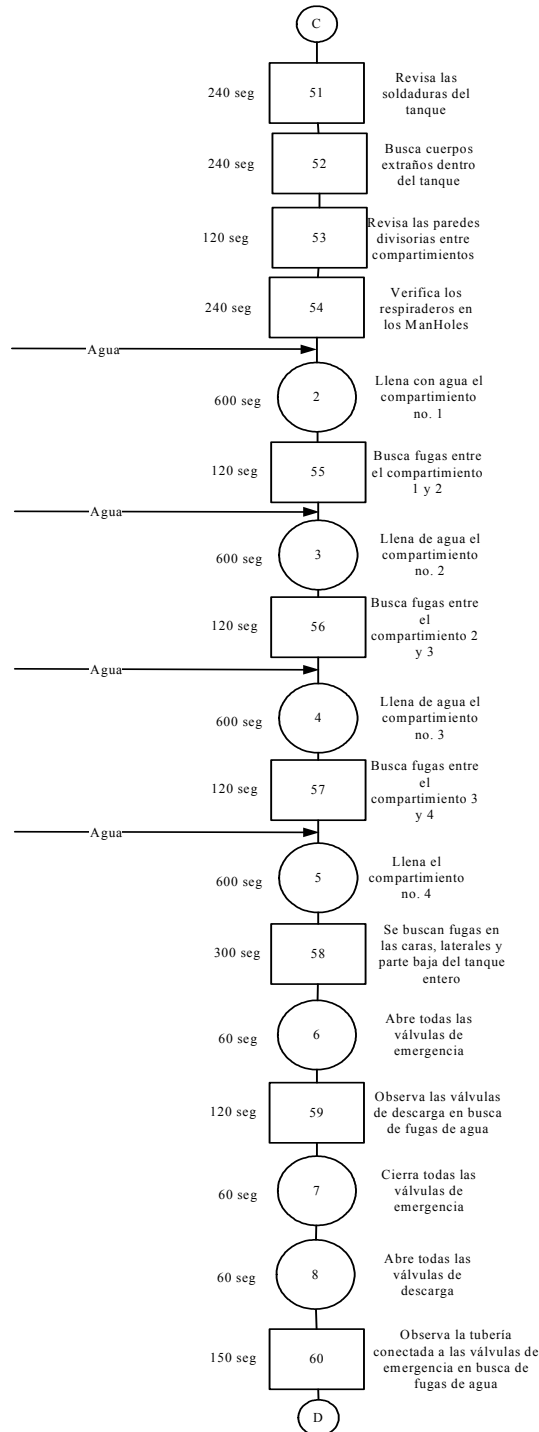
Empresa: Metrogas	Procedimiento de Certificación de Unidades de Transporte	Página: 2 de 8
Analista: Rolando Díaz	Diagrama de Flujo Actual 21 de agosto del 2006	Inicia: Entrada de camión Finaliza: Salida de camión



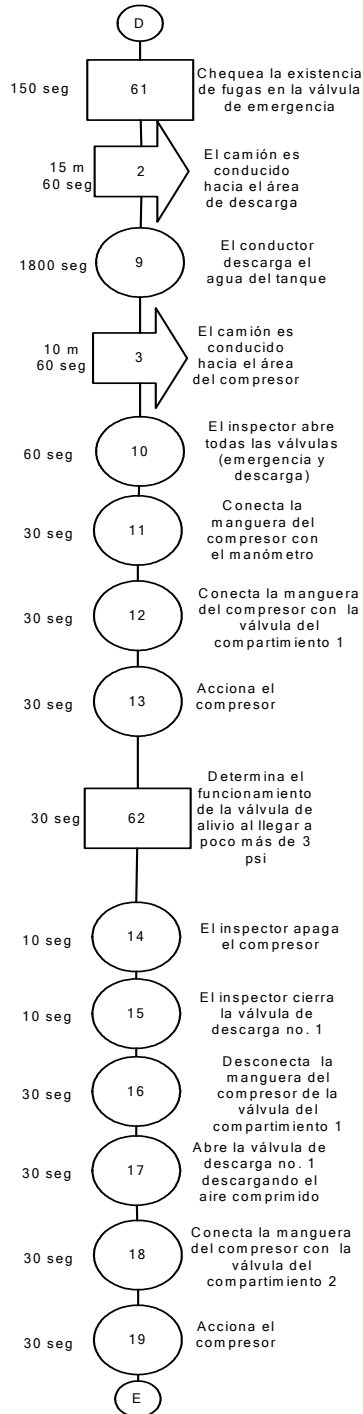
Empresa: Metrogas	Procedimiento de Certificación de Unidades de Transporte	Página: 3 de 8
Analista: Rolando Díaz	Diagrama de Flujo Actual 21 de agosto del 2006	Inicia: entrada de camión Finaliza: salida de camión



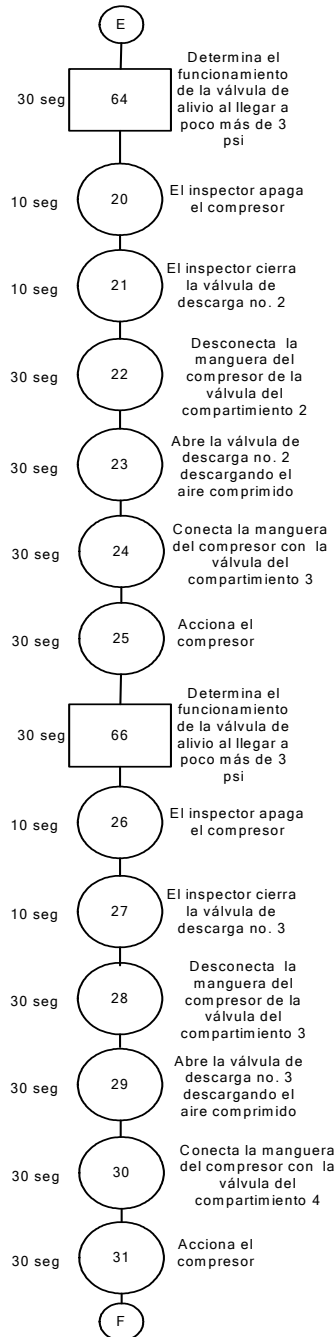
Empresa: Metrogas	Procedimiento de Certificación de Unidades de Transporte	Página: 4 de 8
Analista: Rolando Díaz	Diagrama de Flujo Actual 21 de agosto del 2006	Inicia: Entrada de camión Finaliza: Salida de camión



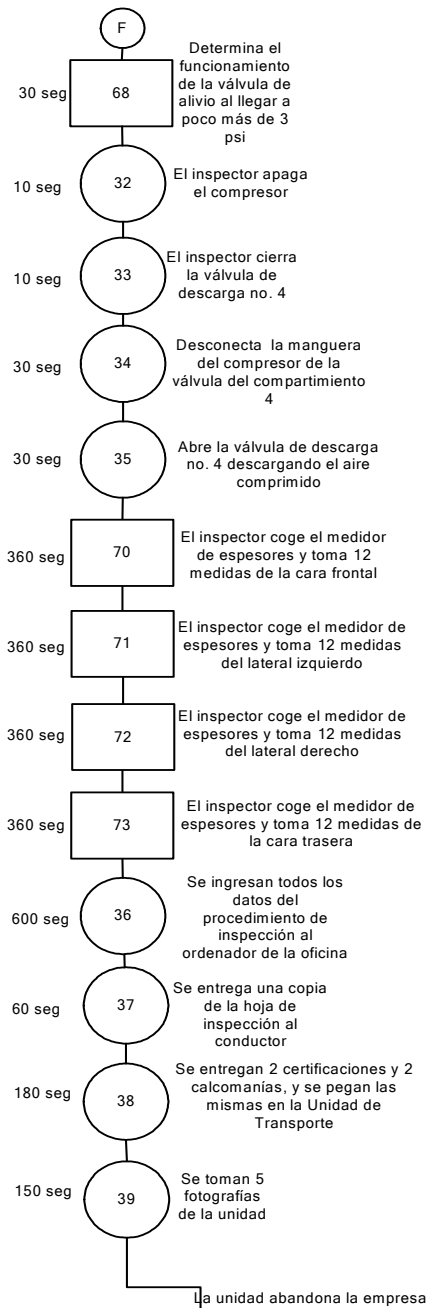
Empresa: Metrogas	Procedimiento de Certificación de Unidades de Transporte	Página: 5 de 8
Analista: Rolando Díaz	Diagrama de Flujo Actual 21 de agosto del 2006	Inicia: entrada de camión Finaliza: salida de camión



Empresa: Metrogas	Procedimiento de Certificación de Unidades de Transporte	Página: 6 de 8
Analista: Rolando Díaz	Diagrama de Flujo Actual 21 de agosto del 2006	Inicia: entrada de camión Finaliza: salida de camión







Empresa: Metrogas	Procedimiento de Certificación de Unidades de Transporte	Página: 7 de 8
Analista: Rolando Díaz	Diagrama de Flujo Actual 21 de agosto del 2006	Inicia: entrada de camión Finaliza: salida de camión





Empresa: Metrogas	Procedimiento de Certificación de Unidades de Transporte	Página: 8 de 8
Analista: Rolando Díaz	Diagrama de Flujo Actual 21 de agosto del 2006	Inicia: entrada de camión Finaliza: salida de camión

### Resumen

Figura	Descripción	Cantidad	Distancia (metros)	Tiempo (segundos)
	Operación	39	-----	6140
	Inspección	73	-----	10980
	Transporte	3	35	150
<b>D</b>	Demora	0	-----	0
	Almacenaje	0	-----	-----
	<b>Total</b>	120	35	17270 seg = 4.8 horas

**Fuente:** Rolando Díaz

### **1.3.6 Hoja de control**

La hoja de control de inspección (Anexo, figura 10, pág. 171) es un papel formateado con la finalidad de anotar allí, todos los detalles de la inspección, así como puntos aprobados y rechazados. En la hoja de control, se encuentran todos los elementos a revisar de las inspecciones visuales y de las pruebas de inspección.

En la primera parte de la hoja de control se encuentra el encabezado de la empresa, con todos sus datos y teléfonos, y más a la derecha el correlativo de hoja de inspección. Después, se encuentra un espacio para colocar el dato del teléfono de la empresa transportista y el número de correlativo de la unidad a ser inspeccionada.

Más abajo se coloca la fecha actual, la fecha de vencimiento de la certificación (que es tres años después de aprobada la certificación), el nombre de la empresa transportista, el nombre del propietario de la misma, la capacidad en galones de la unidad de transporte, el número de compartimientos en los cuales se encuentra dividido el tanque, las placas del camión, las placas de la pipa, el número de chasis y de motor, el método de certificación (primera, segunda o tercera inspección) y el color del camión. Más arriba a la derecha se indica si la unidad fue aprobada o rechazada.

A continuación se encuentra la parte de inspección visual externa e inspección visual interna. Ambas partes poseen dos columnas vacías, para marcar con un cheque (√) si se aprueba el punto, o con una equis (x) si se rechaza. La primera columna es para la primera inspección, y la segunda, en caso de ser necesaria, es para una segunda inspección. Si en la primera inspección fueron rechazados algunos puntos, entonces el piloto del camión y su empresa tienen la oportunidad de regresar para una segunda inspección, con los elementos anteriormente rechazados, debidamente controlados.

Los puntos número tres y cuatro muestran los resultados de las pruebas de estanqueidad y de presión neumática. Como en los dos segmentos anteriores, se marca la aprobación o rechazo de cada punto, en caso de encontrarse o no fugas o mal funcionamiento de válvulas, caras laterales, divisiones entre compartimientos, cara frontal y trasera.

Finalmente se encuentra el punto de la prueba de espesores. Allí, se anotan las medidas en milímetros dadas por el medidor de espesores, tomadas en doce puntos de la cara frontal, doce puntos de la cara trasera, doce puntos del lateral izquierdo y de doce puntos del lateral derecho. Esta inspección será aprobada si no se encuentra más de un punto con espesor menor a 0.318 plg, es decir, 8.08 mm.

En la última parte de la hoja de inspección se encuentra el espacio para los comentarios. Aquí se detallan todos los puntos de la unidad rechazados por el inspector al final de la revisión.

En esta hoja se encuentran errores ortográficos y gramaticales, además de elementos en desorden, repetición de elementos y datos confusos. Esto no facilita el proceso de inspección, sino más bien retrasa el trabajo

### **1.3.7 Personal de inspección**

El personal de inspección consta únicamente de un inspector para todas las unidades de transporte, y de un coordinador general. El coordinador general es un profesional colegiado, con mucha experiencia en el área de transporte de hidrocarburos.

Ambos no se dedican exclusivamente a las inspecciones, sino que, dividen su tiempo en la gasolinera, en las calibraciones y en las inspecciones, además de algunos asuntos administrativos. Esto hace que se descuide un poco la efectividad del proceso de inspección de unidades de transporte.

## **1.4 Seguridad e higiene industrial**

La seguridad e higiene industrial son muy importantes en este tipo de procedimiento, pues se está tratando con productos inflamables y esto puede costar inclusive vidas humanas.

### **1.4.1 Normas actuales de seguridad e higiene industrial**

Actualmente no se cuenta con ningún reglamento de seguridad o higiene dentro de la empresa certificadora Metrogas. Simplemente, dentro del reglamento interno de la empresa (ver Anexo, figura 15, pág. 179), se indica en un párrafo muy pequeño y general, lo siguiente:

*“ El técnico usará como equipo de protección personal: casco, guantes, zapatos antideslizantes, pantalón de lona y camisa de la empresa. Tendrá a disponibilidad: extintores, areneros, hidrante contra incendios y linterna a prueba de explosión ”.*

Este pequeño párrafo, en realidad, no se cumple ni se supervisa. Los procedimientos se llevan a cabo sin el mínimo de seguridad e higiene, cuando en verdad abundan las condiciones y actos inseguros.

### **1.4.2 Accidentes registrados**

No se tiene un registro formal de accidentes (desde que la empresa empezó operaciones de certificación, a principios del año 2006), y con información proporcionada por la empresa, se determinó que hasta el momento no han ocurrido accidentes reales ni considerables.

Esto sin embargo, no es razón para dejar por un lado la creación de una normativa consistente de seguridad e higiene en el trabajo, más aún considerando las condiciones peligrosas del trabajo de certificación.

### **1.4.3 Condiciones inseguras**

Dentro del procedimiento de inspección de unidades de transporte, se tienen muchas condiciones que atentan contra la integridad y salud física y mental de los trabajadores que allí laboran:

- No existen advertencias claras, llamativas y completamente visibles que prevengan del peligro por el manejo de sustancias inflamables que pudieran causar incendios en el lugar de trabajo. Dentro de estas advertencias se incluyen las que prohíben fumar en el área.
  
- Existe mucho material metálico colocado desordenadamente en el área de inspección. Cualquier persona puede fácilmente tropezarse con esos objetos.
  
- La torre metálica de 4 metros de alto se encuentra defectuosa e inestable. Está totalmente oxidada, con orificios e inclusive le hacen falta escalones.

- Los tanques de 10 mil galones utilizados para el almacenamiento de agua son nidos de insectos y enfermedades. El agua almacenada se encuentra totalmente sucia, y no recibe ningún tipo de tratamiento. El ambiente cercano a estos tanques es desagradable.
  
- En el suelo del lugar de trabajo se encuentran tubos plásticos mal distribuidos, de manera que resultan un obstáculo al momento de quererse trasladar de un lugar a otro.
  
- No se cuenta con un sistema de señalización de entrada, salida y traslado de las unidades de transporte dentro del proceso de inspección.
  
- Los restos de combustible contenidos por los tanques de las unidades de transporte pueden observarse fácilmente en el suelo del lugar. Estos desperdicios no son desechados correctamente, lo que representa un gran peligro en el área.
  
- No se encuentran extinguidores de fuego a la mano durante las inspecciones. No se está preparado con equipo en caso de un posible incendio.

- Debido a la ubicación de la empresa (kilómetro 29 carretera al Pacífico), el sol es intenso durante toda la jornada de trabajo. No se cuenta con un techo protector que evite el contacto de los inspectores con los rayos directos del sol.
- La temperatura del lugar de trabajo es extremadamente alta, más aún alrededor del medio día. No existen medios cercanos de hidratación para los trabajadores.
- La inminencia de un incendio es muy peligrosa, debido a que no se cuenta con ropa adecuada para las labores de inspección.
- La entrada al área de inspección es de fácil acceso para cualquier persona extraña y ajena a asuntos de la empresa. Esto es riesgoso, pues pueden ingresar personas no deseadas, o gente inoportuna puede provocar un accidente.
- No se encuentran basureros que sirvan para despejar efectivamente el área de trabajo de desechos y desperdicios que puedan resultar peligrosos.
- Los baños de las instalaciones se encuentran en mal estado, lo que afecta a la higiene personal de los trabajadores de la empresa, quienes pueden resultar perjudicados mediante la adjudicación de enfermedades.



#### **1.4.4 Actos inseguros**

En las operaciones de inspección de unidades de transporte, se encuentran los siguientes actos inseguros:

- En las cercanías del área de inspección (unos 20 metros aproximadamente), se realizan trabajos de soldadura. Las chispas que este proceso produce, pudieran fácilmente alcanzar los tanques de almacenamiento que se encuentran con cierta cantidad de combustible, o los restos de hidrocarburos regados en el suelo, o inclusive, los tanques de almacenamiento de combustible de las unidades de transporte. Esto provocaría un incendio sin precedentes, que acabaría totalmente con el área de inspección y hasta con la oficina de la empresa, sin mencionar la pérdida humana que pudiera conllevar.
  
- Muchas de las operaciones de inspección requieren pasar por debajo de los tanques de las unidades de transporte, además de atravesarse la base de la torre metálica de lado a lado, pudiendo el inspector posiblemente pegarse un golpe fuerte en la cabeza. El uso de un casco protector durante las inspecciones reduciría el riesgo de un accidente.
  
- En las operaciones de inspección llevadas a cabo en la parte superior del tanque de almacenamiento de las unidades de transporte, se encuentra un enorme riesgo de caída al suelo. No existen medidas, rampas o barandas que aseguren un poco esta actividad.

- Algunas partes y accesorios metálicos de las unidades de transporte (como las escaleras), así como de la torre de inspección, pueden lastimar las manos del inspector. Este no utiliza ningún tipo de resguardo en las manos al realizar las operaciones de inspección. Pudiera además recibir choques eléctricos.
- El inspector necesita en varias ocasiones subir al tanque de las unidades de transporte, y para ello, no utiliza zapatos especiales que prevengan los deslizamientos.
- Se trabaja sin mascarilla antigases, aunque por la naturaleza del trabajo, el ambiente es de gases tóxicos e inflamables.

### **1.5 Mantenimiento preventivo**

Las unidades de transporte llegan a las instalaciones de Metrogas para ser inspeccionadas, y si todo sale bien, para ser posteriormente certificadas. Muy pocas unidades siguen este procedimiento de una forma sencilla, pues la mayoría posee aspectos negativos o deficientes que hacen necesarios cambios y modificaciones en elementos de los transportes, los cuales representan gastos que pudieran ser evitados. El mantenimiento en una unidad de transporte, tomando en cuenta todos los elementos de la inspección, reduce considerablemente la posibilidad del rechazo de la certificación, y disminuye con ello, gastos innecesarios.

### **1.5.1 Programa actual de mantenimiento**

Actualmente, los propietarios de las unidades de transporte no tienen en su agenda un programa de mantenimiento definido, más que un mantenimiento correctivo no planificado, surgido al momento de mostrarse fallas significativas en los camiones. Los mismos conductores se despreocupan de los aspectos mecánicos de mantenimiento de sus unidades, esperando únicamente el momento del fallo. Generalmente no existe una calendarización determinada que soporte operaciones de mantenimiento básicas, como por ejemplo el cambio de aceite del motor. Simplemente, al revisar un día cualquiera el motor, el conductor se da cuenta que el aceite se encuentra muy deteriorado; es allí cuando se realiza el mantenimiento correctivo, cambiando el aceite, sin ser planificado con anticipación.

### **1.5.2 Problemas por falta de programa de mantenimiento**

Las unidades de transporte, al requerir de su licencia de transporte debidamente autorizada por el Ministerio de Energía y Minas, se trasladan a la empresa de certificación Metrogas, para ser inspeccionadas y posteriormente autorizadas a funcionar en el país y en Centroamérica. Empero, al realizar la inspección, según información de Metrogas, la gran mayoría de unidades de transporte no pasan correctamente las pruebas, y se ven obligadas a corregir sus errores, para días después intentar una segunda inspección. La rectificación de estos descuidos, cuesta dinero, tiempo y esfuerzo, además del dinero, tiempo y esfuerzo necesario para realizar una segunda inspección.

La mayor parte de los puntos críticos de una unidad de transporte durante su inspección, pueden transformarse fácilmente en aspectos sólidos mediante un mantenimiento preventivo. De esta manera se llega preparado a las pruebas de inspección, ahorrándose así gran parte de los tres elementos antes mencionados (dinero, tiempo y esfuerzo).

Además, la seguridad del transporte, del conductor, del material transportado y del medio circundante, demandan un estado óptimo de la unidad de transporte. Este estado lo puede proporcionar un adecuado mantenimiento preventivo, que beneficiará a las condiciones de trabajo, a la calidad y a la vida útil de las unidades de transporte, a la eficiencia de entrega, a los costos de mantenimiento correctivo y a la satisfacción del conductor y su empresa.

### **1.5.3 Elementos susceptibles a mantenimiento**

Los elementos de las unidades de transporte, casi en su totalidad, son susceptibles a la aplicación de un mantenimiento preventivo. Pero enfocándonos principalmente a los puntos tomados en cuenta durante las pruebas de inspección para la certificación de unidades, los elementos apropiados para un mantenimiento preventivo son los siguientes:

- Válvulas
- Bombas
- Mangueras
- Llantas
- *Manholes*
- Batería
- Frenos
- Luces
- Limpia Brisas
- Sistema de Lubricación
- Tanque
- Filtros
- Sistema de Enfriamiento
- Otros elementos.

#### **1.5.4 Fallas o deficiencias frecuentes**

Existen ciertos elementos que son los más frecuentemente rechazados, por fallas o deficiencias que, afectan el rendimiento óptimo de la unidad de transporte. Estos elementos son los siguientes:

##### **Fugas en las válvulas:**

Las válvulas de emergencia y de descarga son muy vulnerables a contener fugas en su sistema.

Compuertas que no cierran en su totalidad y material desgastado son algunas de las razones que impiden la precisión de funcionamiento de las válvulas. Este tipo de fallas se da en un 20% de las unidades de transporte que no son certificadas por no cumplir con todos los requisitos, según datos de Metrogas.

#### **Fugas en los empaques de los *manholes*:**

El uso y el fin de la vida útil de los empaques que protegen los *Manholes* provocan fugas muy ordinarias en el tanque de las unidades de transporte. Este tipo de fallas se da en un 30% de las unidades de transporte que no son certificadas por no cumplir con todos los requisitos, según datos de Metrogas.

#### **Cabezales de mangueras en mal estado:**

La base de las mangueras sufre las inclemencias del uso y de esfuerzos imprudentes. Por ello, las mangueras fallan por lo general en esa parte. Este tipo de fallas se da en un 10% de las unidades de transporte que no son certificadas por no cumplir con todos los requisitos, según datos de Metrogas.

### **Llantas desgastadas:**

El uso de llantas en mal estado es muy común en unidades de transporte, lo que puede provocar graves accidentes viales. Este tipo de fallas se da en un 25% de las unidades de transporte que no son certificadas por no cumplir con todos los requisitos, según datos de Metrogas.

### **Frenos en mal estado:**

Los frenos inadecuados no son tan recurrentes en este tipo de transporte, pero sí forman una parte importante de la seguridad de las unidades, del conductor y de su ambiente. Este tipo de fallas se da en un 15% de las unidades de transporte que no son certificadas por no cumplir con todos los requisitos, según datos de Metrogas.

### **Malfuncionamiento de luces:**

Generalmente las unidades de transporte no poseen sus luces completas. Las llevan sin funcionar, quebradas o simplemente no las tienen. Las unidades de transporte deben de contar con luces bajas, altas, laterales y pida vías, todas en buen estado y funcionando correctamente. Este tipo de fallas se da en un 35% de las unidades de transporte que no son certificadas por no cumplir con todos los requisitos, según datos de Metrogas.

### **Limpia brisas desgastado:**

Durante períodos de lluvia dentro de las rutinas de transporte, se hace necesario contar con limpia brisas en buen estado. Esta condición es frecuentemente violada, pues normalmente las unidades de transporte cuentan con limpia brisas viejos que no aclaran eficientemente los vidrios al momento de una lluvia, y otras veces, ni siquiera se cuenta con ellos. Este tipo de falla se da en un 5% de las unidades de transporte que no son certificadas por no cumplir con todos los requisitos, según datos de Metrogas.

### **Aceite de motor deteriorado:**

El motor es la parte esencial para el movimiento de las unidades de transporte, pero al mismo tiempo es una pieza muy descuidada en su mantenimiento. Por ello, el aceite del motor de los camiones se encuentra ordinariamente demasiado sucio y deteriorado, debido a la falta de planificación preventiva de mantenimiento. Este tipo de fallas se da en un 10% de las unidades de transporte que no son certificadas por no cumplir con todos los requisitos, según datos de Metrogas.

### **Corrosión en el tanque:**

La corrosión en la superficie de los cilindros de las unidades de transporte es un inconveniente importante, y se debe de evitar a toda costa.



Es muy común este problema a través del paso del tiempo en unidades antiguas. Este tipo de falla se da en un 20% de las unidades de transporte que no son certificadas por no cumplir con todos los requisitos, según datos de Metrogas.

#### **Filtros saturados:**

El cambio regular de filtros (de aceite, de aire y de combustible) es un aspecto que rara vez se da. Se llega al punto de encontrar estos elementos llenos de impurezas y de deficiencias que impiden el buen funcionamiento de los mismos. Este tipo de fallas se da en un 15% de las unidades de transporte que no son certificadas por no cumplir con todos los requisitos, según datos de Metrogas.

#### **Falta de refrigerante:**

La refrigeración en un motor es clave para su trabajo. Son frecuentes las oportunidades en las que los conductores notan un aumento irregular de la temperatura de sus unidades, con lo que al revisarlas, se dan cuenta de la ausencia de refrigerante en el sistema. Este tipo de fallas se da en un 20% de las unidades de transporte que no son certificadas por no cumplir con todos los requisitos, según datos de Metrogas.



## **2. PROPUESTA DE MEJORAS A LOS REGLAMENTOS**

### **2.1 Mejoras al Reglamento Técnico Centroamericano**

Después de un exhaustivo y detallado análisis de cada parte y elemento que forma al Reglamento Técnico Centroamericano (ver Anexo, figura 14, pág. 174), se encontraron múltiples áreas y lineamientos mejorables y explotables, en beneficio de la veracidad de las certificaciones normalizadas por dicho tratado, desarrolladas y verificadas por la empresa Metrogas. Para la seguridad de las unidades de transporte, así como de sus clientes y consumidores finales, los criterios extendidos en el Reglamento Técnico Centroamericano no deben de ser utópicos, y por el contrario, deben de adaptarse a la realidad nacional. Las mejoras propuestas a desarrollar dentro del Reglamento Técnico Centroamericano, son las siguientes:

- El Reglamento Técnico Centroamericano indica que la capacidad máxima de presión soportada por la válvula de alivio es de 5 psi. Este dato debe de ser modificado, pues se ha probado en la práctica que las unidades de transporte no llegan a resistir los 5 psi allí propuestos para la prueba, sino que soportan hasta 3 psi. Se hace entonces necesario un cambio, pues este dato es probado día con día dentro de cada inspección, y específicamente, dentro de cada prueba neumática. Por cuidado de las unidades de transporte, y para especificaciones veraces, se hace necesaria la disminución de esta condición de presión.

- El Ministerio de Energía y Minas debe entablar conversaciones y pactos con el Ministerio de Ambiente, con el ánimo de realizar conjuntamente, un documento que apoye específicamente las condiciones ambientales a las que deben de ser sometidas las unidades de transporte, tomando en cuenta el material peligroso que contienen. En estos tratados, conviene también desarrollar programas de verificación de contaminación a las unidades de transporte, posiblemente como requisito, de la adquisición de la licencia de transporte.
  
- Es preciso desarrollar un documento que represente el Reglamento Técnico Centroamericano aplicado específicamente para Guatemala, indicando claramente el nombre de las entidades que deben de realizar determinadas funciones. Así, en vez de citar una organización en general (como por ejemplo: “el ente encargado de los asuntos del ambiente”), se puede nombrar propiamente a la institución (por ejemplo: “Ministerio de Ambiente”). De esta manera, se evitarán disyunciones y confusiones, y se especificará la responsabilidad de cada elemento involucrado en el asunto.
  
- Debe realizarse un estudio de factibilidad de compra de equipo especial necesario para las certificaciones. Muchas operaciones requeridas necesitan estos aparatos para verificar especificaciones registradas en el Reglamento Técnico Centroamericano. Este equipo es costoso y difícil de conseguir, y con el estudio, se conocerá si es posible contar con el mismo, para poder proseguir con la aceptación de los lineamientos del reglamento referentes al equipo, o en su defecto, proponer cambios o métodos más sencillos de trabajo, que no requieran de equipo tan especial.

Dentro de estos se encuentran: equipo de medición de peso de unidades de transporte, equipo de reconocimiento de material, equipo de indicación de esfuerzos, entre otros.

- Al igual que con el asunto de los desechos, se debe de trabajar con el Ministerio de Ambiente para lograr crear un programa de control de emisión de ruido a las unidades de transporte, que incluya revisiones periódicas y castigos a los camiones contaminantes.
  
- Se necesita de la creación de un programa de mantenimiento preventivo para las unidades de transporte, el cual es exigido en el Reglamento Técnico Centroamericano. Para hacer conciencia de la importancia del cumplimiento del programa, se deben de expresar en el mismo, las ventajas que emergen en todos los sentidos al darse una aplicación efectiva del mantenimiento. De este modo, los propietarios de los transportes no verán el mantenimiento como una obligación perjudicial, sino más bien, como un beneficio tanto económico como de servicio para ellos mismos, y esto favorecerá en gran parte al proceso de certificación de unidades de transporte.
  
- Se debe de cambiar la exigencia de métodos específicos de soldadura de los cilindros de las unidades de transporte, pues al observar los tanques, no se puede determinar con certeza el método de soldadura utilizado, ni las prácticas realizadas, ni los materiales usados. De esta manera que se hace necesario cambiar algunos de estos aspectos del Artículo 7.2.3, para poder realmente analizar elementos comprobables.

- Se debe de incluir en el Reglamento Técnico Centroamericano un normativo de seguridad, pues es muy prudente debido al riesgo que se corre al trabajar tan cercanamente a materiales altamente inflamables, como los hidrocarburos, durante el procedimiento de inspección. Este debe de incluir equipo de protección personal, medidas de seguridad para evitar accidentes, y pasos a seguir en una determinada emergencia.

## **2.2 Mejoras al reglamento interno de Metrogas**

Después de un exhaustivo y detallado análisis de cada parte y elemento que forma el Reglamento Interno de Metrogas (ver Anexo, figura 15, pág. 179), se encontraron múltiples condiciones y lineamientos mejorables, en beneficio de la veracidad de los procedimientos desarrollados y verificados por dicha empresa. Para la seguridad de las unidades de transporte y de sus propietarios, el reglamento debe encontrarse bien estructurado y detallado, para no dar lugar a confusiones y ambigüedades. Las mejoras propuestas a desarrollar son las siguientes:

- Cada una de las partes de la hoja de inspección (ver Anexo, figura 10, pág. 171) debe de ser detallada en el reglamento, indicando claramente su función y contenido, para no dar lugar a equivocaciones. De esta manera, el inspector conocerá concretamente la información requerida en toda la hoja de inspección, y el proceso de registro de unidades se desarrollará con mayor fluidez. La hoja de inspección es muy importante, pues en ella se encuentra toda la información, tanto de registro como de inspección, de la unidad de transporte.

- Un análisis profundo de las operaciones llevadas a cabo en las inspecciones de unidades debe de realizarse, basándose en el detalle proporcionado en el presente proyecto. En consecuencia, se podrá establecer una nueva hoja de inspección, incluyendo todas las operaciones y elementos importantes que componen el procedimiento completo de inspección (ver Apéndice, figura 7, ver pág. 165). No debe faltar ningún detalle, para que las inspecciones se realicen de la manera más adecuada y efectiva.
  
- El reglamento interno deberá también incluir un desarrollo de los puntos y operaciones nuevas incluidas en la nueva hoja de inspección, además de todos los elementos faltantes en el actual reglamento. Para que el reglamento sea considerado como completo, este debe de contener detalladamente cada operación de inspección, con la explicación respectiva y clara. Así también se garantiza la compatibilidad entre el reglamento y la hoja de inspección, pues actualmente existen elementos importantes faltantes en ambas partes.
  
- Debe de revisarse la estructura de la hoja de inspección, para que los elementos que deban marcarse en la inspección visual interna, se marquen efectivamente en esa área, y asimismo los de la inspección visual externa y los de cada una de las pruebas mecánicas.

- Debe de realizarse una revisión gramatical y ortográfica del reglamento y de la hoja de inspección. Para que ambos documentos sean reconocidos como serios e indispensables, es necesario que sean entendibles y que se realicen en una forma correcta lingüísticamente hablando.
  
- Se deben de detallar claramente en el reglamento, las condiciones mediante las cuales un punto de inspección será rechazado. La revisión de cada elemento durante la inspección debe de ser respaldada con las exigencias encontradas en el reglamento. Se deben de explicar las especificaciones requeridas de cada elemento, tales como medidas, pesos, condiciones, estados, cantidades, posiciones, etc. De esta manera se facilita el trabajo de los inspectores, y se cuenta con un documento que apoye los cambios y mejoras pedidas a las unidades de transporte, para poder certificarlas correctamente.
  
- El reglamento interno debe de incluir un apartado referente a la seguridad e higiene durante el procedimiento de inspección, en donde se expliquen claramente las condiciones inseguras, los actos inseguros, las normas de seguridad, el equipo de seguridad personal, su uso y características, medidas de emergencia a tomar en diferentes situaciones peligrosas, planes de contingencia, incendios, accidentes, etc. La seguridad de los trabajadores debe de ser parte indispensable del reglamento, pues son ellos los que se encuentran directamente expuestos a los riesgos de trabajar con los materiales peligrosos encontrados en las unidades de transporte.



- El reglamento interno debe de incluir los pasos administrativos de la inspección y certificación de unidades de transporte, tales como el registro de las unidades, la revisión de papelería, la entrega de documentos y comprobantes, y finalmente la entrega de las certificaciones, entre otros.
  
- El reglamento interno debe de ser claro y entendible, y puede valerse de gráficas, dibujos, esquemas, fotografías, representaciones, tablas, y cualquier detalle que simplifique la explicación de los procedimientos de inspección y su desarrollo.
  
- Se debe de aclarar en el reglamento interno, el dato encontrado experimentalmente, que indica que la válvula de alivio se activa automáticamente al llegar la presión interna de los compartimientos a 3 psi, y no a 5 psi como se indica tanto en el reglamento interno original, como en el Reglamento Técnico Centroamericano.
  
- Y finalmente, la aplicación del Reglamento Interno es lo más importante. No serviría de nada un reglamento excelente, si no se desarrolla realmente. Las operaciones de inspección deben de ser realizadas según indica el reglamento. Se debe de utilizar el equipo necesario según indica el reglamento. Se deben de tomar las medidas de seguridad que se indican el reglamento. Se debe de realizar todo según el reglamento, y no se debe de hacer nada que se encuentre fuera de él.



### 3. PROPUESTA DE MEJORAS AL PROCEDIMIENTO DE CERTIFICACIÓN DE UNIDADES DE TRANSPORTE

#### 3.1 Metodología

##### 3.1.1 Estudio de tiempos

Utilizando el método de regresos a cero con un cronómetro análogo, se tomaron los tiempos de inspección de 20 camiones regulares (de 6 mil galones en cuatro compartimentos). Se obtuvo un promedio de esos 20 tiempos para cada operación, lo que dio como resultado a los tiempos promedios o normales, los cuales se presentan a continuación:

**Tabla I Tiempos normales (segundos) del procedimiento de certificación**

Operación	Tn	Operación	Tn
Transporte a entrada	30	Llenado agua compartimiento	750
Toma de datos	120	Inspección superficie antivuelco	60
Inspección tanque vacío	30	Inspección jaula antivuelco	60
Inspección fichas engrase	30	Inspección escalera	60
Inspección marchamos	30	Inspección luces bajas	60

Continúa

Operación	Tn	Operación	Tn
Inspección vidrios	30	Cierre de válvulas emergencia	60
Inspección llantas repuesto	60	Inspección tubería de válvulas	150
Medición espesores frente	600	Inspección fugas en válvulas	150
Medición espesor trasero	480	Descarga de agua del tanque	1830
Transporte área compresor	60	Búsqueda impurezas tanque	30
Abertura todas las válvulas	30	Inspección extintores internos	30
Inspección válvula de alivio	30	Medición espesores laterales	360
Búsqueda fugas de aire	180	Conexión compresor-válvula	30
Descarga de aire	30	Desconexión compresor-válvula	30
Digitación de datos	600	Entrega de copia a cliente	60
Entrega certificaciones	180	Toma de fotografías	150

Fuente: Rolando Díaz

### 3.1.2 Estandarización de tiempos

Para el cálculo de los tiempos estándar, se tomará en cuenta la siguiente fórmula:  $TE = TN (1 + RT + TOL)$  donde TE es tiempo estándar, TN tiempo normal, RT valorización del ritmo de trabajo y TOL las tolerancias.

La valorización del ritmo de trabajo RT está especificada en la tabla II que se muestra a continuación, según el sistema de calificación por nivelación Westinghouse:

**Tabla II Valorización del ritmo de trabajo**

<b>HABILIDAD</b>			<b>ESFUERZO</b>		
A	Habilísimo	+ 0.15	A	Excesivo	+ 0.15
B	Excelente	+ 0.10	B	Excelente	+ 0.10
C	Bueno	+ 0.05	C	Bueno	+ 0.05
D	Medio	+ 0.00	D	Medio	+ 0.00
E	Regular	- 0.05	E	Regular	- 0.05
F	Malo	- 0.10	F	Malo	- 0.10
G	Torpe	- 0.15	G	Insuficiente	- 0.15

<b>CONDICIONES</b>			<b>CONSISTENCIA</b>		
A	Buena	+ 0.05	A	Buena	+ 0.05
B	Media	+ 0.00	B	Media	+ 0.00
C	Mala	- 0.05	C	Mala	- 0.05

**Fuente:** Benjamín Niebel, Ingeniería Industrial, página 203.

Con base a las observaciones realizadas sobre las operaciones de inspección y sobre el inspector, se tomará la habilidad del operador como buena (C= +0.05), el esfuerzo del mismo como bueno (C= +0.05), las condiciones del inspector como medias (B= +0.00), y su consistencia como media (B= +0.00).

Ritmo de trabajo= habilidad + esfuerzo + condiciones + consistencia

$$RT = 0.05 + 0.05 + 0.00 + 0.00 = 0.10$$

La suma de los cuatro valores da como resultado un 10%.

Las tolerancias son tiempos de margen para el operador por necesidades personales y por fatiga, que pueden afectar al tiempo de ejecución de las operaciones. En este caso, la tolerancia por necesidades personales será de 5%, que se tomaría como 24 minutos por cada 8 horas de trabajo. Este es un margen apropiado para la mayoría de trabajos en hombres y mujeres.

La tolerancia por fatiga se puede calcular con la siguiente fórmula de coeficiente de fatiga, dada por Eugene Brey:

$$F = \frac{(T - t) * 100}{T}$$

En donde F es el coeficiente de fatiga, T es el tiempo que tarda un operario en realizar un trabajo al final del día (cuando la fatiga ya está presente), mientras que t es el tiempo que tarda ese mismo operario en realizar el mismo trabajo al principio del día (cuando la fatiga no está presente).

Para encontrar el coeficiente de fatiga en este caso, se tomaron los tiempos totales de 40 inspecciones realizadas. 20 de ellas, a primera hora del día (sin fatiga), y las 20 restantes, a última hora del día (con fatiga). Todas fueron inspecciones de unidades de 6,000 galones de capacidad. Las primeras inspecciones se dieron en horario de 07:00 a 10:30 del día aproximadamente, mientras que las últimas inspecciones se dieron entre 15:00 y 18:30 de la tarde aproximadamente. Los datos obtenidos en horas fueron los siguientes:

**Tabla III. Tiempos de operación con fatiga y sin fatiga en horas**

No.	Sin fatiga (horas)	Con fatiga (horas)
1	2.55	2.98
2	2.68	3.05
3	2.77	3.02
4	2.70	2.99
5	2.63	2.85
6	2.64	2.69
7	2.63	2.73
8	2.78	2.80
9	2.52	2.77
10	2.8	2.93
11	2.75	3.15
12	2.79	3.09
13	2.59	2.85
14	2.66	2.78
15	2.67	2.69
16	2.71	2.89
17	2.59	2.93
18	2.64	2.925
19	2.77	3.01
20	2.81	3.00

**Fuente:** Rolando Díaz

Con estos datos se obtuvo el tiempo promedio de operación sin fatiga ( $t = 2.68$  horas) y el tiempo promedio de operación con fatiga ( $T = 2.91$ ), siendo entonces, el coeficiente de fatiga el siguiente:

$$F = \frac{(T - t) * 100}{T} = \frac{(2.91 - 2.68) * 100}{2.91} = 8.25\%$$

Entonces, el porcentaje de tolerancias total es el siguiente :

$$\text{Tol} = \text{necesidades personales} + \text{fatiga} = 5\% + 8.25\% = 13.25\%$$

Siendo el valor del ritmo de trabajo igual a 10% (antes encontrado), la ecuación del tiempo estándar queda como sigue:

$$\text{TE} = \text{TN} (1 + \text{RT} + \text{TOL}) = \text{TN} (1 + 0.10 + 0.1325) = 1.2325 \text{ Tn}$$

Aplicando el factor encontrado a los tiempos normales mostrados en la tabla I, los tiempos estandarizados se presentan a continuación:



**Tabla IV Tiempos estándar (segundos) del procedimiento de certificación**

<b>Operación</b>	<b>TE</b>	<b>Operación</b>	<b>TE</b>
Transporte a entrada	37	Llenado agua compartimiento	924
Toma de datos	148	Inspección superficie antivuelco	74
Inspección tanque vacío	37	Inspección jaula antivuelco	74
Inspección fichas engrase	37	Inspección escalera	74
Inspección marchamos	37	Inspección luces bajas	74
Inspección corrosión	37	Inspección luces altas	37
Revisión paredes divisorias	37	Inspección pide vías	37
Inspección rompeolas	37	Inspección limpia brisas	37
Inspección <i>master switch</i>	74	Inspección luces laterales	37
Inspección soldaduras	37	Inspección luces traseras	37
Inspección <i>Manholes</i>	37	Inspección alarma retroceso	74
Inspección empaques	37	Inspección freno de motor	111
Inspección válvula alivio	37	Revisión rótulo No pasajeros	74
Inspección respiraderos	37	Fugas entre compartimientos	148
Inspección siglas	37	Inspección rótulo de inflamable	37
Inspección <i>flash</i>	74	Revisión instalación eléctrica	74
Inspección mangueras	296	Revisión identificación material	37
Inspección calibración	37	Inspección bandeja derrames	37
Inspección conos	74	Revisión placa de identificación	37
Inspección triángulos	37	Revisión de fijación del tanque	148

Continúa

<b>Operación</b>	<b>TE</b>	<b>Operación</b>	<b>TE</b>
Inspección batería	148	Inspección llantas activas	111
Abertura válvulas	74	Inspección pintura y corrosión	222
Inspección cabezal-tanque	148	Transporte a área descarga	74
Inspección escape	74	Inspección conexión a tierra	37
Inspección <i>bumpers</i>	111	Inspección extintores externos	74
Inspección fugas de aceite	148	Inspección fugas en válvulas	148
Inspección vidrios	37	Cierre de válvulas emergencia	74
Inspección llantas repuesto	74	Inspección tubería de válvulas	185
Medición espesores frente	740	Inspección fugas en válvulas	185
Medición espesor trasero	592	Descarga de agua del tanque	2255
Transporte área compresor	74	Búsqueda impurezas tanque	37
Abertura todas las válvulas	37	Inspección extintores internos	37
Inspección válvula de alivio	37	Medición espesores laterales	444
Búsqueda fugas de aire	222	Conexión compresor-válvula	37
Descarga de aire	37	Desconexión compresor-válvula	37
Digitación de datos	740	Entrega de copia a cliente	74
Entrega certificaciones	222	Toma de fotografías	185

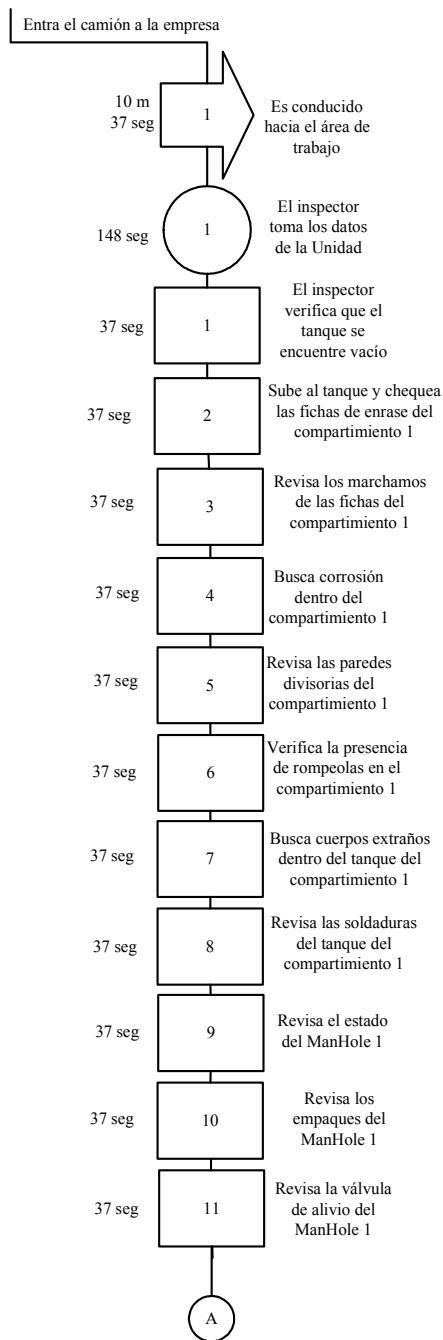
**Fuente:** Rolando Díaz

### **3.2 Diagrama de flujo del proceso mejorado de certificación de unidades de transporte**

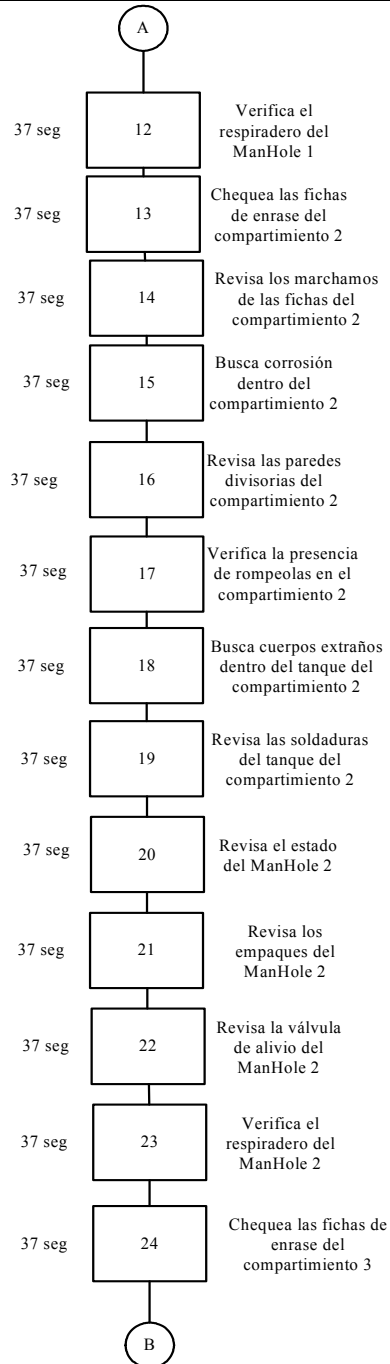
A continuación se presenta el diagrama de flujo del proceso mejorado de certificación de unidades de transporte (figura 2, pág. 84), utilizando para ello los tiempos estandarizados de la tabla IV. Este diagrama presenta las mejoras detalladas en el punto 3.3.

**Figura 2. Diagrama de flujo mejorado del proceso de certificación**

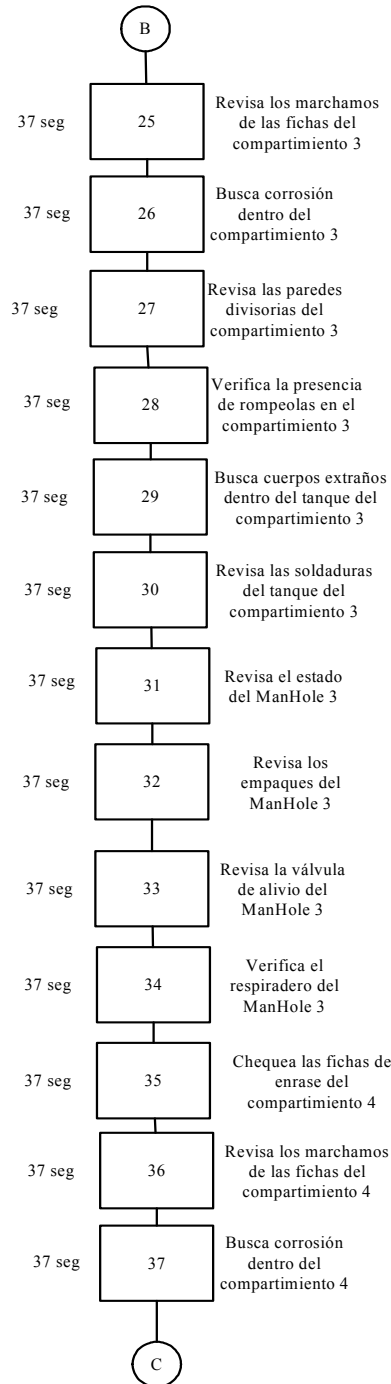
Empresa: Metrogas	Procedimiento de Certificación de Unidades de Transporte	Página: 1 de 11
Autor: Rolando Díaz	Diagrama de Flujo Mejorado 21 de septiembre del 2006	Inicia: entrada de camión Finaliza: salida de camión



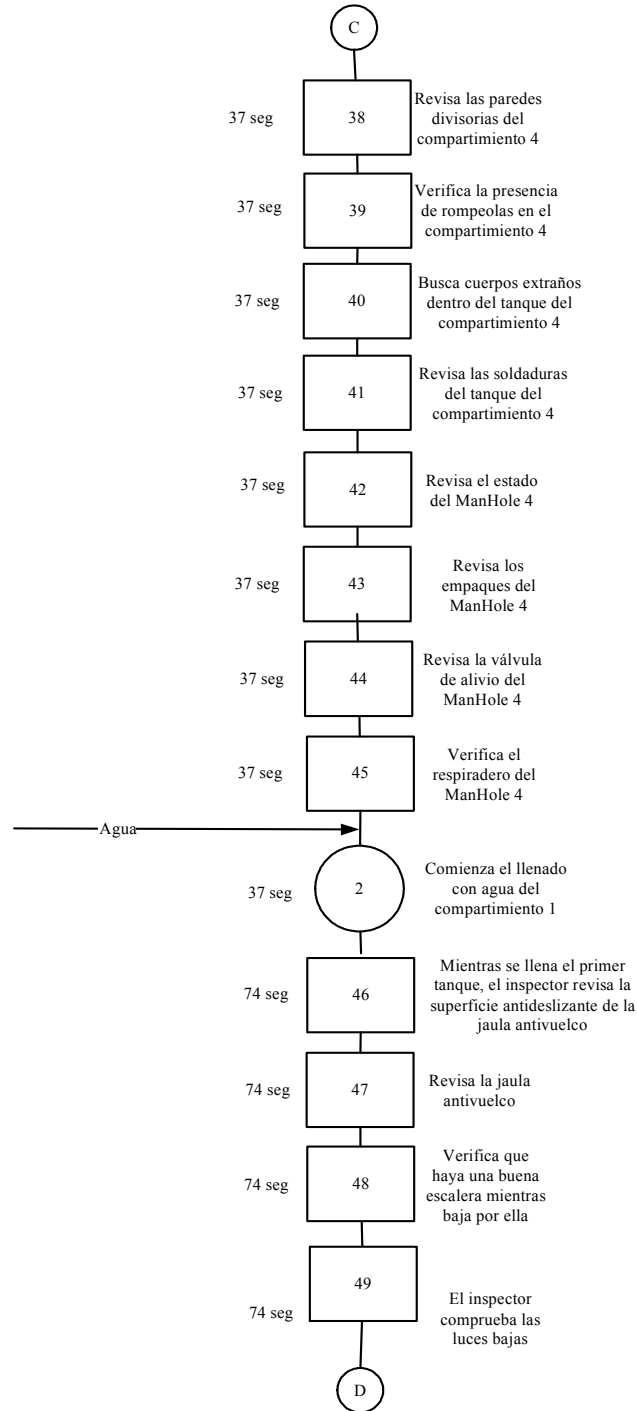
Empresa: Metrogas	Procedimiento de Certificación de Unidades de Transporte	Página: 2 de 11
Autor: Rolando Díaz	Diagrama de Flujo Mejorada 21 de septiembre del 2006	Inicia: entrada de camión Finaliza: salida de camión



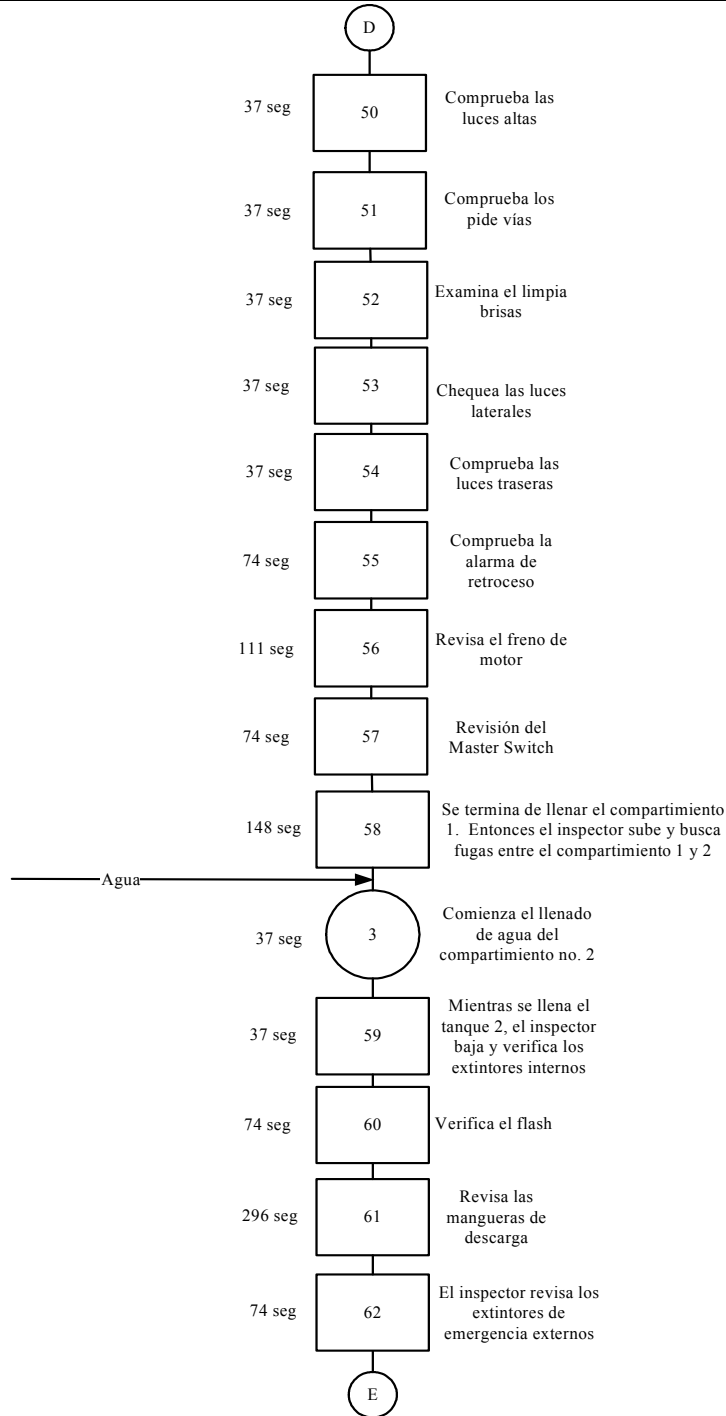
Empresa: Metrogas	Procedimiento de Certificación de Unidades de Transporte	Página: 3 de 11
Autor: Rolando Díaz	Diagrama de Flujo Mejorado 21 de septiembre del 2006	Inicia: entrada de camión Finaliza: salida de camión



Empresa: Metrogas	Procedimiento de Certificación de Unidades de Transporte	Página: 4 de 11
Autor: Rolando Díaz	Diagrama de Flujo Mejorado 21 de septiembre del 2006	Inicia: entrada de camión Finaliza: salida de camión

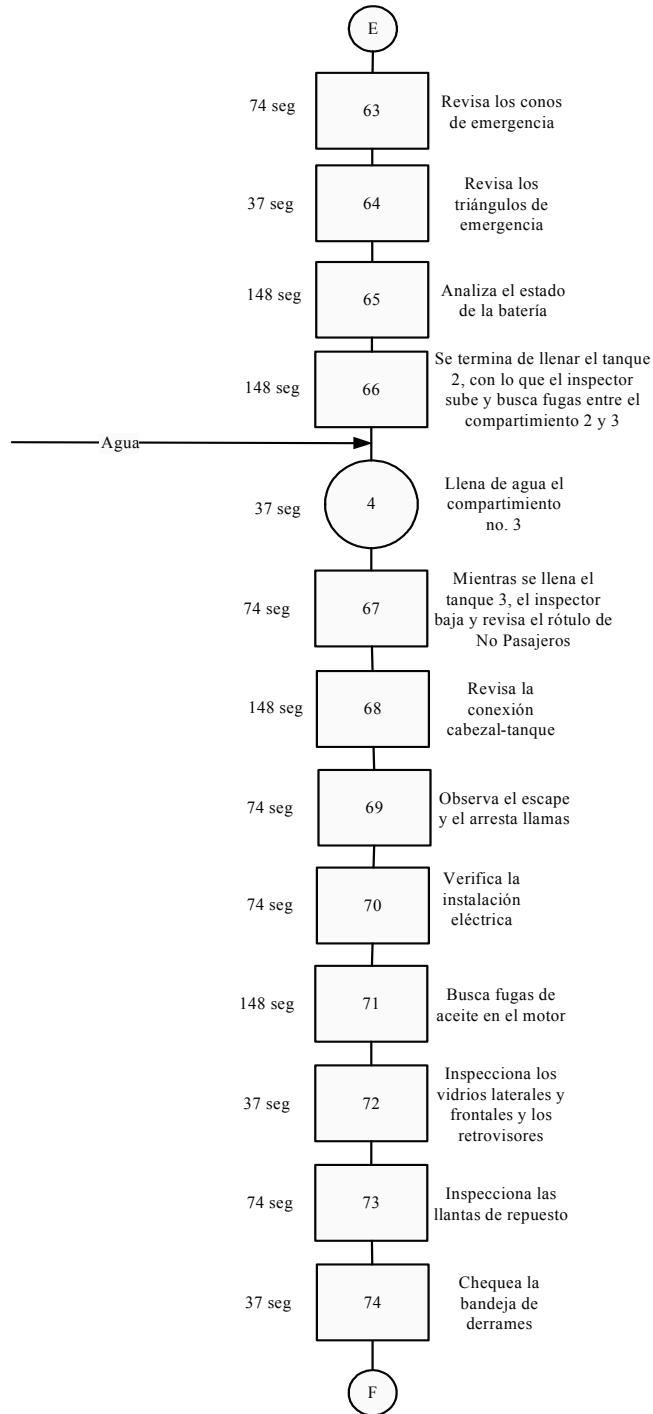


Empresa: Metrogas	Procedimiento de Certificación de Unidades de Transporte	Página: 5 de 11
Autor: Rolando Díaz	Diagrama de Flujo Mejorado 21 de septiembre del 2006	Inicia: entrada de camión Finaliza: salida de camión

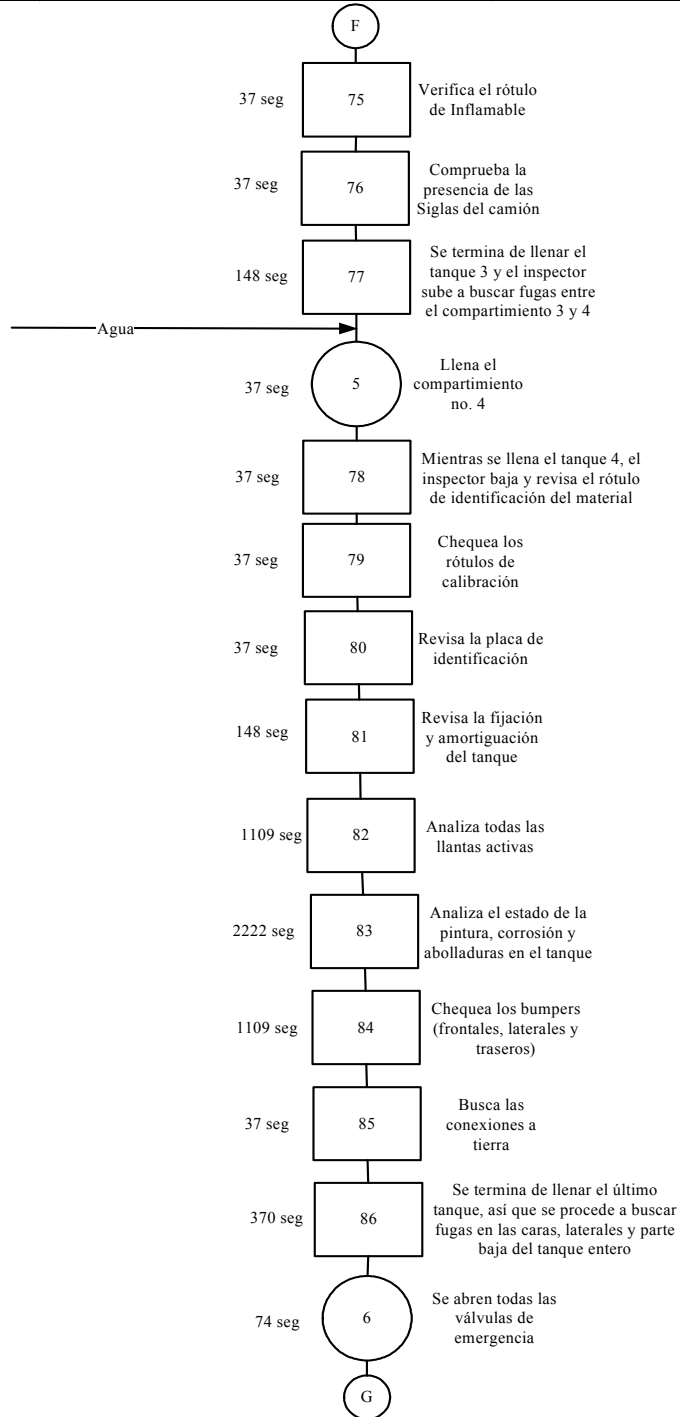




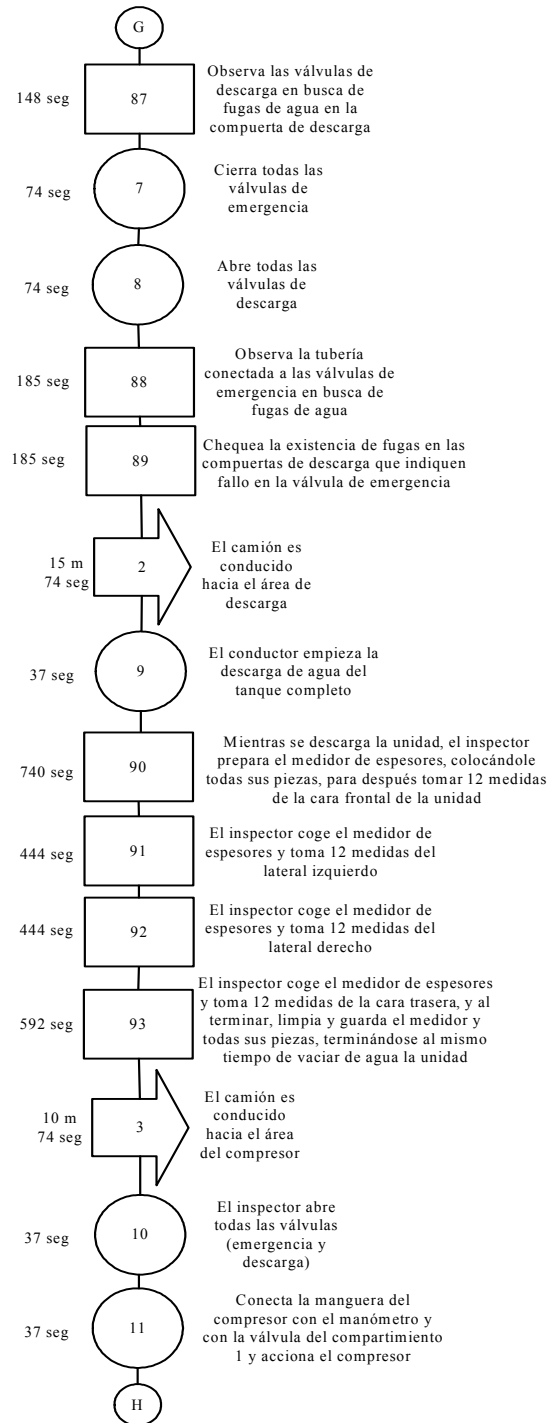
Empresa: Metrogas	Procedimiento de Certificación de Unidades de Transporte	Página: 6 de 11
Autor: Rolando Díaz	Diagrama de Flujo Mejorado 21 de septiembre del 2006	Inicia: entrada de camión Finaliza: salida de camión



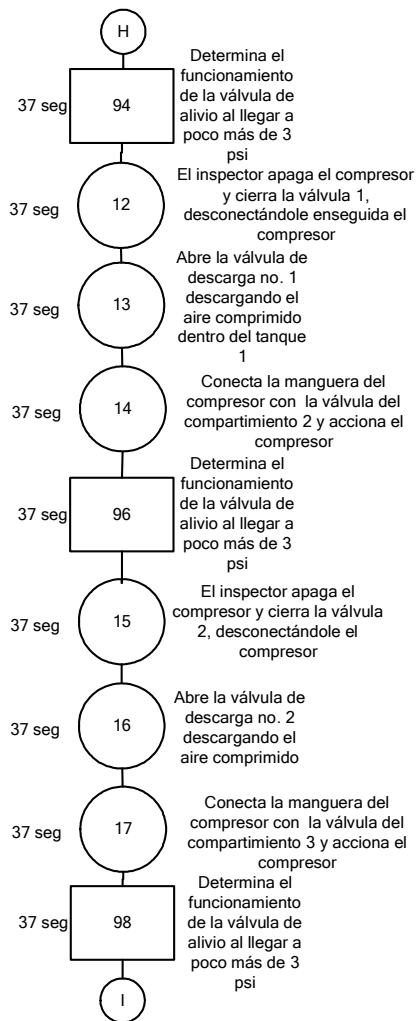
Empresa: Metrogas	Procedimiento de Certificación de Unidades de Transporte	Página: 7 de 11
Autor: Rolando Díaz	Diagrama de Flujo Mejorado 21 de septiembre del 2006	Inicia: entrada de camión Finaliza: salida de camión



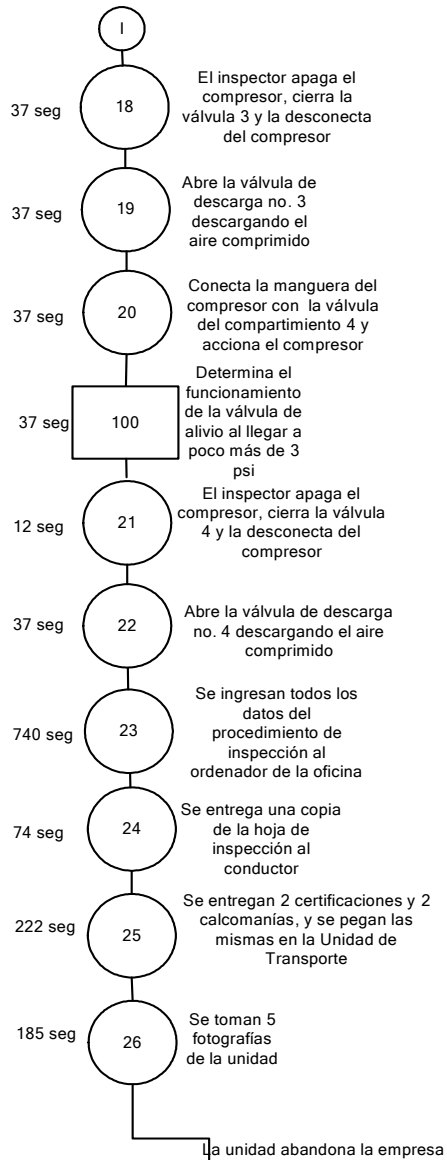
Empresa: Metrogas	Procedimiento de Certificación de Unidades de Transporte	Página: 8 de 11
Autor: Rolando Díaz	Diagrama de Flujo Mejorado 21 de septiembre del 2006	Inicia: entrada de camión Finaliza: salida de camión



Empresa: Metrogas	Procedimiento de Certificación de Unidades de Transporte	Página: 9 de 11
Autor: Rolando Díaz	Diagrama de Flujo Mejorado 21 de septiembre del 2006	Inicia: entrada de camión Finaliza: salida de camión







Empresa: Metrogas	Procedimiento de Certificación de Unidades de Transporte	Página: 10 de 11
Autor: Rolando Díaz	Diagrama de Flujo Mejorado 21 de septiembre del 2006	Inicia: entrada de camión Finaliza: salida de camión



Empresa: Metrogas	Procedimiento de Certificación de Unidades de Transporte	Página: 11 de 11
Autor: Rolando Díaz	Diagrama de Flujo Mejorado 21 de septiembre del 2006	Inicia: entrada de camión Finaliza: salida de camión

### Resumen

<b>Figura</b>	<b>Descripción</b>	<b>Cantidad</b>	<b>Distancia (metros)</b>	<b>Tiempo (segundos)</b>
	Operación	26	-----	2231
	Inspección	101	-----	9207
	Transporte	3	35	185
<b>D</b>	Demora	0	-----	0
	Almacenaje	0	-----	-----
	<b>Total</b>	135	35	11623 seg = 3.2 horas

**Fuente:** Rolando Díaz

### 3.3 Operaciones mejoradas

El procedimiento de certificación de unidades de transporte tiene una duración bastante extensa, debido a la gran variedad de operaciones que conlleva. La reducción del tiempo total del procedimiento, sin disminuir la calidad de las operaciones, aumentaría el rendimiento del proceso. Para ello, se aplicaron cuatro cambios importantes:

1. El orden de las operaciones de inspección debió de ser modificado para facilitar la fluidez del proceso completo, buscando revisar los elementos consecutivos físicamente unos a otros, para economizar el tiempo de traslado del inspector de un elemento al otro, y de una inspección a la siguiente. Entonces se agruparon las operaciones realizadas en la misma área física o cercanas entre sí de las unidades de transporte, para con ello, lograr reducir el tiempo ineficaz de espera o traslado de un lugar a otro. Esta nueva disposición de operaciones fue detallada en el diagrama de flujo del proceso presentado en el punto 3.2 (ver figura 2, pág. 84).
2. La eliminación de operaciones innecesarias reduce también el tiempo del proceso, pues existen operaciones realizadas sin un fin real o útil. En este caso se eliminaron las operaciones de inspección visual externa de las válvulas, tanto la de emergencia, como la de descarga, en donde simplemente se observaba si las válvulas e interruptores se encontraban presentes.

Debido a que la existencia de una unidad de transporte no tendría sentido si no presenta ambas válvulas, y adicionando que estas serán revisadas técnica y funcionalmente en la prueba hidráulica y neumática, era inadecuado realizar una inspección visual.

3. Existían operaciones que se daban separadas, cuando al realizarlas juntas se podría obtener un mejor rendimiento y agilización del proceso. El descenso de la parte superior de la unidad se combinó con la inspección de la escalera; la conexión de la válvula de descarga con la manguera del compresor se unió con la conexión de esta última con el manómetro y el encendido del compresor; de la misma manera, la desconexión de las anteriores mangueras se unió con la desactivación del compresor; la revisión de vidrios se unió con la de espejos; la revisión de la fijación se unió con la de la amortiguación; la revisión de la pintura del tanque, que requería de rondar completamente a la unidad, se unió con las otras que necesitaban lo mismo: revisión de abolladuras y corrosión del tanque; y finalmente se unió en una sola operación el chequeo de los tres *bumpers* (frontal, trasero y lateral).
  
4. Actualmente, existen algunas operaciones en el procedimiento de inspección de unidades de transporte, que obligan al inspector a detener su trabajo, para esperar el cumplimiento de determinada condición, como el llenado y vaciado de agua de todos los compartimientos para la prueba hidráulica. Para aprovechar este tiempo ocioso, se debió unir este lapso con otra actividad que no interviniera físicamente con el llenado y vaciado de los compartimientos.



De esta manera, mientras se llena un compartimiento con agua, el inspector no se encuentra esperando, sino realizando operaciones de inspección visual externa; asimismo durante el vaciado de los compartimientos, el inspector se dedica a realizar la prueba de espesores. Para lograr colocar paralelamente estas operaciones, se debió reacomodar todo el proceso, iniciando el proceso de certificación por las inspecciones visuales internas, pues son las únicas operaciones que se ven afectadas directamente con el llenado y vaciado de los compartimientos del tanque de la unidad. Ya realizadas estas, se procede al llenado de los compartimientos, para al mismo tiempo, realizar las inspecciones visuales externas. Después del vaciado (paralelo a la prueba de espesores), se realiza la prueba neumática, terminando con ésta la inspección. Este nuevo sistema fue detallado gráficamente en el numeral 3.2, dentro del diagrama de flujo del proceso de certificación.

Con estos cuatro importantes cambios, el tiempo total de proceso disminuyó considerablemente. El proceso actual tardaba aproximadamente 4.8 horas, mientras que el mejorado, realizando casi las mismas operaciones, únicamente ordenadas, tarda aproximadamente 3.2 horas. Esto permite realizar más inspecciones diarias, atendiendo cada operación con el tiempo justo, buscando más calidad, sin agotar al inspector. Además, los conductores de las unidades recibirían su certificación más rápidamente, permitiéndoles dirigirse inmediatamente a los lugares de trabajo requeridos, o incluso, directamente al Ministerio de Energía y Minas, para la tramitación de la licencia con la certificación en mano.

### 3.4 Estudio de mejoras

La creación de bienes y servicios requiere transformar los recursos en dichos bienes y servicios. Cuanto más eficazmente se realice esta transformación, tanto más productivo será el proceso.

Por ello, productividad es la proporción de *outputs* (bienes y servicios) dividida por los *inputs* (recursos como trabajo o capital). El trabajo consiste en potenciar (mejorar) la proporción entre *outputs* e *inputs*. Mejorar la productividad significa mejorar la eficiencia.

El indicador de la productividad se mide siempre por unidad de tiempo. Esto se resume en la siguiente igualdad:

Productividad = unidades despachadas / *inputs* empleados

Considerando lo anterior junto con los tiempos utilizados en la figura 1, la productividad del proceso actual de inspección de unidades de transporte es el siguiente:

Productividad =  $\frac{\text{unidades despachadas}}{\text{horas de trabajo empleadas}}$  =  $\frac{20}{96}$  = 0.21 unidades por hora actual

Ahora utilizando los tiempos estandarizados de la figura 2, la productividad del proceso mejorado de inspección de unidades de transporte es el siguiente:

$$\text{Productividad} = \frac{\text{unidades despachadas}}{\text{horas de trabajo empleadas}} = \frac{20}{64} = 0.31 \text{ unidades por hora mejorada}$$

Se puede observar que la productividad del proceso mejorado (0.31) es mayor que la productividad del proceso actual (0.21) en 0.10 unidades por hora. Esto debido a que se redujo el tiempo total de inspección de una unidad de transporte (ver punto 3.2, pág. 83). Con este incremento, trabajando 10 horas diarias promedio, se puede inspeccionar un camión más cada día:

$$0.10 \text{ unidades por hora} \times 10 \text{ horas diarias} = 1 \text{ unidad diaria extra}$$

### **3.5 Nueva hoja de control de inspecciones**

Esta es la propuesta para una nueva hoja de control para las inspecciones de las unidades de transporte y su certificación. (Ver Apéndice, figura 7, pág. 165)

La primera parte de la hoja de inspección consta de un encabezado de la empresa, adjuntando datos de sus teléfonos. Más a la derecha, se encuentra el correspondiente correlativo de la hoja de inspección, indicando si al final de la inspección se aprobó o rechazó la unidad.

Después se encuentra un espacio para llenar datos de la fecha de la inspección, fecha de vencimiento de la inspección (3 años después de la fecha de inspección), nombre de la empresa transportista, propietario de la misma, teléfono de la empresa, número y color de la unidad, capacidad (galones) y número de compartimientos, placas del camión y de la pipa, número de chasis y de motor, y el nombre del inspector que llevará a cabo las operaciones de inspección.

A diferencia de la hoja de inspección actual, los datos están definidos y ordenados correctamente, y no dan lugar a confusiones.

A continuación se encuentran enlistados cada uno de los elementos que conforman la inspección visual externa, ordenados según la disposición propuesta en el procedimiento mejorado (ver punto 3.2, pág. 83). En el espacio de la primera columna anexa a cada elemento, se debe marcar con un cheque (√) o una equis (x) si dicho elemento es aprobado o rechazado respectivamente. La segunda columna deberá de ser utilizada con el mismo fin, pero para la segunda inspección (si fuera necesaria).

Si el inspector siguiera al pie los nuevos lineamientos de el procedimiento mejorado, iría marcando consecutivamente los elementos desde el primero (antideslizante y antivuelcos), hasta el último (conexión a tierra).

Se agregó el elemento de inspección de fugas de aceite en el motor, que antes se encontraba en la inspección visual interna, además de la requisición de una bandeja de derrame, punto que estaba perdido, al igual que el chequeo del rótulo de identificación de material y de la placa de identificación del tanque.

Se encontraba erróneamente repetido el elemento de las mangueras de descarga, por lo que se eliminó la repetición. Se eliminaron los puntos referentes a los *manholes*, válvulas de alivio y empaques, pues estos pertenecen a la inspección visual interna, no a la externa. También se eliminaron los puntos de las válvulas de emergencia y de descarga, pues pertenecen a las pruebas mecánicas, no a la inspección visual externa.

En la parte media de la hoja se encuentra el espacio para calificar los elementos pertenecientes a la inspección visual interna, ordenados, de la misma manera que los elementos visuales externos, según el registro del procedimiento mejorado (ver punto 3.2, pág. 83), contando también con dos columnas para primera y segunda inspección respectivamente.

Se separó de este conjunto de elementos a la inspección de las fugas de aceite en el motor, pues esta pertenece a la inspección visual externa, no a la interna. Además, se excluyó a la guía de calibración, pues la inspección de este elemento se encuentra incluida en la revisión de las fichas de engrase. Se agregaron espacios para considerar a los *manholes*, a sus empaques y sus válvulas de alivio.

Seguidamente, se encuentra el área destinada a la prueba de estanqueidad y la prueba neumática, con el orden de elementos ya explicados anteriormente. En la primera prueba, se eliminó el espacio de fugas, debido a que este será cubierto individualmente dentro de cada elemento, y no en general. Además se añadió una parte para examinar las fugas de agua en la parte baja del tanque.

En el área de la prueba de presión neumática (ver Apéndice, figura 7, pág. 165) se eliminó el lineamiento de fugas de la misma manera y por las mismas razones que en la prueba de estanqueidad. Similarmente se adicionaron controles para los *manholes*, para la válvula de alivio y para las fugas en la parte baja del tanque.

Finalmente se encuentra el campo para la prueba de espesores, la cual se divide en cuatro partes: la prueba en el frente, en la parte trasera y en cada uno de los laterales del tanque. En cada parte existe espacio para colocar las 12 medidas correspondientes a cada división en pulgadas.

Hasta abajo, se encuentra un espacio para anotar los comentarios. Estos deberán indicar todos los puntos de la unidad rechazados al final de la inspección, indicando claramente las razones de su desaprobación. A la derecha se encuentra el área destinada para que el inspector ponga su firma, para asegurar que toda la información encontrada en la hoja de inspección fue escrita y verificada por él mismo.

Aplicado a toda la hoja de inspección, se realizó un cambio estético, ortográfico y gramatical. Se trató de realizar una hoja de inspección más atractiva, se cuidaron profundamente las faltas ortográficas, y se enfatizó en crear una hoja de control clara, en donde las palabras se entendieran y no dieran cabida a confusiones.

Además de estos cambios de forma, se realizaron transformaciones de fondo, variando el orden de los elementos, y su distribución dentro de la hoja de inspección, añadiendo, moviendo y eliminando con fines de eficiencia algunos detalles de la antigua hoja de inspección, para al mismo tiempo, hacer más sencillo el registro de información.





## **4. NORMAS DE SEGURIDAD E HIGIENE**

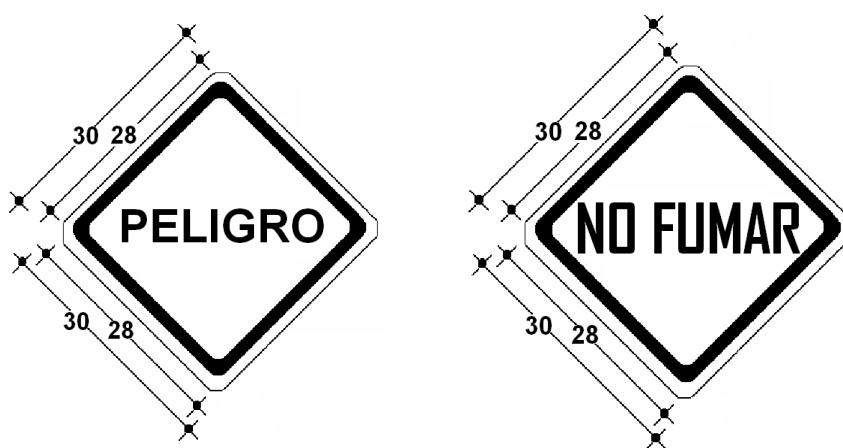
### **4.1 Cambios en las condiciones inseguras**

Para la seguridad del personal, de las instalaciones, y de los clientes y alrededores de Metrogas, se deben considerar los siguientes cambios en las condiciones de seguridad de la empresa:

- Colocar carteles visibles, claros y llamativos con la palabra PELIGRO y con la frase NO FUMAR, para anunciar el riesgo del material inflamable manejado dentro de la planta, por lo menos, en los siguientes lugares:
  - a) En los tanques de almacenamiento de agua, pues contienen un porcentaje de material inflamable.
  - b) En el lugar de inspección de las unidades de transporte de hidrocarburos.
  - c) En el lugar de soldadura de tanques.
  - d) En el estacionamiento de las unidades de transporte de Hidrocarburos.

Estos carteles deberán ser de una plancha de aluminio de 0.08 plg de espesor aproximadamente, coloreados con pintura de spray de poliéster (con el fondo amarillo y las letras negras), y dimensionados en centímetros de la siguiente manera:

**Figura 3** Carteles de prevención

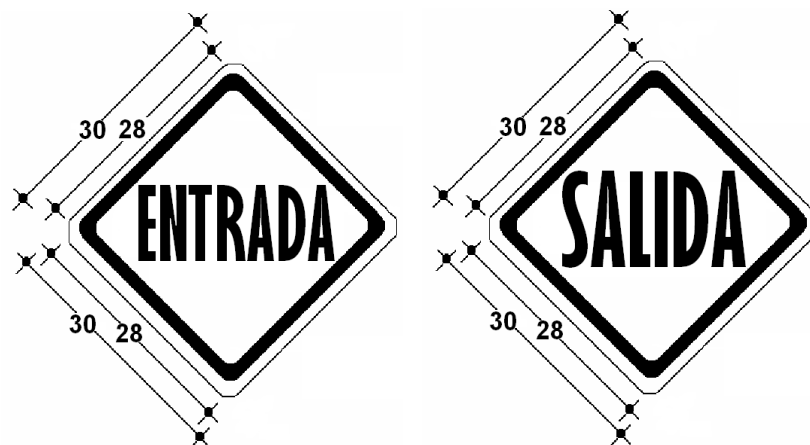


**Fuente:** Rolando Díaz

- Ordenar de manera completa el área de trabajo, levantando el material regado por todo el lugar, para tener acceso fácil, sin obstáculos que impidan la libre circulación peatonal, principalmente con fines laborales.
- Reemplazar la torre metálica que facilita la inspección de las unidades de transporte por una torre nueva (ver figura 6, página 112). Esto disminuirá el riesgo de accidentes de las personas que la utilicen.

- Aplicar un tratamiento de aguas trimestral a los tanques de almacenamiento utilizados en las instalaciones de inspección, para eliminar todo tipo de plagas y enfermedades que estos puedan producir, y para mejorar el ambiente cercano a ellos.
- Enterrar la tubería utilizada para la distribución de agua para despejar el área de trabajo de obstáculos.
- Colocar carteles de señalización de rutas de entrada, estacionamiento y áreas de inspección de la empresa, para estandarizar la entrada, parqueo, movimiento hacia las diferentes áreas de inspección y salida de las instalaciones de las unidades. Estos deberán ser de una plancha de aluminio de 0.08 plg de espesor, coloreados con pintura de spray de poliéster (con el fondo amarillo y las letras negras).

**Figura 4 Carteles de señalización (medidas en centímetros)**



Fuente: Rolando Díaz

- Además de la medida anterior contra el sol, se les debe facilitar un protector solar.
  
- Proporcionar a los inspectores dispensadores de agua potable para su hidratación.
  
- Dotar a los inspectores de uniformes de trabajo, especiales y no inflamables, resistentes a altas temperaturas.
  
- Prohibir la entrada a las instalaciones de la empresa a personas ajenas a la misma.
  
- Establecer basureros metálicos en las áreas de inspección, en los estacionamientos y en el área de tanques.
  
- Arreglar los baños externos de tal manera que funcionen correctamente, e inspeccionar periódicamente que se encuentren en buen estado e higiénicamente controlados.
  
- Deberá habilitarse por lo menos un chorro o toma de agua cercano al área de inspección, para utilizar en caso de incendio menor.

- Deberá habilitarse dentro del perímetro de trabajo, un recipiente que contenga bolsas llenas de arena seca de río, que totalicen medio metro cúbico, para utilizar en caso de un incendio pequeño.
  
- Debe considerarse la instalación de un sistema aéreo de irrigación de agua para contrarrestar los efectos del fuego en una emergencia dada en los tanques.
  
- Cada 6 meses deben de realizarse simulacros realistas de emergencias, para mantener alerta a los trabajadores.
  
- Debido a lo riesgoso del trabajo, la empresa Metrogas debe contratar los servicios de un médico que se encuentre en la cercanía de sus instalaciones, y que se encuentre totalmente disponible al momento de requerir sus servicios ante cualquier emergencia.
  
- Para el caso de una emergencia mayor, el personal siempre deberá tener a la mano un teléfono en buen estado, a través del cual se pueda establecer comunicación con las autoridades correspondientes.

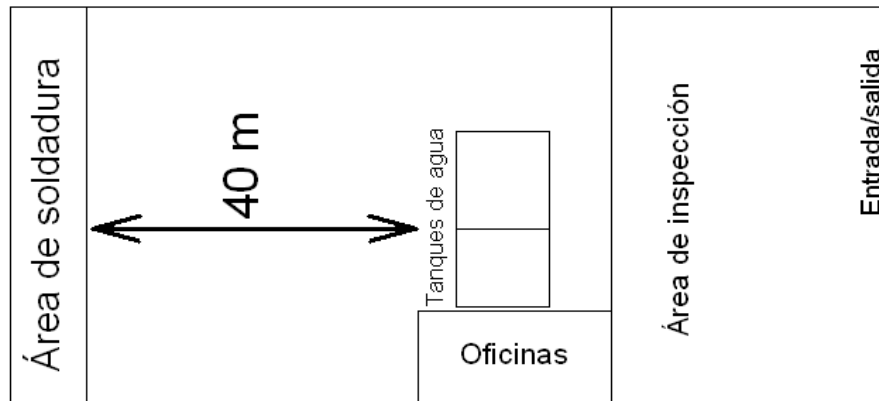
- Se debe armar un botiquín de primeros auxilios completo, para tenerlo a la mano ante cualquier lesión o enfermedad leve, o como preparación ante un accidente mayor, en espera de las autoridades de emergencia correspondientes. Este deberá de ser una caja de madera, y deberá contener al menos lo siguiente: alcohol, agua oxigenada, algodón, aspirinas, acetaminofén, antihistamínicos, medicinas estomacales, entre otros. Deberá estar ubicado en la oficina de servicio al cliente de la empresa Metrogas.

#### **4.2 Cambios en los actos inseguros**

Para la seguridad del personal, de las instalaciones, y de los clientes y alrededores de Metrogas, se deben considerar los siguientes cambios en los actos de seguridad de la empresa:

- Ubicar el área de soldadura de la empresa de manera que la distancia mínima hasta el área de inspección sea de 40 metros, para seguridad del personal y de las instalaciones (ver Figura 5, pág. 111).

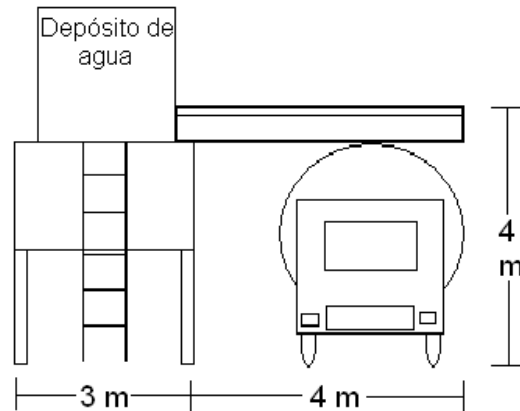
**Figura 5 Plano mejorado de las áreas de trabajo de Metrogas**



**Fuente:** Rolando Díaz

- Establecer dentro del equipo de seguridad un casco protector para evitar golpes en la cabeza de los inspectores durante los traslados bajo los tanques, y sobre la torre de inspección. El casco deberá ser de clase “E”, tipo I, según la norma de requerimientos de seguridad industrial para protección de la cabeza del Instituto Nacional Estadounidense de Estándares (ANSI en sus siglas en inglés). El color deberá ser amarillo, y un posible proveedor es la empresa Fabrigas.
- Agregar una rampa de seguridad a la torre de inspección, para fortalecer la seguridad de los inspectores que suben a los tanques de las unidades de transporte, con el diseño siguiente:

**Figura 6 Torre mejorada**



**Fuente:** Rolando Díaz

- Añadir al equipo de seguridad guantes de cuero protectores contra riesgos mecánicos, químicos y térmicos de nivel de prestación 2, según la norma del Instituto Nacional Estadounidense de Estándares (ANSI en sus siglas en inglés). Estos protegerán las manos de los inspectores, para evitar accidentes con las partes metálicas de las unidades de transporte, y para prevenir choques eléctricos. Fabrigas es un posible proveedor de este producto.
- Utilizar zapatos especiales anti-deslizamientos de cuero y con punta de acero para ofrecer mayor seguridad al inspector al momento de movilizarse por la escalera y sobre el tanque de las unidades de transporte. El probable proveedor de este producto es Rhino.



- Al momento de inspeccionar la parte interna de los tanques de las unidades de transporte, trabajar portando una mascarilla, para evitar problemas respiratorios por las partículas que se manejan en ese ambiente. Esta mascarilla puede ser una 3M, 8833, según las normas de Instituto Nacional de Salud y Seguridad Ocupacional (NIOSH en sus siglas en inglés). Esta es una mascarilla autofiltrante de partículas, nieblas y humos metálicos. Protege contra el polvo fino y aerosoles, y tiene una válvula de alta ventilación, que reduce la acumulación del calor. Un posible proveedor de este producto es la empresa Fabrigas.

### **4.3 Normativo de seguridad para el procedimiento de inspección de unidades de transporte**

#### **4.3.1 Equipo de protección personal**

El personal de inspección de unidades de transporte de hidrocarburos, deberá utilizar como mínimo el siguiente equipo de protección personal:

- Guantes protectores contra choques eléctricos
- Casco protector y mascarilla protectora
- Pantalón y camisa resistentes a altas temperaturas y no inflamables
- Zapatos antideslizantes
- Gorra de la empresa y protector solar
- chaleco reflectivo
- Cincho protector de cintura

### **4.3.2 Seguridad durante las operaciones de inspección**

El inspector de la empresa deberá de cumplir con las siguientes normas de seguridad mientras realiza los procedimientos de inspección de unidades de transporte de hidrocarburos:

#### **4.3.2.1 Preparación de la unidad de transporte**

La preparación segura de la unidad de transporte para su inspección se debe dar de la siguiente manera:

- A la llegada de la unidad de transporte, el inspector debe de guiar al conductor, ya sea hacia el área de estacionamiento, o hacia el área de inspección, cuidando que no existan obstáculos en el camino, ni humanos, ni materiales. Lo mismo deberá de suceder a cada momento que la unidad de transporte necesite ser trasladada de un lugar a otro.
  
- Al detener la unidad de transporte en el área de inspección, el inspector debe asegurarse que el conductor del camión accione el freno correspondiente para garantizar la inmovilización de la unidad durante su inspección.

- Estando ubicada la unidad de transporte en el área de inspección, se le deberán colocar como mínimo cuatro bloques de madera en las llantas para evitar su rodamiento.
- El inspector deberá de asegurarse que el tanque de la unidad de transporte se encuentre totalmente vacío y libre de hidrocarburos y materiales inflamables
- En el caso que el tanque no se encuentre vacío, deberá depositar el material dentro de contenedores metálicos especiales para esa función, para después colocarlo en los tanques de almacenamiento respectivos de desechos.

#### **4.3.2.2 Inspección visual externa**

- El motor de la unidad de transporte deberá encontrarse apagado durante todas las operaciones de inspección visual externa, salvo en los puntos que sea extremadamente necesario, como en la revisión de freno de motor, del *Master switch*, etc.
- Cuando se de la necesidad de subir al tanque de la unidad de transporte, el inspector debe asegurar su posición en la escalera subiendo paso por paso, sosteniéndose firmemente con ambas manos.

- Todos los elementos revisados deberán tratarse con las herramientas correspondientes. Las partes eléctricas, como baterías, seguros y cables eléctricos, deberán manejarse con pinzas, desarmadores, llaves, etc., evitando en la medida de lo posible, arriesgar las manos y demás partes del cuerpo del inspector.
- La torre de inspección deberá de ser utilizada correctamente para observar la parte superior de los tanques, sosteniéndose de ella para asegurar la estabilidad del inspector y evitar un posible accidente.
- Tres metros alrededor de la unidad de transporte deberá encontrarse despejada, para evitar accidentes cuando se necesite arrancar el motor, colocar retroceso, probar los frenos, entre otros.

#### **4.3.2.3 Inspección visual interna**

- El motor de la unidad de transporte deberá encontrarse apagado durante todas las operaciones de inspección visual interna.
- La torre de inspección deberá de ser utilizada correctamente para observar la parte superior de los tanques, sosteniéndose de ella para asegurar la estabilidad del inspector y evitar un posible accidente.

- Antes de revisar cualquier elemento interno del tanque de una unidad de transporte, el inspector deberá abrir los *Manholes* para que se eliminen las emisiones y niveles de gas existentes en la atmósfera interna.
- En los *manholes* del tanque de la unidad de transporte, el inspector deberá colocarse de manera que la tapadera del *manhole* lo resguarde en el momento de abrirlos, por el caso que algunas partículas o gases salgan con gran fuerza. Es de recordar que los diferentes compartimientos se encuentran llenos de gases a presión, que fácilmente podrían lanzar objetos desde dentro del tanque.
- El inspector nunca deberá de accionar una linterna, luz, o cualquier aparato eléctrico que pueda provocar una ignición, cuando se encuentre en las entradas del tanque.
- Cuando se necesite observar la parte interna del tanque de una unidad de transporte, a través de los *Manholes*, el inspector no debe de mantener mucho tiempo su cabeza dentro del mismo, y se debe de evitar en la medida de lo posible hacerlo

#### **4.3.2.4 Pruebas de inspección**

- El motor de la unidad de transporte deberá encontrarse apagado durante todas las pruebas de inspección.

- Durante todas las pruebas debe asegurarse la inmovilización de la unidad de transporte mediante el freno correspondiente y mediante los bloques de madera colocados en las llantas.
- Al terminar la prueba de presión hidráulica, el agua del tanque de la unidad de transporte deberá descargarse en los tanques de almacenamiento destinados para ello.
- Cuando se descarga el aire comprimido ingresado al tanque de la unidad de transporte, después de la prueba de presión neumática, el inspector debe asegurarse que no haya ninguna persona frente a la válvula de descarga, pues a través de esta se expulsa el aire que sale con una gran presión, arrastrando consigo posibles materiales encontrados dentro del tanque.

#### **4.3.3 Otras normas de seguridad**

- En el caso de un incendio mayor, de un terremoto, o de cualquier otro desastre que se puede dar en las instalaciones de la empresa, todo el personal deberá salir por la única puerta de salida existente. Esta puerta siempre se encontrará abierta en horas hábiles, tanto para el ingreso de unidades de transporte, como para el egreso de personal en caso de una emergencia.

- Toda la basura deberá depositarse en los recipientes designados especialmente para ello, evitando dejar desechos en el suelo.
  
- Ninguna persona ajena a la empresa y a la unidad de transporte en revisión deberá encontrarse presente en el área de trabajo durante una inspección.
  
- Deberá suspenderse la inspección de una unidad de transporte si se da una situación de tormenta eléctrica.
  
- No se llevarán a cabo operaciones de soldadura y otras, que representen un riesgo de incendio en las cercanías del área de inspección.
  
- Los extintores deberán revisarse cada 4 meses, para carga y mantenimiento.
  
- En caso de un incendio menor o pequeño, se podrá utilizar el siguiente equipo para contrarrestar el fuego:
  - Extintores
  - Bolsas de arena
  - Agua a través de los chorros.

- El sistema automático de irrigación aéreo deberá estar siempre encendido durante las horas de trabajo.
  
- Dentro de las instalaciones de la empresa, no se podrán portar o encender:
  - Cigarrillos
  - Cerillos
  - Estufas
  - Hornos
  - Quemadores
  - Tostadores
  - Juegos pirotécnicos
  - Cualquier otra fuente de calor o ignición
  
- Cuando ocurra un accidente leve, o alguien del personal se encuentre con malestares de salud, se pueden utilizar los productos disponibles en el botiquín que se encontrará siempre a la mano en la oficina: alcohol, agua oxigenada, algodones, antiácidos, antigripales, etc.
  
- Ante cualquier eventualidad o accidente de más gravedad, el personal afectado deberá ser atendido por el equipo médico contratado por la empresa.



- En caso de un incidente mayor, llamar inmediatamente a los teléfonos de emergencia correspondientes:

- Bomberos Voluntarios	122
- Bomberos Municipales	123
- Policía Nacional	110/120
- Cruz Roja	125
- Conred	119
- Ambulancias IGSS	23606168



## **5. PROGRAMA DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO PARA LAS UNIDADES DE TRANSPORTE**

### **5.1 Elementos aplicables a mantenimiento preventivo en las unidades de transporte**

Para la protección de una unidad de transporte, se deben de cuidar, uno a uno, sus elementos, para lograr un sistema integral de mantenimiento que haga que la vida útil de las unidades de transporte se maximice. Los elementos de las unidades de transporte que serán tratados en este capítulo para aplicación de un programa de mantenimiento preventivo, componen el siguiente inventario, siendo identificado cada elemento con un código, el cual consta de una letra, y un número. La letra indica el área mecánica a la que pertenece el elemento (B de bombas, F de filtros, S de sistema eléctrico, E de elementos del cabezal, V de válvulas, y O de otros elementos), mientras que el número representa el elemento específico a tratar. Así B1 será el primer elemento del área de bombas, es decir, la bomba de agua; S3 será el tercer elemento del área del sistema eléctrico, es decir, las luces, y así respectivamente.

## **Inventario**

- Bombas (B)
  
- Filtros (F)
  
- Sistema Eléctrico (S)
  
- Elementos del Cabezal (E)
  
- Válvulas (V)
  
- Otros Elementos (O)

### **5.2 Diseño del programa de mantenimiento preventivo para los elementos de las unidades de transporte**

El diseño del mantenimiento preventivo de los elementos que conforman las unidades de transporte se divide en:

## **5.2.1 Mantenimiento preventivo de bombas**

Las bombas a las que se les aplicará un mantenimiento preventivo son las siguientes:

### **5.2.1.1 Bomba de agua y líquido refrigerante**

Cuando la bomba de agua causa problemas, la mejor opción es reemplazarla por una nueva. Se realiza una inspección de esta bomba cada 5 mil kilómetros. En el caso del líquido refrigerante, se deberá de inspeccionar su nivel antes de cada viaje largo, debido a que es un elemento vital para el enfriamiento del motor.

### **5.2.1.2 Bomba de aceite**

El mantenimiento preventivo para la bomba de aceite se da realizando la siguiente revisión, cada 10 mil kilómetros:

#### **Procedimiento**

1. Desmontar el carter del motor.
2. Aflojar los tornillos de sujeción de la bomba.

3. Verificar el estado del colector de aceite.
4. Verificar el estado de los engranajes.
5. Si los engranajes están desgastados, proceder al reemplazo de la bomba.

### **5.2.1.3 Bomba de combustible**

El procedimiento de mantenimiento de la bomba de combustible incluye lo siguiente:

1. Comprobar una vez al año la correcta funcionalidad de la bomba de combustible en un laboratorio automotriz especializado.
2. Purgar anualmente el aire del sistema de combustión.

## **5.2.2 Mantenimiento preventivo de filtros**

### **5.2.2.1 Filtros de combustible**

El mantenimiento preventivo de los filtros de combustible consta de dos partes: el drenaje y el cambio. El drenaje es definido como la limpieza de los sedimentos acumulados en el filtro. Este procedimiento se debe de llevar a cabo cada 5 mil kilómetros aproximadamente. El cambio de filtros se debe de llevar a cabo cada 10 mil kilómetros aproximadamente.

## Procedimiento

1. Se coloca un recipiente debajo de la llave de drenaje de combustible.
2. Se abre la llave de drenaje, desechando la gasolina almacenada junto con los sedimentos que la acompañan
3. Se afloja el perno central.
4. Se remueve la caja del filtro.
5. Se remueven los filtros viejos.
6. Se limpian las superficies cercanas que pudieran haberse ensuciado.
7. Se colocan los nuevos filtros.
8. Se colocan los nuevos empaques del filtro.
9. Se debe de purgar el aire del sistema de combustible.

### **5.2.2.2 Filtro de aire**

El mantenimiento del filtro de aire se divide a su vez en limpieza y cambio. La limpieza se debe de realizar cada 5 mil kilómetros aproximadamente. Esta se lleva a cabo limpiando cuidadosamente el polvo e impurezas acumuladas en el filtro de la siguiente manera:

## Procedimiento

1. Extraiga el filtro de aire.
2. Compruebe que el papel filtrador no está contaminado.
3. Verificar que el papel filtrador no se encuentre dañado.
4. Limpiar la cubierta de polvo.
5. No sacar el elemento interno a menos que sea necesario cambiarlo.
6. Nunca limpie el elemento interno con aire comprimido.
7. Coloque de nuevo el filtro de aire.
8. Cada 15 mil kilómetros se debe de realizar el cambio de filtro de aire. Este procedimiento se limita a la extracción del filtro viejo y a la colocación de uno nuevo.

### **5.2.2.3 Aceite y filtros de aceite de motor**

El mantenimiento preventivo del aceite y de los filtros del aceite de motor se realizan al mismo momento. Este procedimiento consiste en el reemplazo de ambos elementos viejos, por unos nuevos, cada 5 mil kilómetros, de la siguiente manera:



## Procedimiento

1. Aflojar el tapón del suministro de aceite.
2. Quitar los tapones de drenaje del fondo del carter.
3. Drenar completamente el aceite viejo.
4. Remover la caja del filtro
5. Limpiar todas las piezas
6. Tirar los elementos filtrantes.
7. Reemplazarlos por nuevos
8. Montar todos los elementos desmontados.
9. Agregar el aceite nuevo.

### **5.2.3 Mantenimiento preventivo del sistema eléctrico**

#### **5.2.3.1 Batería**

Las baterías conllevan el siguiente proceso de mantenimiento preventivo cada 5 mil kilómetros:

1. Se comprueba que las terminales no se encuentren mal ajustadas.
2. Se verifica el nivel del electrolito.
3. Se limpian las terminales de sarro y otros sedimentos.
4. Se comprueba su nivel de carga.

### **5.2.3.2 Fusibles**

Para el mantenimiento preventivo de los fusibles eléctricos, se deben de seguir las siguientes reglas:

1. Cuando un fusil se quema, es necesario determinar la causa por la cual ocurrió.
2. Se deben utilizar únicamente fusibles con el amperaje recomendado por el circuito.
3. Siempre se deben llevar fusibles de repuesto para cualquier emergencia.

### **5.2.3.3 Luces y pide vías**

Las luces altas, bajas, laterales, traseras y pidevías requieren un cambio de bombillas cada cierto tiempo:

- Antes de cada viaje nocturno, se debe de revisar el funcionamiento de las luces altas, bajas, laterales, traseras y pidevías.
- Se deben de tener a la mano bombillas de repuesto para cada una de las anteriores.
- En caso de fallar alguna, se debe reemplazar por una nueva.
- Se debe tomar en cuenta el tiempo de vida estipulado por el fabricante de los repuestos al momento de realizar un cambio.

## **5.2.4 Mantenimiento preventivo de elementos del cabezal**

### **5.2.4.1 Motor de arranque**

Para aplicar un correcto mantenimiento preventivo al motor, se deberá tomar en cuenta lo listado a continuación:

#### Procedimiento

1. Nunca accionar el arranque con una marcha engranada.
2. Cuando el motor no arranque, dejarlo libre por un mínimo de 30 segundos antes de un nuevo intento.
3. Nunca debe encender el arranque por más de 10 segundos sin interrupción.
4. Nunca accione el arranque cuando el motor se encuentre arrancado.
5. Nunca soltar la llave de contacto inmediatamente después que el motor comience a funcionar.
6. Revisar el estado de los dientes del piñón satélite cada 10 mil kilómetros.
7. Chequear el estado de las escobillas cada 10 mil kilómetros.
8. Verificar el estado del embrague cada 10 mil kilómetros.
9. Comprobar el buen estado de los cojinetes cada 10 mil kilómetros.
10. Realizar una inspección de circuito abierto en la bobina de enganche cada 15 mil kilómetros.

#### **5.2.4.2 Palanca de cambios y freno de estacionamiento**

Ambos mecanismos son accionados por medio de cables, por lo que se debe verificar el estado de los mismos, que no se encuentren pelados o mal empalmados o en exposición, pues deben encontrarse bien protegidos. Esta revisión debe darse cada 30 mil kilómetros recorridos.

#### **5.2.5 Mantenimiento preventivo de válvulas**

Las válvulas tienen un largo período de vida, y no requieren muchos servicios de mantenimiento. Básicamente se necesita lo siguiente:

##### **1. Lubricación**

- Se deben lubricar los bonetes, por lo menos, una vez al año.
- La lubricación se debe realizar cada tres meses si es operada con mucha frecuencia, en condiciones severas o corrosivas.
- Se debe realizar cada seis meses si es operada regularmente.
- El tipo de lubricante dependerá de las condiciones de servicio de la válvula, como la temperatura, el tipo de combustible contenido, etc.
- El lubricante se utilizará para reducir la fricción y como lubri-sellante.
- El vástago debe mantenerse lubricado, limpio y libre de polvo.

## **2. Cambio de empaques**

- En el momento de notarse una ligera fuga (de gotas) en las válvulas, se procederá a realizarle un cambio de empaques a las válvulas.
- Deberá realizarse como mínimo una vez al año.
- Al seguir operando las válvulas con fuga, se dañan las mismas.

## **3. Otros cuidados**

- Ajustar las palancas de las válvulas manualmente, sin forzar los empaques.
- En caso de que permanezcan mucho tiempo sin ser operadas, deberán abrirse y cerrarse periódicamente para mantenerlas en buen estado.
- Deben tratar de mantenerse en lo posible, cubiertas y protegidas de polvo, lluvia, óxido, etc.

### **5.2.6 Mantenimiento preventivo de las mangueras de descarga**

Las mangueras instaladas en operación no tienen muchas posibilidades de protección, por el tipo de trabajo y el lugar, pero si se puede cuidar la manguera almacenada de la siguiente manera:

## **1. En almacenamiento:**

- El caucho es un material orgánico, y como tal, sufre una degradación de sus propiedades con el paso del tiempo. Después de cinco años, una manguera no mantiene íntegramente sus propiedades, y después de diez años, debe de ser reemplazada.
  
- Se debe evitar que la humedad, las elevadas temperaturas, disolventes corrosivos, materiales radioactivos, y otros entren en contacto directo con la manguera.
  
- Se debe de limpiar la manguera del polvo, humo, insectos, roedores y demás desechos, después de cada uso.
  
- La manguera se debe almacenar en un lugar limpio, seco y relativamente oscuro.
  
- Se debe evitar almacenarla de forma enrollada. Más bien se debe de guardar en forma estirada.
  
- Si ocurriese algún daño a las terminales de la manguera, no deberán soldarse estando aún unidos a la manguera, pues pueden dañar los tejidos de la misma.

- Una vez deteriorada la manguera, al momento del reemplazo, se pueden conservar las terminales para utilizarlas de nuevo con otra manguera de igual diámetro.

## **2. En operación:**

- Durante la carga o descarga de material, las mangueras no deben utilizarse totalmente rectas ni estiradas, sino que se debe dejar formar un ligero arco.
- La manguera no se debe torcer ni girar al momento de conectar las terminales.
- La manguera no debe ser apoyada sobre cantos vivos o cortantes. Si fuera necesario el apoyo, realizarlo sobre cantos redondos.
- Para colgar o sostener la manguera no se deben de utilizar cuerdas ni cadenas. Para ello utilizar bandas de elevación de caucho.
- Evitar todo rozamiento de la manguera con el suelo.
- No exponer la manguera a pesos excesivos.

- No extralimitarse de las presiones de trabajo preescritas en la ficha técnica del fabricante de la manguera.
- No se debe pasar sobre la manguera con ningún medio mecánico: vehículos, carretillas, etc.

### **5.2.7 Mantenimiento preventivo de las llantas**

Los neumáticos son una parte vital de las unidades de transporte, pues ellos determinan gran parte de la estabilidad y movilidad del vehículo:

#### **1. Comprobación de la presión:**

- Con un manómetro neumático se debe medir la presión de cada una de las llantas.
- Dependiendo del tamaño de las llantas, así será la presión requerida (consultar las indicaciones de los neumáticos).
- Si la presión se encuentra por debajo, o por arriba de la requerida, agregarle o sustraerle aire, respectivamente, hasta llegar al punto de presión.



## **2. Alineación y balanceo:**

- Se debe verificar el estado de los lados internos y externos de las llantas para determinar el estado actual de la alineación y balanceo de los neumáticos.
- Se realiza la alineación y balanceo aproximadamente cada 30 mil kilómetros.

## **3. Inspección de la profundidad de los surcos y desgaste:**

- Se debe verificar el estado en general de los neumáticos, revisando su desgaste en los flancos y en la cubierta.
- Los surcos de los neumáticos deben medir 1.6 mm como mínimo.
- Si este surco es menor a 1.6 mm, se deberá cambiar el neumático por uno nuevo.

### **5.2.8 Mantenimiento preventivo del tanque**

El tanque de almacenamiento es la parte más importante de las unidades de transporte, debido a que en él se guardan y transportan los hidrocarburos hacia los diferentes expendios. Es por ello que se hace necesaria la aplicación de un servicio de mantenimiento preventivo a estos elementos. Este servicio consta básicamente de:

- Al menos una vez por año se deberá realizar una limpieza profunda a los tanques, tanto al lado interno, como al lado externo.
- De la misma manera, después de realizada la limpieza, se deberá pintar totalmente el exterior del tanque, utilizando pintura con propiedades anticorrosivas y protectoras.
- En el caso que se encuentren orificios o desgastes en la superficie del tanque o agrietamiento, porosidad, salpicaduras o socavado en las soldaduras, se deberá de soldar la parte dañada, hasta dejarla en condiciones de uso, cuidando de no pasarse de la medida mínima de espesor exigida.
- Al menos una vez por año se deberá de aplicar un tratamiento general anticorrosivo y antioxidante al tanque.
- Tanques muy dañados por abolladuras, abombamientos u desgastes deberán se reemplazados.
- Se debe tomar muy en cuenta el tiempo de vida de los tanques indicado por el fabricante, pues es muy peligroso sobrepasarse de este tiempo.
- La aplicación anual de un recubrimiento de protección contra la corrosión atmosférica conservaría los tanques libres de este problema.
- Cuando existan abolladuras que comprometan alguna soldadura cercana, el tanque deberá de ser reemplazado.
- Los empaques de los *Manholes* deberán revisarse cada 3 meses. Si se encuentran en mal estado, desgastados, etc., deberán cambiarse.
- Los empaques de los *Manholes* deberán cambiarse por lo menos cada 6 meses.

## **5.2.9 Mantenimiento preventivo de otros elementos**

### **5.2.9.1 Radiador**

El mantenimiento del radiador se deberá realizar cada 5 mil kilómetros, y consta de las siguientes operaciones:

1. Usando agua o un limpiador a vapor, remueva la suciedad del panel.
2. Inspeccione la tapa usando un probador.
3. Bombee el probador
4. Mida la presión de abertura de la válvula de desahogo
5. Verifique si hay fugas en el sistema de enfriamiento.

### **5.2.9.2 Sistema de transmisión**

El cambio de lubricante de transmisión se realiza cada 30 mil kilómetros, de la siguiente forma:

1. Colocar un recipiente bajo el tapón del drenaje del aceite de transmisión.
2. Quitar el tapón del contenedor del aceite de transmisión.
3. Vaciar el aceite viejo de transmisión.
4. Colocar y apretar el tapón de drenaje.
5. Agregar aceite de transmisión nuevo hasta llegar al indicador.

### **5.2.9.3 Sistema de dirección hidráulico**

Este sistema basa el mantenimiento preventivo en la servodirección, en el mecanismo de dirección, en la holgura entre la articulación y el eje delantero, y en las juntas de varillas y brazos:

#### **1. Servodirección y mecanismo de dirección:**

- Se debe cambiar el lubricante de la servodirección en los primeros 5 mil kilómetros.
- Después cada 30 mil kilómetros.
- En el mecanismo de dirección se debe comprobar el estado del engranaje del mecanismo sinfín, principalmente en los dientes, cada 30 mil kilómetros.
- También se debe chequear el engranaje del eje sector, en la superficie de los dientes, cada 30 mil kilómetros.
- Se debe desarrollar un procedimiento de alineación cada 30 mil kilómetros.

**2. Holgura entre el eje delantero y la articulación, y juntas de varillas y brazos, cada 15 mil kilómetros:**

- Verificar visual y manualmente el desgaste, debilidad y rotura de la junta y asiento de la rótula.
- Chequear el estado del resorte de cada junta.
- Determinar la holgura de la barra de acoplamiento de la dirección.
- Comprobar el desgaste del eje de sector.
- Verificar el desgaste del brazo de dirección.

**5.2.9.4 Sistema de frenos**

El mantenimiento preventivo del sistema de frenos se deberá realizar cada 10 mil kilómetros, y consta de las siguientes partes:

**1. Comprobación del nivel de líquido de frenos:**

- Observar la altura de fluido en el depósito.
- Si no hay suficiente, según las indicaciones del depósito, agregar hasta lograrlo.
- Comprobar que no existan fugas de líquido de frenos.

## **2. Freno de estacionamiento:**

- Mover la palanca de la válvula de mando hacia fuera.
- Desplazar la palanca de la válvula hacia abajo.
- Verificar si la presión neumática es suficiente para accionarlo.

## **3. Carrera de la varilla de empuje del pedal de la cámara de frenos:**

- Se inflan las ruedas al nivel de presión normal.
- Se coloca una regla en la varilla de la cámara de frenos.
- Se pisa el pedal de frenos
- Se mide el movimiento de la varilla de empuje.
- Repetir las mediciones, por lo menos tres veces.
- Revisar el estado de las fricciones, tuberías y válvulas.

#### **4. Purga en el sistema de frenos:**

- Llenar el depósito con fluido de frenos.
- Rellenar el depósito con frecuencia durante la operación de purga del aire para que no entre aire en las tuberías de los frenos.
- Levantar la tapa de goma del tornillo de purga de aire.
- Conectar un tubo de vinilo.
- Introducir el extremo del tubo de vinilo en una botella.
- Pise el pedal de freno lentamente.
- Al mismo tiempo, gire el tornillo de purga de aire a la izquierda.
- Observe las burbujas que se forman en el tubo de vinilo.
- Apriete el tornillo de purga de aire cuando el pedal llegue al fondo.
- Suelte el pedal.
- Repita la operación hasta que no salgan burbujas.
- Llène el depósito con líquido de frenos hasta el nivel indicado.

#### **5. Freno de escape del motor:**

- Comprobar que no se ejerza ninguna presión en el pedal del acelerador.
- Comprobar que no se ejerza ninguna presión en el pedal del embrague.
- Verificar que el freno de escape funcione normalmente
- Determinar si el indicador de freno se enciende al accionar el interruptor del freno de escape.

### **5.2.9.5 Sistema de embrague**

El mantenimiento preventivo del sistema de embrague se da con los siguientes procedimientos, y se debe de desarrollar cada 5 mil kilómetros recorridos:

#### **1. Purga del sistema de embrague:**

- Preparar un tubo de vinilo de 5 mm de diámetro y 1 metro de largo.
- Ajustar un extremo del tubo en el tornillo de purga de aire en el servo embrague
- Introducir en el otro extremo fluido de frenos.
- Llenar el depósito de aceite con fluido de frenos hasta lo indicado en el depósito.
- Pisar el pedal de embrague
- Aflojar el tornillo de purga de aire.
- Apretar el tornillo de purga de aire.
- Soltar el pedal del embrague.
- Repita los últimos 4 pasos hasta que no salgan burbujas de aire en el líquido que sale del tubo de vinilo.



## **2. Comprobación del funcionamiento del embrague:**

- Pisar el pedal de embrague.
- Comprobar que no existan ruidos anormales.
- Comprobar que el pedal entre suavemente cuando la transmisión se encuentre en primera.
- Comprobar que el pedal entre suavemente cuando la transmisión se encuentra en retroceso.
- Comprobar el patinamiento y la acción del embrague poniendo en marcha el vehículo, soltando lentamente el pedal del embrague.

## **3. Ajuste del pedal de embrague:**

- Sustraer la funda del cilindro maestro.
- Verificar que el pistón vuelva a su posición original.
- Aflojar la contratuerca.
- Girar con la mano la varilla de empuje hasta que toque el pistón.
- Retroceder la varilla de empuje una vuelta completa.
- Apretar la contratuerca.
- Verificar que el juego del pedal se encuentre entre 1.38 y 2.17 plg.

#### **5.2.9.6 Sistema de suspensión**

El sistema de suspensión en este tipo de camiones es muy rígido, pues el diseño tiene como fin resistir pesos grandes. El mantenimiento preventivo del sistema de suspensión se da básicamente en la revisión del estado de las lañas, estado del tornillo de centro y estado de los bujes de la unidad de transporte, y revisión de los amortiguadores para su cambio, aproximadamente cada 10 mil kilómetros recorridos.

### **5.3 Diseño de la hoja de rutinas de mantenimiento preventivo de las unidades de transporte de hidrocarburos**

La propuesta de la hoja de control de rutinas de mantenimiento preventivo (ver Apéndice, figura 8, pág. 166) será un documento en donde se mantendrá un control sobre las rutinas de mantenimiento a efectuar sobre determinada unidad de transporte, y deberá utilizarse en cada período crítico de mantenimiento, para verificar y alertar acerca de operaciones de mantenimiento ya realizadas, y de operaciones de mantenimiento necesarias.

Estas rutinas de mantenimiento se dividen en rutinas realizadas cada cierto kilometraje y en rutinas realizadas cada cierto período de tiempo. La primera se divide a su vez en las operaciones de mantenimiento a aplicar a cada 5, 10, 15 y 30 mil kilómetros. Los períodos de tiempo considerados son cada 3, 6, 9 y 12 meses, y además es muy importante el chequeo previo a cada viaje.

Asimismo, la hoja de control cuenta con un espacio a la par de cada elemento, en el cual se debe marcar con un cheque (√) los componentes ya operados en mantenimiento. Se tiene un espacio para agregar algunas operaciones de mantenimiento nuevas y otro para colocar observaciones. En este último se deberán escribir particularidades importantes encontradas durante las operaciones de mantenimiento.

Para control de la empresa transportista, en la última parte de la hoja de control, se tienen los datos de la unidad de transporte trabajada, del kilometraje de mantenimiento efectuado, junto con el nombre y firma del encargado de dicho mantenimiento. Se debe agregar también la fecha de operación.

#### **5.4 Diseño de la hoja de inspección de mantenimiento preventivo para las unidades de transporte de hidrocarburos**

Es una hoja de control de las operaciones de mantenimiento desarrolladas sobre una determinada unidad de transporte, y se debe de utilizar a cada período crítico de mantenimiento, durante las operaciones de mantenimiento de cada uno de los elementos que conforman una unidad de transporte.

Esta hoja (ver Apéndice, figura 9, pág. 167) inicia con la identificación de la unidad trabajada, agregando datos del último mantenimiento recibido. Después se llenan los datos del mantenimiento a trabajar, como el tipo de mantenimiento (de cierto kilometraje o de cierto tiempo), el elemento a trabajar (tanque, bombas, válvulas, etc.), así como la hora de inicio y finalización de las operaciones de mantenimiento llevadas a cabo sobre dicho elemento.

Inmediatamente después, se encuentra un espacio en el que el encargado del mantenimiento de la unidad debe describir el estado actual en el que encontró al elemento citado. Allí debe dar detalles acerca de limpieza, corrosión, óxido, estado general, etc.

En la parte de Repuestos Necesarios, el encargado debe colocar los repuestos y suministros necesarios para llevar a cabo las operaciones de mantenimiento sobre el elemento señalado. Si se necesita aceite, una bomba nueva, o cosas similares, deben de agregarse en este espacio.

Se deben de desarrollar detalladamente los procedimientos y operaciones de mantenimiento a aplicar sobre este elemento, indicando claramente la forma de realizarlas. Esto deberá incluirse en la sección de Operaciones Realizadas.

Las observaciones deben contener un listado con detalles importantes detectados durante las operaciones de mantenimiento, para su análisis y posterior control. Finalmente el encargado del mantenimiento debe firmar la hoja de inspección, garantizando lo verídico de lo antes escrito por él mismo.

## **6. ANÁLISIS DE COSTOS DEL PROGRAMA DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO**

### **6.1 Costos directos**

Los costos directos son los gastos que se realizan en productos, servicios, herramientas, repuestos, accesorios y suministros que se relacionan directamente con el mantenimiento preventivo aplicado a las unidades de transporte. Estos costos variarán de una unidad a otra, dependiendo de su tamaño, especificaciones y requerimientos de su respectivo motor y manual del fabricante, años de vida, trato regular, calidad de los suministros comprados, etc. Por consiguiente, los costos presentados a continuación son un aproximado de los reales en cada caso.

La columna de Costo Total representa el costo directo total de lo necesitado para el mantenimiento en un año. Además, las herramientas utilizadas para las operaciones de mantenimiento se obviarán, debido a que los conductores y las empresas de las unidades de transporte cuentan ya con las herramientas básicas necesarias. Dentro de los costos directos de mantenimiento preventivo, tenemos los siguientes:

**Tabla V Costos directos de mantenimiento**

<b>Elemento</b>	<b>Costo Unitario</b>	<b>Costo Total</b>
Líquido refrigerante (3)	Q20.00/galón	Q60.00
Filtros de combustible (4)	Q70.00	Q280.00
Filtro de Aire (2)	Q250.00	Q500.00
Filtros de Aceite (4)	Q50.00	Q200.00
Aceite Multigrado (2 cubetas)	Q350.00/cubeta	Q700.00
Batería Eléctrica	Q1,000.00	Q1,000.00
Fusibles	Q20.00	Q20.00
Bombillas para luces	Q10.00	Q10.00
Empaques de válvulas	Q60.00	Q120.00
Manómetro Neumático	Q140.00	Q140.00
Servicio de Alineación y Balanceo	Q450.00	Q450.00
Servicio de Limpieza interior y exterior del Tanque	Q320.00	Q320.00
Pintura (3 gals)	Q500.00	Q1,500.00
Servicio de Soldaduras	Q200.00	Q200.00
Tratamiento Anticorrosivo	Q180.00	Q180.00
Empaques <i>manholes</i> (2)	Q80.00	Q160.00
Aceite transmisión 85W140 (2)	Q90.00/gal	Q180.00
Líquido de frenos (4 gals)	Q130.00/gal	Q520.00
Mano obra	Q1,500.00	Q1,500.00
<b>T o t a l</b>		<b>Q8,040.00</b>

**Fuente:** Rolando Díaz

## **6.2 Costos indirectos**

Los costos indirectos son los gastos en que se incurren durante un mantenimiento preventivo, que no están relacionados directamente con las operaciones de mantenimiento, sino que surgen como consecuencia de estas. En este caso los costos indirectos se reducen a costos administrativos y de supervisión de mantenimiento, como reportes, documentos contables, etc. Por el tipo de máquina a mantener, estos costos serán considerados nulos, dado que son despreciables por su cantidad y valor.

## **6.3 Costos de oportunidad**

El costo de oportunidad en el caso que nos ocupa se define como el dinero que la empresa de transporte respectiva deja de percibir por encontrarse la unidad de transporte en Mantenimiento Preventivo. Esta cantidad equivale al dinero que percibe una unidad de transporte determinada en el lapso de tiempo que ésta se encuentra en varada por las operaciones de mantenimiento, y difiere de unidad a unidad, pues cada una tiene un costo por galón, pero se determina de la siguiente manera:

C.O. = (Costo de servicio de transporte por galón)x(Capacidad de galones de la unidad)

Este costo es por día, debido a que el viaje promedio de carga y descarga se lleva un día entero. Igualmente, para realizar las operaciones de mantenimiento preventivo, la unidad requerirá aproximadamente un día. El costo de servicio por galón aproximado es de un quetzal. Se tomará como muestra una unidad de transporte de 8,000 galones, por ser común en estos servicios.

$$\text{C.O.} = (\text{Q}1.00 / \text{gal}) \times (8000 \text{ gal}) = \text{Q}8,000.00 \text{ por día} =$$

Q8,000.00 por mantenimiento

#### **6.4 Beneficios del desarrollo del proyecto**

Los beneficios económicos que el sistema de mantenimiento preventivo tendrá, son los siguientes:

- Las unidades de transporte aumentarán su tiempo de vida útil, lo que incrementará su valor en el tiempo y aplazará compras de unidades nuevas.
  
- Aumentará la eficiencia de los trabajos realizados, disminuyendo el tiempo y los costos por viaje, y acentuando con lo anterior, las ganancias por viaje.



- Reducirá los costos de mantenimiento correctivo, siendo este uno de los fines del mantenimiento preventivo.
- Minimizará los paros imprevistos, evitando costos igualmente inesperados, además de incumplimientos con los clientes.
- Aumentará el prestigio de la empresa frente a clientes y potenciales clientes, lo que aumentará el trabajo y con ello las ganancias.
- Asegurará la aprobación de la inspección de unidades para su certificación cada tres años, lo que evitará los gastos de cambios y arreglos en caso contrario.

- **Menor depreciación**

$$\text{Depreciación} = \frac{\text{costo inicial} - \text{valor de recuperación}}{\text{Años de vida}}$$

Con un programa de mantenimiento preventivo, las unidades de transporte tendrán un 20 % más de tiempo de vida útil (20 años), con lo que tenemos:

Por ejemplo:

$$\text{Depreciación actual} = \frac{Q500,000.00 - Q100,000}{20 \text{ años}} = Q20,000.00 \text{ al año.}$$

$$\text{Depreciación con Mantenimiento} = \frac{Q500,000.00 - Q100,000}{(20 + 20 \times 20\%) \text{ años}} = Q16,666.67 \text{ al año.}$$

Esto significa una disminución de Q3,333.33 aproximadamente al año por costos de depreciación, que conlleva un beneficio de igual cantidad a las ganancias o beneficios.

- **Menor costo preventivo que correctivo**

Se estipula que después de aplicado el programa de mantenimiento preventivo, el costo anual del mantenimiento correctivo disminuirá un 50 % como mínimo, siendo este de Q25,000.00 por año. Entonces el nuevo costo aproximado de los mantenimientos correctivos en un año sería de Q12,500.00, ahorrándose aproximadamente Q12,500.00 anuales.

- **Disminución de gastos por retrasos a clientes**

Con la correcta utilización del programa de mantenimiento preventivo, se estima que los gastos por retrasos e incumplimiento a los clientes disminuirán por lo menos un 50% en un año, lo que significa que de los Q10,000.00 de gastos de este tipo que se realizan actualmente, únicamente se pagarán Q5,000.00, lo que significa un ahorro de Q5,000.00 anuales.

#### **6.5 Relación beneficio/costo**

- **Costos totales:**

Costo Total = Costo Directo + Costo Indirecto + Costo De Oportunidad

Costo Total= Q8,040.00 + 0.00 + Q8,000.00 = Q16,040.00 anuales

- **Beneficios totales:**

BT = Ahorro depreciación + Ahorro mantenimiento + Ahorro Gastos de retrasos

BT = Q3,333.33 + Q12,500.00 + Q5,000.00 = Q20,833.33

- **Relación beneficio/costo**

$$B/C = Q20,833.33 / Q16,040.00 = 1.30$$

Esto indica que el proyecto es totalmente aconsejable, pues los beneficios del mismo superan a los costos. Se debe de considerar que no se tomaron en cuenta los beneficios del aumento de la eficiencia y del aumento de clientes por el programa de mantenimiento, por ser cantidades poco predecibles. Especulando estas, el beneficio del proyecto aumenta considerablemente.

## CONCLUSIONES

1. El Reglamento Técnico Centroamericano, ver Anexo, figura 14, pág. 174, adoptado por Guatemala como lineamiento de control del transporte de hidrocarburos mediante las unidades de transporte, debe de adaptarse al nivel nacional, para que todos los puntos allí descritos puedan aplicarse sin complicaciones en el país.
2. Los procedimientos y reglamento interno de la empresa certificadora Metrogas están incompletos y obsoletos, ver Anexo, figura 15, pág. 179. Estos no contienen todo lo necesario para realizar una correcta inspección y posterior certificación de unidades de transporte en Guatemala.
3. No existe una guía de los procedimientos de inspección y certificación de unidades de transporte, de manera que las operaciones se definan de manera estándar, con sus respectivos controles y lineamientos, protegiendo con ello el compromiso de cumplimiento del Reglamento Técnico Centroamericano, ver Anexo, figura 14, pág. 174.

4. Los procedimientos de seguridad e higiene industrial durante la aplicación de las operaciones de inspección y de certificación de unidades de transporte en la empresa Metrogas son prácticamente nulos, lo que pone en peligro y bajo un gran riesgo al personal, clientes e instalaciones de la empresa.
5. No existe una guía de procedimientos de las pruebas mecánicas de inspección, prueba de presión neumática, prueba de presión hidráulica y prueba de espesores, con la que se puedan sustentar dichas operaciones de una forma estandarizada y ordenada.
6. El mantenimiento que las empresas de transporte dan a sus respectivas unidades se limita a un mantenimiento correctivo casi de emergencia, olvidando elementos de mantenimiento preventivo básicos para el buen funcionamiento de los camiones y sus tanques.
7. La seguridad de las operaciones de distribución, carga y descarga de todos los camiones, así como también las tasas de ganancias y costos, se ven afectadas por la falta de un programa de mantenimiento preventivo, el cual, aplicado a las unidades de transporte, aumentaría ganancias y reduciría costos.

8. El personal de inspección de la empresa Metrogas no cuenta con el equipo y procedimientos que le respalden al momento de realizar las operaciones de inspección y, por ello, necesita de documentos, instrucciones y capacitaciones que les dirijan en su labor.





## RECOMENDACIONES

1. El Ministerio de Energía y Minas debe realizar correcciones y cambios al actual documento de control del transporte de hidrocarburos adoptado por Guatemala -Reglamento Técnico Centroamericano- atendiendo a requerimientos necesarios y obviando puntos que no son aplicables en este medio.
2. Se debe de implantar un reglamento interno y procedimientos de la empresa Metrogas, conteniendo la descripción de cada operación de inspección a realizar en las unidades para su certificación, además de incluir los elementos, equipo y herramientas a utilizar.
3. Se debe instruir, dirigir y capacitar al personal de inspección de la empresa Metrogas, para que entiendan y logren aplicar, correctamente, los lineamientos de los nuevos procedimientos, además que cumplan el nuevo reglamento interno de la empresa.
4. Se debe de crear un manual o instructivo de seguridad para los procedimientos de inspección y certificación de unidades de transporte, que cubra todos los aspectos, tanto de seguridad, como de higiene industrial, para protección de los clientes, personal, e instalaciones de la empresa.

5. Se debe instruir, dirigir, capacitar y controlar al personal de inspección de la empresa Metrogas, para asegurarse que entiendan y pongan en práctica, todo el tiempo y correctamente, las reglas de seguridad e higiene industrial implantadas en el manual de seguridad, para aumentar los cuidados de ellos mismos, de las unidades de transporte, de los clientes y de las instalaciones de la empresa.
6. Se debe de dar una guía de procedimientos de las pruebas mecánicas de inspección -prueba de presión neumática, prueba de presión hidráulica y prueba de espesores- con la que los inspectores puedan sustentar dichas operaciones de una forma estandarizada y ordenada.
7. Se debe de dar a conocer a los transportistas la propuesta del programa de mantenimiento preventivo aplicable a sus camiones, para que consideren su aplicación en las unidades de transporte de su propiedad, explicándoles las desventajas del mantenimiento correctivo, indicándoles, también, los beneficios y costos, económicamente hablando, para que se den cuenta de las grandes ventajas del mismo y evalúen, realmente, la propuesta, pensando en el futuro.
8. Se debe dar al personal de inspección de la empresa Metrogas el equipo, herramientas, procedimientos y capacitación de respaldo necesarios para que logren realizar su labor correctamente, y de acuerdo a la ley -Reglamento Técnico Centroamericano- RTC.

## BIBLIOGRAFÍA

1. Estrada, Marvin. Diseño e implementación de un programa de mantenimiento preventivo para vehículos y maquinaria pesada para la empresa SEMAVESA ubicada en el municipio de Tecún Umán, San Marcos. Tesis Ing. Mecánica Industrial. Guatemala, Universidad de San Carlos de Guatemala, Facultad de Ingeniería, 2005.
2. Newbrough, E. T. **Administración del mantenimiento industrial**. S.e. S.I.: Editorial Diana, 1999.
3. Niebel, Benjamín. **Ingeniería industrial, métodos, tiempos y movimientos**. Décima edición. México: Editorial Alfaomega, 2001.
4. Simonds, Grimaldi. **La seguridad industrial y su administración**. S.e. México: Editorial Alfaomega, 1985.



# APÉNDICE

**Figura 7. Hoja de inspección mejorada**

**MANTENIMIENTO Y CALIBRACIONES S.A. HOJA DE INSPECCIÓN 000**  
 Ingeniería y Consultoría APROBADO:   
 66334531, 24770017, 55144795 RECHAZADO:

Fecha:	
Vencimiento:	
Empresa:	
Propietario:	
Teléfono:	
Unidad:	
Color:	

Capacidad:	
Compartimientos:	
Placas camión:	
Placas pipa:	
Chasis:	
Motor:	
Inspector:	

**1. INSPECCIÓN VISUAL EXTERNA** 2a. Insp.

Antideslizante/antivuelcos		
Escalera		
Luces bajas/altas/pidevías		
Limpiabrisas		
Luces laterales		
Alama de retroceso		
Freno de motor		
Master Switch		
Extintores internos y flash		
Mangueras de descarga		
Extintores externos		
Conos y triángulos		
Batería		
Rótulo No Pasajeros		
Conexión cabezal-tanque		
Escape y arrestallamas		

Instalación eléctrica	1a. Insp.	2a. Insp.
Fugas aceite en motor		
Vidrios y retrovisores		
Llanta de repuesto		
Bandeja de derrames		
Rótulo Inflamable		
Siglas camión		
Identificación material		
Rótulos calibración		
Placa de Identificación		
Fijación/amortiguación		
Llantas activas		
Pintura y corrosión		
Abolladuras		
Bumpers		
Conexión a tierra		

**2. INSPECCIÓN VISUAL INTERNA** 2a. Insp.

Fichas de enrase		
Marchamos		
Corrosión		
Doble pared y rompeolas		
Cuerpos extraños		

Soldaduras	1a. Insp.	2a. Insp.
ManHoles		
Empaques		
Válvula de alivio		
Respiradero		

**3. PRUEBA DE ESTANQUEIDAD** 2a. Insp.

Fugas entre compartimientos		
Fugas en caras		
Fugas en laterales		
Fugas en parte baja		
Válvula de descarga		
Válvula de emergencia		

**4. PRUEBA NEUMÁTICA** 1a. Insp. 2a. Insp.

Caras y laterales		
Parte baja		
Válvula de descarga		
ManHoles		
Doble pared		
Válvula de alivio		

**5. PRUEBA DE ESPESORES (plg)**

#	Frente	#		#	Atrás	#		#	Izq	#		#	Derecha	#	
1		7		1		7		1		7		1		7	
2		8		2		8		2		8		2		8	
3		9		3		9		3		9		3		9	
4		10		4		10		4		10		4		10	
5		11		5		11		5		11		5		11	
6		12		6		12		6		12		6		12	

COMENTARIOS: \_\_\_\_\_

Inspector

**Fuente:** Rolando Díaz

**Figura 8. Hoja de rutinas de mantenimiento**

**HOJA DE RUTINAS DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO  
PARA LAS UNIDADES DE TRANSPORTE DE HIDROCARBUROS**

**POR KILOMETRAJE**

**5 MIL KILÓMETROS**

Bomba de Agua	
Filtro de Gasolina	
Filtro de Aire	
Filtro de Aceite	
Cambio de Aceite	
Batería	
Radiador	
Líquido de frenos	
Sistema de Embrague	

**10 MIL KILÓMETROS**

Sistema de Frenos	
Bomba de aceite	
Sistema de Suspensión	
Bomba de Agua	
Filtro de Gasolina	
Filtro de Aire	
Filtro de Aceite	
Cambio de Aceite	
Batería	
Radiador	
Líquido de frenos	
Sistema de Embrague	

**15 MIL KILÓMETROS**

Motor de arranque	
Bomba de Agua	
Filtro de Gasolina	
Filtro de Aire	
Filtro de Aceite	
Cambio de Aceite	
Batería	
Radiador	
Líquido de frenos	
Sistema de Embrague	
Alineación y Balanceo	
Neumáticos	

**30 MIL KILÓMETROS**

Sistema de Transmisión	
Sistema de Dirección	
Bomba de Agua	
Filtro de Gasolina	
Filtro de Aire	
Filtro de Aceite	
Cambio de Aceite	
Batería	
Radiador	
Líquido de frenos	
Sistema de Embrague	

**Fuente:** Rolando Díaz

**POR TIEMPO**

**ANTES DE CADA VIAJE**

Nivel de líquido refrigerante	
Luces y Pide vías	
Presión de llantas	
Nivel de aceite de motor	

**3 MESES**

Revisión de empaques Manholes	
-------------------------------	--

**6 MESES**

Lubricación de válvulas	
Mangueras de descarga	
Cambio de Empaques de Manholes	

**9 MESES**

Revisión de Empaques de Manholes	
----------------------------------	--

**1 AÑO**

Lubricación de válvulas	
Mangueras de descarga	
Pintura de tanque	
Tratamiento anticorrosivo de tanque	
Tratamiento antioxidante de tanque	
Cambio de Empaques de Manholes	
Lavado de motor	
Lavado interior cabezal	
Cambio de empaques de válvulas	

**OTRAS OPERACIONES**

_____	
_____	
_____	

**OBSERVACIONES**

_____
_____
_____
_____

<b>Unidad de Transporte No.:</b>
<b>Encargado de Mantenimiento:</b>
<b>Fecha último Mantenimiento:</b>
<b>Kilometraje:</b>
<b>Firma:</b>

**Figura 9. Hoja de inspección de mantenimiento**

**HOJA DE INSPECCIÓN DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO EN LAS  
UNIDADES DE TRANSPORTE DE HIDROCARBUROS**

**No. 000**

Unidad No.:		Tipo de Mantenimiento actual:	
Placas camión:		Fecha actual:	
Placas pipa:		Encargado de Mantenimiento:	
Kilometraje:		Elemento a trabajar:	
Fecha Último Mantenimiento:		Hora de inicio:	
Kilometraje último Mantenimiento:		Hora de finalización:	

Estado actual del elemento:

Repuestos necesarios:

Operaciones Realizadas:

Observaciones:

Firma Encargado de Mantenimiento:

**Fuente:** Rolando Díaz

**Tabla VI. Check list del proceso actual de certificación de unidades de transporte**

<b>Puntos</b>	<b>Tipo de prueba o inspección</b>	<b>Aprobados</b>	<b>Rechazados</b>	<b>Porcentaje de aprobación</b>
Antideslizante	Visual externa	18	2	90
Escalera	Visual externa	18	2	90
Luces	Visual externa	16	4	80
Limpia brisas	Visual externa	17	3	85
Alarma de retroceso	Visual externa	14	6	70
Freno de motor	Visual externa	19	1	95
Master switch	Visual externa	18	2	90
Extintores	Visual externa	17	3	85
<i>Flash</i>	Visual externa	18	2	90
Mangueras	Visual externa	19	1	95
Conos y triángulos	Visual externa	14	6	70
Batería	Visual externa	20	0	100
Rótulos	Visual externa	9	11	45
Instalación eléctrica	Visual externa	19	1	95
Escape y arresta llamas	Visual externa	20	0	100
Fugas de aceite de motor	Visual externa	20	0	100
Vidrios y retrovisores	Visual externa	19	1	95
Llantas	Visual externa	19	1	95
Bandeja de derrames	Visual externa	14	6	70



Continúa

<b>Puntos</b>	<b>Tipo de prueba o inspección</b>	<b>Aprobados</b>	<b>Rechazados</b>	<b>Porcentaje de aprobación</b>
Fijación y amortiguación	Visual externa	19	1	95
Pintura	Visual externa	18	2	90
Corrosión	Visual externa	19	1	95
Abolladuras	Visual externa	19	1	95
<i>Bumpers</i>	Visual externa	15	5	75
Fichas de enrase	Visual interna	19	1	95
Marchamos	Visual interna	19	1	95
Doble pared y rompeolas	Visual interna	18	2	90
Cuerpos extraños	Visual interna	20	0	100
Soldaduras	Visual interna	19	1	95
<i>Manholes</i>	Visual interna	15	5	75
Empaques	Visual interna	15	5	75
Válvula de alivio	Neumática	19	1	95
Válvula de emergencia	Estanqueidad	19	1	95
Válvula de descarga	Estanqueidad	17	3	85
Fugas en la prueba de estanqueidad	Estanqueidad	17	3	85
Fugas en la prueba neumática	Neumática	15	5	75
Prueba de espesores	Espesores	20	0	100

Fuente: Rolando Díaz



# ANEXO

**Figura 10 Hoja de inspección actual**

**MANTENIMIENTO Y CALIBRACIONES S.A.**

Ingeniería y Consultoría  
66334531, 24770017, 55144795

Unidad  
Tel.

APROBADO:  
RECHAZADO:

Fecha: Placas camión  
Vencimiento: Placas pipa:  
Empresa: Chasis/motor  
Propietario: Método  
Capac/compartim Color

<b>1. INSPECCIÓN VISUAL EXTERNA</b>					
Luces altas bajas p vías			Pintura		
Ins Sist Eléctrico			x Rótulo No Pasajeros		
Conexión cabezal-tanque			x Rótulo Inflamable		
x Baterías estado y conexión			x R Siglas y Calibración		
Limpiabrisas			x Antideslizante		
Vidrios laterales y frontales			Manholes con válv aliv		
Retrovisores			x Empaques		
Alama de retroceso			x Válv emergencia		
Mangueras de descarga			x Válv descarga		
Llanta			Extintores		
Llanta de repuesto			x Conos y triángulos		
x Flash a prueba de expl			Escape y arrestallamas		
Frenos			x Conexiones a tierra		
Luces laterales			Ptos corrosión		
x Fijación del tanque			Mangueras descarga		
Amortiguación del tanque			x Jaula antivuelcos		
<b>2. INSPECCIÓN VISUAL INTERNA</b>					
x Fichas de enrase		2a. Insp.	Rompeolas	1a. Insp.	2a. Insp.
x Marchamos			Soldaduras		
Corrosión			Cuerpos extraños		
x Guía de calibración			Doble pared		
Fugas aceite de motor			Respiradero		
<b>3. PRUEBA DE ESTANQUEIDAD</b>					
x Fugas entre compartimientos		2a. Insp.	4. PRUEBA NEUMÁTICA	1a. Insp.	2a. Insp.
x Fugas en caras			Fugas		
x Fugas en laterales			x Laterales		
Fugas			x Fugas entre compartim		
x Válvula de descarga			x Fugas en caras		
x Válvula de emergencia			x Válv emergencia		
			x Válv descarga		
<b>5. PRUEBA DE ESPESORES (plg)</b>					

COMENTARIOS:

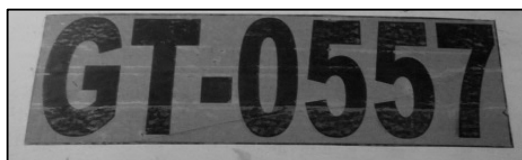
Fuente: Reglamento Interno Metrogas

Figura 11. Certificado de funcionalidad

<b>MANTENIMIENTO Y CALIBRACIONES S.A.</b>		62	
INGENIERIA Y CONSULTORIA		66334631 34776017	
<b><u>CERTIFICADO DE FUNCIONALIDAD</u></b>			
CERTIFICADO #: _____			
MANTENIMIENTO Y CALIBRACIONES S.A., EMPRESA DE CERTIFICACIÓN DE UNIDADES DE TRANSPORTE DE HIDROCARBUROS (EXCEPTO GLP), AUTORIZADA POR LA DIRECCIÓN GENERAL DE HIDROCARBUROS SEGÚN RESOLUCIÓN No _____			
DE FECHA: _____			
UNIDAD:		CAPACIDAD:	
FECHA:		#COMPARTIMENTOS:	
FECHA DE VENCIMIENTO:		PLACAS CABEZAL:	
RAZÓN SOCIAL:		PLACAS TANQUE:	
PROPIETARIO:		#CHASIS TANQUE:	
<b>CERTIFICA QUE LA UNIDAD DE TRANSPORTE CON CÓDIGO: GT- XX-XX CUMPLE CON EL REGLAMENTO TÉCNICO DE TRANSPORTE DE HIDROCARBUROS LÍQUIDOS (EXCEPTO GLP)</b>			
CERTIFICA			
MANTENIMIENTO Y CALIBRACIONES S.A.			

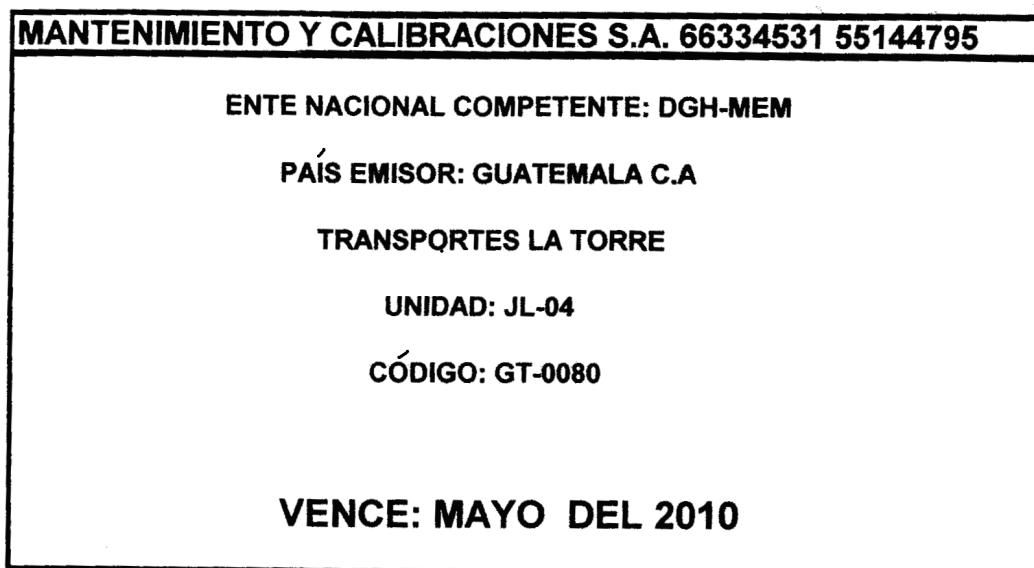
Fuente: Metrogas

**Figura 12. Calcomanía de certificación 1**



Fuente: Metrogas

**Figura 13. Calcomanía de certificación 2**



Fuente: Metrogas

**Figura 14. Reglamento técnico centroamericano**

REGLAMENTO                      NSO RTCA 13.01.25:05  
TÉCNICO  
CENTROAMERICANO

**TRANSPORTE TERRESTRE DE HIDROCARBUROS LÍQUIDOS (EXCEPTO  
GLP).  
ESPECIFICACIONES.**

CORRESPONDENCIA: Este reglamento no tiene correspondencia con ninguna norma.

ICS    NSO RTCA 13.01.25:05

Reglamento Técnico Centroamericano, editado por:

- Comisión Guatemalteca de Normas, COGUANOR
- Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología, CONACYT
- Ministerio de Fomento, Industria y Comercio, MIFIC
- Secretaría de Industria y Comercio, SIC
- Ministerio de Economía, Industria y Comercio, MEIC

## **INFORME**

Los respectivos Comités Técnicos de Normalización, a través de los entes de normalización de los estados miembros que integran los países de Centroamérica y sus sucesores, son los organismos encargados de realizar la adopción de los Reglamentos Técnicos. Este documento fue aprobado como Norma o Reglamento Técnico Centroamericano, NSO RTCA 13.01.25:04, TRANSPORTE TERRESTRE DE HIDROCARBUROS LIQUIDOS, EXCEPTO GLP. ESPECIFICACIONES por el Subgrupo de Medidas de Normalización de la Unión Aduanera. La oficialización de este reglamento técnico, conlleva la ratificación de la siguiente manera.

Por Guatemala

COGUANOR

Por El Salvador

CONACYT

Por Nicaragua

MIFIC

Por Honduras

SIC

Por Costa Rica

## **1. Objeto**

Establecer los requisitos mínimos de diseño y construcción que deben cumplir las unidades de transporte terrestre de hidrocarburos líquidos, excepto GLP, que circulen en los países miembros de Centroamérica

## **2. Campo de aplicación**

Se aplica a vehículos que se utilicen en las actividades del transporte terrestre de hidrocarburos líquidos y no aplica a las unidades de transporte de GLP. Tampoco aplica al transporte terrestre de hidrocarburos líquidos por ferrocarril.

## **3. Definiciones**

**3.1 Accesorio:** cualquier aditamento del tanque que no tiene relación con la carga o función de contención y no provee soporte estructural.

**3.2 Aditamentos:** cualquier accesorio adherido a la unidad de transporte, que no tenga como función retener o contener producto líquido, sin proporcionar apoyo estructural al tanque.

**3.3 Cuñas-calzas:** elementos adicionales, no metálicos o metálicos revestidos de caucho, para el bloqueo de las llantas cuando el vehículo se encuentra estacionado para llevar a cabo operaciones de trasiego de combustibles líquidos.

**3.4 Cisterna articulada:** vehículo formado por un cabezal y un remolque que tiene instalado en forma permanente un tanque diseñado para contener hidrocarburos líquidos.



**3.5 Cisterna integrada:** vehículo que en su chasis tiene instalado en forma permanente un tanque diseñado para contener hidrocarburos líquidos.

**3.6 Defensa:** estructura diseñada para proteger de impactos la parte lateral y posterior de la unidad de transporte.

**3.7 Domo:** dispositivo destinado al control y llenado del tanque.

**3.8 Fabricante:** persona natural o jurídica que diseña y/o construye unidades de transporte.

**3.9 Hidrocarburos líquidos:** sustancias orgánicas compuestas primordialmente de hidrógeno y carbono que son líquidos a condiciones normales de presión y temperatura.

**3.10 Mampara:** separador transverso que se ajusta herméticamente al tanque para dividirlo en compartimientos.

**3.11 Presión de prueba:** es la presión a la cual se somete el tanque y su sistema de calefacción, si existiera, para comprobar su hermeticidad.

**3.12 Rompeolas:** lámina con abertura instalada, transversal al eje longitudinal del tanque, cuya función es minimizar el oleaje e inercia del producto transportado.

**3.13 Tanque o recipiente:** depósito metálico cerrado utilizado para almacenar hidrocarburos líquidos.

**3.14 Transportista:** persona jurídica o natural, debidamente autorizada para prestar servicio de manejo y transporte de hidrocarburos.

**3.15 Unidad de transporte (camión cisterna):** vehículo para transporte de hidrocarburos; puede clasificarse como Cisterna Articulada o Cisterna Integrada.

**3.16 Válvula de descarga:** dispositivo que controla o detiene el flujo del producto.

#### **4. Abreviatura y símbolos**

<b>4.1 ASME:</b>	“American Society of Mechanical Engineers
<b>4.2 ASTM:</b>	“American Society for Testing and Materials”
<b>4.3 cm:</b>	Centímetro
<b>4.4 DOT:</b>	“Department of Transportation
<b>4.5 °C:</b>	grados Celsius
<b>4.6 cm<sup>2</sup>:</b>	centímetro cuadrado
<b>4.7 °F:</b>	grados Fahrenheit
<b>4.8 g:</b>	gramos
<b>4.9 GLP:</b>	Gas Licuado de Petróleo
<b>4.10 GPM:</b>	galones por minuto
<b>4.11 kgf:</b>	kilogramo fuerza
<b>4.12 kgf/cm<sup>2</sup>:</b>	kilogramo fuerza por centímetro cuadrado
<b>4.13 kg/L:</b>	kilogramo por litro
<b>4.14 lb:</b>	libras
<b>4.15 lbf:</b>	libras fuerza

**Fuente:** Ministerio de Energía y Minas

## **Figura 15. Reglamento interno de Metrogas**

### **Descripción de procedimientos para prueba de funcionalidad**

#### **Inspección visual externa:**

1. Recepción de la unidad ubicándole en el área de inspección visual externa.
2. Inspección de luces altas, bajas y pida vías. Si no funcionan, será rechazada.
3. Instalación de sistema eléctrico. Si no se considera aceptable, será rechazada.
4. Baterías, estado y conexiones. Si se considera en mal estado, será rechazada.
5. Limpia brisas, vidrios laterales y frontales. Si están en mal estado, la unidad será rechazada.
6. Retrovisores, alarma de retroceso y manguera. Si no están funcionales, será rechazada.
7. Llantas y llanta de repuesto. Si se considera en mal estado, será rechazada.
8. Frenos y amortiguación. Si se considera en mal estado, será rechazada.
9. Luces laterales y master switch. Si no funcionan, será rechazada.
10. Bumpers frontales, traseros y laterales. Si no cuentan con ellos, será rechazada.
11. Rotulación, pintura en mal estado, será rechazada.
12. Escalera y antideslizante en mal estado. Será rechazada.
13. Manholes y empaques. Si se encuentran en mal estado será rechazada.
14. Válvula de emergencia y descarga. Si no están funcionales, será rechazada.

15. Extintores, conos, trikets, guantes, linterna, casco. Si no cuentan con ellos, será rechazada.

16. Puntos de corrosión y abolladuras. Si se encuentra alguna, la unidad será rechazada.

17. Bandeja de recolección de derrames. Si no cuentan con ella, será rechazada.

El técnico usará como equipo de protección personal: casco, guantes, zapatos antideslizantes, pantalón de lona y camisa de la empresa. Tendrá a disponibilidad: extintores, areneros e hidrante contra incendios.

### **Inspección visual interna**

1. Se verificará el lavado y desgasificado del compartimiento correspondiente. Si no lo está, será rechazado.

2. Se procede a revisar guía de calibración, ficha de enrase y marchamo. Si no está en regla, será rechazado.

3. Se verifican manholes y empaques. Si están en mal estado, la unidad será rechazada.

4. Rompeolas o espejos. Se revisarán las soldaduras, agujeros bajo, medio y alto, respiradero. Será rechazada si alguna soldadura esta en mal estado o bien, falta un agujero.

5. Si se encuentran soldaduras en mal estado, será rechazada.

6. Si se encuentran puntos de corrosión, la unidad será rechazada.

7. Cuerpos extraños y accesorios instalados. La unidad será rechazada.

Nuestro técnico usará: casco guantes, zapatos antideslizantes, pantalón de lona y camisa de la empresa. Y tendrá a disponibilidad: extintores, areneros e hidrante contra incendios, linterna a prueba de explosión.

### **Prueba de hermeticidad**

1. Se procede a cerrar válvulas de emergencia.

2. Válvulas de descarga se dejan abiertas.

3. Se procede a llenar de agua cada uno de los compartimientos.
4. Se revisan fugas en cada una de las válvulas de emergencia. Si alguna deja pasar agua, la unidad será rechazada.
5. Después se cierran válvulas de descarga y revisan si dejan pasar agua. Si alguna falla, se rechazará la unidad.
6. Se revisarán fugas laterales, frontales y traseras. Si existiera alguna, la unidad será rechazada.

Equipo a usar: tanque de almacenamiento de agua de 10 mil galones, bomba de agua de 2.5 Hp, torre de 4 metros de alto y tubería de transporte de agua.

Nuestro técnico usará: casco, guantes, zapatos antideslizantes, pantalón de lona y camisa de la empresa. Y tendrá a disponibilidad: extintores, areneros e hidrante contra incendios, linterna a prueba de explosión.

#### **Prueba de hermeticidad neumática**

1. Se procederá a verificar la hermeticidad física del tanque, observando válvula y empaques.
2. Se procede a instalar accesorios para poder inyectar aire que consta de un manómetro de 0 a 30 psi.
3. Al estar todo listo se enciende el compresor.
4. Se dejará funcionando hasta que llegue a una presión de 5 psi. Si nunca llegara, la unidad será rechazada.
5. Después de llegar a 5 psi, se esperará por 20 minutos. Si baja la presión antes, será rechazada.
6. Para verificar la ausencia de fugas, se probará con una sustancia jabonosa.
7. La sustancia jabonosa se probará en las soldaduras, manholes y válvulas.
8. Por otro lado, se buscarán deformaciones. Si se presentase alguna, la unidad será rechazada.

Equipo a usar: compresor de 3 Hp con capacidad de levantar hasta 90 psi, dispositivo de lectura de presión con manómetro de 0 a 30 psi máximo, sustancia jabonosa para determinar puntos de fugas.

Nuestro técnico usará: casco, guantes, zapatos antideslizantes, pantalón de lona y camisa de la empresa. Y tendrá a disponibilidad: extintores, areneros e hidrante contra incendios, linterna a prueba de explosión.

### **Prueba de espesores**

La prueba de espesores se efectuará en el cuerpo del tanque en:

1. Los lugares del cuerpo, caras y alrededor de cualquier tubería que retenga producto.
2. Áreas de alta presión en el cuerpo, tales como la parte inferior central.
3. Los lugares cercanos a las aberturas.
4. Las áreas alrededor de soldaduras.
5. Los puntos alrededor de los refuerzos del cuerpo.
6. Las áreas alrededor de accesorios.
7. Áreas cerca de los pernos de enganche y accesorios.
8. Áreas cerca de los componentes estructurales del sistema de suspensión.
9. Áreas conocidas como delgadas y las áreas sobre la línea de nivel nominal de líquido.
10. Juntas estructurales en uniones del tanque al chasis.
11. Se efectuarán 50 mediciones.

Equipo a usar: medidor de espesores ultrasónico con un rango de 0.04 hasta 3 pulgadas, diseñado para utilizarlo en camiones tanque y tanques de almacenamiento.

Nuestro técnico usará: casco, guantes, zapatos antideslizantes, pantalón de lona y camisa de la empresa. Y tendrá a disponibilidad: extintores, areneros e hidrante contra incendios, linterna a prueba de explosión.

**Fuente:** Metrogas