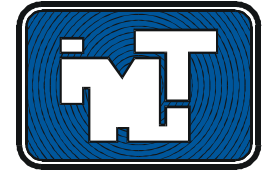




ISSN 0188-7297



---

---

# DIAGNÓSTICOS ENERGÉTICOS EN EMPRESAS CON DOS MODOS ESPECIALES DE TRANSPORTE

Mercedes Yolanda Rafael Morales

Publicación Técnica No. 211  
Sanfandila, Qro. 2002

---

**SECRETARÍA DE COMUNICACIONES Y TRANSPORTES**

**INSTITUTO MEXICANO DEL TRANSPORTE**

**DIAGNÓSTICOS ENERGÉTICOS  
EN EMPRESAS CON DOS MODOS  
ESPECIALES DE TRANSPORTE**

**Publicación Técnica No. 211**

**Sanfandila, Qro. 2002**

---

---

Este trabajo fue realizado en el Instituto Mexicano del Transporte por Mercedes Yolanda Rafael Morales, contando con los comentarios de Miguel Martínez Madrid, ambos de la Coordinación de Equipamiento para el Transporte.



# Contenido

---

|  |            |
|--|------------|
| <b>Resumen</b>   | <b>iii</b> |
| <b>Abstract</b>  | <b>v</b>   |
| <b>Resumen ejecutivo</b>   | <b>vii</b> |
| <b>Capítulo 1 Introducción</b>   | <b>1</b>   |
| <b>Capítulo 2 Diagnóstico energético</b>   | <b>3</b>   |
| <b>Capítulo 3 Caso: Flota de gobierno</b>  | <b>5</b>   |
| <b>3.1 Presentación de la empresa</b>  | <b>5</b>   |
| <b>3.2 Análisis y diagnóstico</b>  | <b>6</b>   |
| <b>3.3 Recomendaciones y proyectos</b>   | <b>18</b>  |
| <b>3.4 Conclusiones</b>  | <b>23</b>  |
| <b>Capítulo 4 Caso: Transporte ferroviario</b>   | <b>25</b>  |
| <b>4.1 Presentación de la empresa</b>  | <b>25</b>  |
| <b>4.2 Inventario, estado actual y asignación geográfica<br/>    del universo de locomotoras</b> | <b>25</b>  |
| <b>4.3 Consumo energético en Transferr, S. A.</b>  | <b>32</b>  |
| <b>4.4 Problemática energética detectada</b>   | <b>35</b>  |
| <b>4.5 Recomendaciones y potencial de ahorro<br/>    de combustible</b>                          | <b>37</b>  |
| <b>4.6 Conclusiones</b>  | <b>39</b>  |

|   |           |
|---|-----------|
| <b>Bibliografía</b>                                   | <b>41</b> |
| <b>Apéndice A</b>                                     | <b>43</b> |
| <b>Lista básica de herramientas</b>                   | <b>43</b> |
| <b>Apéndice B</b>                                     | <b>45</b> |
| <b>Plan de Mantenimiento Preventivo Básico y</b>      |           |
| <b>Conceptualización de Funcionamiento del Taller</b> | <b>45</b> |
| <b>Apéndice C</b>                                     | <b>49</b> |
| <b>La programación del mantenimiento</b>              | <b>49</b> |

# Resumen

---

El diagnóstico energético es un análisis que se realiza en una empresa de transporte de las diferentes áreas involucradas con el vehículo, para identificar desde un punto de vista energético, las causas por las que la empresa no logra su objetivo principal, que es el de satisfacer la demanda de transporte. Se ha demostrado, a través de la experiencia en países europeos, principalmente los no petroleros, que en el correcto seguimiento del consumo de combustible se encuentra la fórmula para una operación eficiente de la empresa de transporte.

Las áreas de la empresa que se encuentran directamente relacionadas con el consumo de combustible del vehículo son, el sistema de operación, el modo de manejo de los operadores, el mantenimiento de las unidades y las características propias de las unidades. A través de un diagnóstico de dichas áreas, se pueden detectar las anomalías que pueden existir en el funcionamiento de la empresa y de ahí proponer las acciones correctivas más adecuadas.

Las empresas de transporte público ponen a disposición de sus usuarios un parque vehicular adaptado a las condiciones de operación, así como los recursos humanos y materiales que permitan manejarlo y mantenerlo, de acuerdo a la demanda de transporte.

Los organismos gubernamentales por su parte, requieren para el desarrollo de sus actividades, contar con vehículos de transporte que les permitan tener autonomía en el traslado de productos o personas. Sin embargo, un alto porcentaje de dichos organismos adquiere vehículos sin contar con un procedimiento que les permita satisfacer sus necesidades, ocasionando que la mayoría de ellos no sean los adecuados para las actividades a las que están destinados.

Ante la necesidad de contar con un mecanismo que permita establecer las deficiencias en la flota vehicular actual y las posibilidades de establecer medidas adecuadas para su óptimo funcionamiento, en este estudio se presenta primeramente el análisis realizado a la flota de una institución gubernamental.

También se presenta el diagnóstico energético realizado a una empresa de transporte ferroviario, en el cual el combustible constituye el segundo rubro más importante en la cuenta de gastos. Al realizar el diagnóstico en esta empresa, se consideró el área de gestión de la energía, así como el área de abastecimiento, patios y talleres de locomotoras de la empresa ferroviaria.





# Abstract

---

Energy diagnosis is an integral procedure in a transportation company to identify the reasons why the company does not attain satisfactorily, its planned objectives, given a set of conditions in terms of fleet quality, quantity, and security. The European countries experience has demonstrated that the correct administration of fuel is the key issue to efficient operation for the transportation companies and represent the best way to obtain profits.

The activities of a transportation company that have a close relationship with fuel consumption, are operation logistics, driving practices, vehicle maintenance procedures and vehicle performance. The proper consideration of these factors can lead to better actions in benefit of the company.

Transportation companies put into disposition of their users their fleet adapted to operation conditions, together with human resources and materials for proper driving and maintenance, to satisfy transport demand.

The government organizations on the other hand, need for their own activities, vehicles that permit them to have autonomy in the transfer of persons or products. However, a high percentage of these organizations purchase vehicles without a procedure that satisfies those requirements, giving as a result that a large portion of the vehicles are not the proper ones for the aimed activities.

In this report it is presented the results from two field diagnosis of the extended use of energy procedures, the first performed in the fleet of a governmental organization, and the second study in a railroad company. Recommendations from the diagnosis are offered and discussed.



# **Resume ejecutivo**

---

Los organismos gubernamentales requieren, para el desarrollo de sus actividades, contar con vehículos de transporte que les permitan tener autonomía en el traslado de productos o personas. Sin embargo, un alto porcentaje de dichos organismos han adquirido vehículos sin contar con un procedimiento que les permita satisfacer sus necesidades, ocasionando que la mayoría de ellos no sean los adecuados para las actividades a las que están destinados y, por lo tanto, se tenga un alto consumo de combustible.

En el transporte ferroviario como en toda empresa de transporte, existen también áreas relacionada directamente con el consumo de energía, como son: las áreas de operación, mantenimiento, administración, infraestructura y equipamiento. Debido a que el combustible constituye el segundo rubro más importante en la cuenta de gastos, se consideró realizar un diagnóstico preliminar en esta empresa, analizando el área de gestión de la energía.

La relación que existe entre el consumo de combustible, el sistema de operación, el modo de manejo de los operadores, el mantenimiento de las unidades y las características propias de las unidades permite, a través de un análisis de estos factores, detectar las anomalías que pueden existir en el funcionamiento de la empresa, y de ahí proponer las acciones correctivas más adecuadas. Dentro de estas acciones se encuentran los diagnósticos energéticos.

El diagnóstico energético es un proceso que se lleva a cabo en una empresa de transporte para identificar, a través del análisis de las diferentes áreas que la integran, desde un punto de vista energético, las causas por las que la empresa no puede alcanzar su objetivo principal, que es el de satisfacer la demanda de transporte, a través de la oferta de un parque vehicular que cumpla con las condiciones de calidad y seguridad que se requiere.

Las empresas de transporte ponen a disposición de sus usuarios un parque vehicular adaptado a las condiciones de operación, así como los recursos humanos y materiales que permitan manejarlo y mantenerlo, de acuerdo a la demanda de transporte, según las necesidades. Con este propósito tiene como meta final, la obtención de utilidades suficientes que le permitan financiar el capital, retribuir el trabajo y el desarrollo de la empresa.

La experiencia en países europeos, principalmente los no petroleros, ha demostrado que en el correcto seguimiento del consumo de combustible se encuentra la fórmula para una operación eficiente de la empresa de transporte y representa el mejor medio para la obtención de utilidades.

De acuerdo con estudios realizados en varias empresas mexicanas de autotransporte, el consumo de combustible se ve afectado de manera importante

por las logísticas de operación, las políticas de mantenimiento de los vehículos y por las prácticas y costumbres en su conducción. Por esta razón se han propuesto una serie de medidas orientadas a promover el uso eficiente de la energía. Algunas de estas medidas incluyen la optimización en los recursos del vehículo, el mejoramiento en la logística de operación de las flotillas, el entrenamiento continuo de los operadores, la selección de mejores alternativas en la tecnología de los vehículos y el monitoreo del combustible.

Debido a lo anterior, se han tenido que establecer acciones que permitan a las empresas de transporte funcionar de acuerdo con sus necesidades, para que éstas sean más productivas. Dentro de estas acciones se encuentran los diagnósticos energéticos.

El diagnóstico energético en una empresa de transporte es un proceso, en donde es necesario considerar el vínculo que existe entre el consumo de combustible (energía), el sistema de operación, el modo de manejo de los operadores, el mantenimiento de las unidades y las características propias de las unidades. A través del análisis de estos factores es posible detectar las anomalías que pueden existir en el funcionamiento de la empresa y proponer las acciones correctivas más adecuadas.

Realizado el diagnóstico se proponen una serie de medidas concretas para lograr hacer más eficiente el uso del combustible en los vehículos. Algunas de estas medidas pueden ser: optimización del mantenimiento, revisión de las políticas de la empresa para una mejor organización del tráfico, capacitación de operadores, vigilancia y control de los consumos de combustible y selección técnica de los vehículos.

El diagnóstico lo llevan a cabo una o varias personas, denominados diagnosticadores, que realizan entrevistas desde los niveles más altos de la empresa, esto es, desde la dirección o gerencia general; finalizando con el personal que trabaja en el taller. Al mismo tiempo, efectúan una inspección cuidadosa de las instalaciones, para formarse un juicio objetivo de lo que pasa realmente en la empresa y así poder proponer acciones que permitan corregir las desviaciones observadas.

Con el diagnóstico energético se debe realizar un balance económico que permita medir las utilidades, considerando tanto los egresos como los ingresos en las cuatro áreas fundamentales: operación, parque vehicular, forma de manejo de los vehículos y mantenimiento de los mismos. Cada una de estas áreas están relacionadas directamente con el ahorro de energía, por lo que cualquier acción positiva que se realice en alguna de ellas producirá un incremento en los ingresos, debido a que se reducirán los gastos de consumo de combustible, de refacciones y mano de obra.

La metodología del diagnóstico energético se puede establecer de manera general mediante el siguiente esquema:

- 1) Recopilación en la empresa de transporte de la información de las cuatro áreas involucradas directamente con el vehículo: Operación, mantenimiento, parque vehicular y forma de manejo por parte del operador.
- 2) Se realiza el análisis de la información recopilada en cada una de las áreas.
- 3) Se presenta el diagnóstico de los problemas que fueron identificados en las diferentes áreas que fueron revisadas.
- 4) Se realizan las recomendaciones técnicas pertinentes que pueden tener un impacto desde el punto de vista energético, así como los proyectos específicos para cada área, estos proyectos pueden considerar nuevamente la realización de un diagnóstico detallado.

Cada una de las acciones mencionadas en el esquema anterior, requieren que se tomen en consideración los siguientes aspectos:

A Estructura organizacional de la empresa.

Se recopila la información concerniente a las bases jurídicas del establecimiento de la empresa, así como la organización general de la misma.

B Tipo de operación de la empresa.

Permite conocer la naturaleza de las actividades de la empresa, los medios con que se cuenta para afrontar la demanda, así como los resultados que se han tenido en los años anteriores. El departamento de operación, es el responsable de la organización tanto de las unidades como de los operadores, esto es, de la organización de los servicios de transporte propiamente dichos para satisfacer la demanda del cliente

C Estructura del parque vehicular.

El conocimiento del estado del parque vehicular, implica una distribución por clases considerando los siguientes factores: modelo, marca, capacidad (toneladas útiles o número de pasajeros), peso total en carga y en vacío, edad. Esto permite tener una idea del estado general de la flota, de las condiciones de mantenimiento, de los aparatos existentes a bordo de la unidad que permitan reducir o controlar los consumos de combustible.

D Características mecánicas de los vehículos.

La adecuación de las características mecánicas del vehículo de la empresa al tipo de recorrido que principalmente realiza., permitirá que exista un rendimiento mecánico y energético óptimo, con la facilidad de subir pendientes a una velocidad adecuada y de circular en condiciones óptimas de régimen estabilizado del motor

E Mantenimiento del parque vehicular.

El diagnóstico del área de mantenimiento permite emitir un primer juicio sobre el esquema general de mantenimiento y de la capacidad que tiene la empresa para administrar el sistema que está aplicando

F Tipo de manejo del vehículo por parte del operador.

Identificar la forma de conducir los vehículos y con esta base establecer las acciones a seguir.

G Gestión y seguimiento de la energía.

Recopilar la información en cuanto a las características de los combustibles y lubricantes utilizados. Los mecanismos de adquisición, distribución y control de las cantidades tendrán que ser analizados. Se deberán de considerar las formas del establecimiento, contenido de los consumos específicos y de los balances energéticos, así como de la organización y política de la empresa en materia de gestión de la energía.

H Sistemas de información.

Identificar el sistema de información que se tiene en la empresa, así como los diferentes elementos de la organización que participan en el flujo de información. Ante la necesidad de contar con un mecanismo que permita establecer las deficiencias en la flota vehicular actual y las posibilidades de establecer medidas adecuadas para su óptimo funcionamiento.

En este documento se presentan, primeramente, los fundamentos de los diagnósticos energéticos y la forma en que éstos se realizan. Posteriormente se analizan dos casos de estudio en los cuales se ha aplicado esta metodología. En primer lugar se presenta la metodología aplicada a una flota de una institución gubernamental; enseguida, su aplicación en una empresa de transporte de ferroviario. En cada caso, una vez que se ha realizado el diagnóstico, se presentan las recomendaciones para cada una de las áreas en las que se detectaron problemas.

# Capítulo1 Introducción

---

Los organismos gubernamentales requieren, para el desarrollo de sus actividades, contar con vehículos de transporte que les permitan tener autonomía en el traslado de productos o personas. Para tal efecto, la mayoría de dichos organismos han adquirido los vehículos sin contar con un procedimiento acorde con sus necesidades, ocasionando que la mayoría de ellos no sean los adecuados para las actividades a las que están destinados.

Ante la necesidad de contar con un mecanismo, que permita establecer las deficiencias en la flota vehicular actual y las posibilidades de establecer medidas adecuadas para su óptimo funcionamiento, en este estudio se presenta primeramente el análisis realizado a la flota de una institución gubernamental.

Otro de los modos especiales de transporte que fueron analizados, desde el punto de vista energético, fue el transporte ferroviario en el cual el combustible constituye el segundo rubro más importante en la cuenta de gastos, aunado a la complejidad de la empresa. Al realizar el diagnóstico preliminar en esta empresa, se consideró el área de gestión de la energía, así como el área de abastecimiento, patios y talleres de locomotoras de la empresa ferroviaria.

En un diagnóstico energético, es necesario tomar en consideración el vínculo que existe entre el consumo de combustible, el sistema de operación, el modo de manejo de los operadores, el mantenimiento de las unidades y las características propias de las unidades. A través del análisis de estos factores es posible detectar las anomalías que pueden existir en el funcionamiento de la empresa y proponer las acciones correctivas más adecuadas.

Por lo anterior se han propuesto una serie de medidas concretas para lograr hacer más eficiente el uso del combustible. Algunas de estas medidas son: optimización del mantenimiento, revisión de las políticas de la empresa para una mejor organización del tráfico, capacitación de operadores, vigilancia y control de los consumos de combustible y selección técnica de los vehículos.

En este documento se presentan, primeramente, los fundamentos de los diagnósticos energéticos y la forma en que estos se realizan. Posteriormente se analizan los dos casos de estudio en los cuales se ha aplicado esta metodología. Primero se presenta la metodología aplicada a una flota de gobierno federal y después a una empresa de transporte ferroviario. En cada caso, una vez que se ha realizado el diagnóstico, se presentan las recomendaciones para cada una de las áreas en las que se detectaron problemas.





## **Capítulo 2 Diagnóstico Energético**

---

El diagnóstico energético es un método que se aplica en una empresa de transporte para identificar a través del análisis, desde un punto de vista energético, de las diferentes áreas que la integran, las causas que ocasionan que ésta no pueda alcanzar su meta principal. Esta meta es la de satisfacer la demanda de transporte, ya sea de carga o de pasajeros, a través de la oferta de un parque vehicular que cumpla con las condiciones de operación, calidad y seguridad que se requiere.

Sin embargo, el responsable de la empresa de transporte tiene como objetivo final ampliar el margen de utilidades que puede lograr para financiar o retribuir el capital, el trabajo y el desarrollo de la empresa. Por lo tanto, lo que se debe de tomar en cuenta son los ingresos, los egresos, y ver la forma de aumentar los primeros y disminuir los segundos.

Al realizar el diagnóstico, es conveniente no perder de vista el vínculo que existe entre el consumo de combustible (energía), el sistema de operación, el modo de manejo de los operadores, el mantenimiento de las unidades y las características propias de las unidades de transporte, para establecer el rendimiento energético del parque vehicular. Estos factores permiten fácilmente detectar las anomalías del funcionamiento de la empresa y proponer soluciones concretas que permitan la permanencia en el mercado y el desarrollo de la empresa.

### **2.1 Método del diagnóstico energético**

El método del diagnóstico energético se puede establecer de manera general a través de los siguientes pasos.

- 1 Recopilación en las instalaciones de la empresa de transporte, de la información de las cuatro áreas involucradas directamente con el tipo de vehículo, que son: Operación, mantenimiento, parque vehicular y forma de manejo por parte del operador.
- 2 Se realiza el análisis de la información recopilada.
- 3 Se lleva a cabo el diagnóstico de los problemas identificados.
- 4 Establecer las recomendaciones técnicas pertinentes que pueden tener un impacto energético.

Cada una de las acciones mencionadas en el esquema anterior, requieren que se tomen en consideración los siguientes aspectos:

- Estructura organizacional de la empresa.
- Tipo de operación de la empresa.
- Estructura del parque vehicular.
- Características mecánicas de los vehículos.
- Mantenimiento del parque vehicular.
- Tipo de manejo del vehículo por parte del operador.
- Gestión y seguimiento de la energía.
- Sistemas de información.

El diagnóstico energético lo realizan una o varias personas, denominados diagnosticadores, quienes llevan a cabo entrevistas con el personal de la empresa desde los niveles más altos, esto es, desde la dirección o gerencia general, finalizando con el personal que trabaja en el taller. Al mismo tiempo, efectúan una inspección cuidadosa de las instalaciones, para conocer de manera objetiva lo que pasa realmente en la empresa y así poder proponer acciones que permitan corregir las desviaciones observadas.

Con el diagnóstico energético se realiza un balance económico que permite medir las utilidades, considerando tanto los egresos como los ingresos de las cuatro áreas fundamentales: operación, parque vehicular, forma de manejo de los vehículos y mantenimiento de los mismos, así como las cantidades, precios, tiempo, distancias recorridas y toneladas o pasajeros a transportar.

Las áreas involucradas directamente en el diagnóstico, tienen una relación muy estrecha con la energía, por lo que cualquier acción positiva que se realice en alguna de ellas, producirá un incremento en los ingresos. Esto debido a que al lograr una mejora en alguna de éstas, se reducirán los gastos de consumo de combustible, de refacciones y mano de obra.

Es necesario enfatizar que para llevar a cabo el diagnóstico energético, la gerencia o dirección general de la empresa debe estar de acuerdo en que este se realice, reconocer que algo anda mal en su empresa y aceptar la idea de que necesita un examen cuidadoso de cada una de las áreas directamente involucradas con la energía.

## **Capítulo 3 Caso: Flota de gobierno**

---

### **3.1 Presentación de la Empresa**

La empresa Omega es un organismo público descentralizado a cargo de la operación, control y servicio de redes de telecomunicación entre las que se incluye telegrafía, telefonía celular y telex del país, cuya sede administrativa se encuentra ubicada en la Ciudad de México, con cinco oficinas.

#### **3.1.1 Estructura organizacional**

La empresa está dirigida por un director general al que le reportan cinco direcciones, tres de ellas operativas y dos administrativas. De las cinco direcciones dependen 91 gerencias, en las que se incluyen 32 estatales.

#### **3.1.2 Descripción de la actividad**

Para la elaboración de este diagnóstico energético se consideró únicamente la gerencia de servicios generales en el área de la coordinación de transportes y talleres, que es la responsable del mantenimiento mecánico de las unidades, los trámites relacionados con los vehículos y del suministro de combustible. El organigrama de esta área se muestra en la Figura 3.1

#### **3.1.3 Informatización**

La coordinación cuenta con un sistema de información semiautomatizado, que consiste en una base de datos del parque vehicular ubicado en la ciudad de México (área central), creada en un programa comercial y un programa computacional para el cálculo del suministro de combustible desarrollado por la empresa.

Los programas utilizados no están diseñados para el análisis de información, y debido al volumen que se genera y al poco personal asignado, el sistema se encuentra limitado.

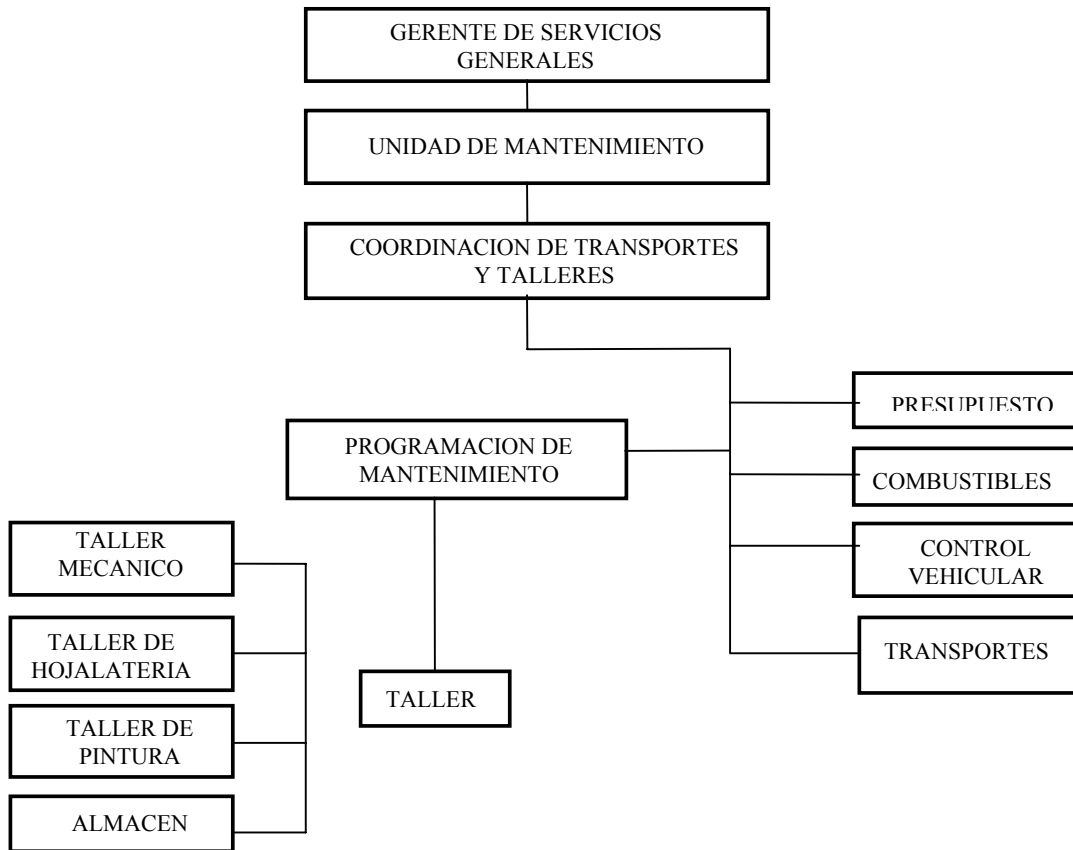


Figura 3.1

**Segmento del organigrama de la gerencia de servicios generales (operativo)**

## 3.2 Análisis y diagnóstico

### 3.2.1 Sistema de operación

Los vehículos se asignan a las diferentes áreas bajo un formato de solicitud y justificación del uso de los vehículos. Cada una de ellas los utiliza según las actividades, necesidades y prioridades que establecen los responsables de cada área.

**Asignación de los vehículos:** Los vehículos son asignados a tres tareas principales.

*Ejecutivas.* Como prestación a los gerentes, subdirectores y directores, se les asigna una unidad para actividades propias del cargo a desempeñar y para uso personal.

*Servicios operativos.* Los servicios operativos consisten en el mantenimiento de redes, sistemas de microondas, grupos electrógenos, servicio de T.V. y telefonía; apoyo al programa hoy no circula y a brigadas de sistemas repetidores; recorridos de supervisión; instalación y traslado de equipo para su mantenimiento; estudios de campo y elaboración de planos.

*Servicios administrativos.* Los servicios administrativos consisten en traslado de personal, mensajería (entrega de invitaciones a licitaciones, correspondencia, cotizaciones y pedidos), atención a clientes, recorridos en las instalaciones por parte de los responsables de seguridad y protección civil.

En la figura 3.2 se muestra la distribución de vehículos por tarea, siendo las dedicadas a tareas administrativas las de mayor número.

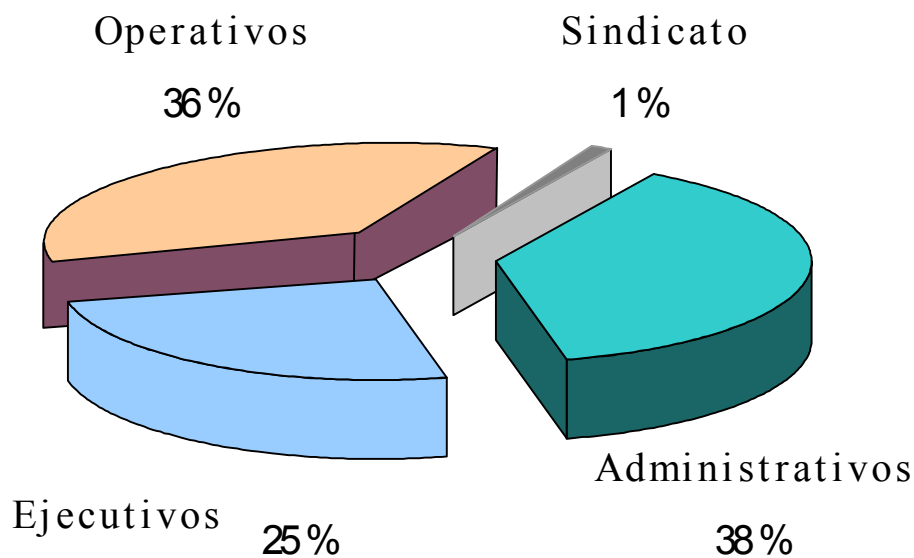


Figura 3.2

### Distribución del parque vehicular por funciones

Para determinar las distancias recorridas por las unidades se consideró un periodo de operación de seis meses, con una muestra aleatoria por tipo de unidad, con base en las bitácoras de combustible entregadas a la oficina de combustibles y lubricantes. La información se presenta en la tabla 3.1

Otro factor a considerar en la operación de vehículos es el número de accidentes que tienen, el año pasado sumaron 33. Las unidades cuyos costos de reparación no pueden ser cubiertos por el seguro, debido al deducible, son reparadas en el taller.

### Síntesis de la problemática.

Las actividades para las que puede usarse un vehículo no están bien definidas, por lo que regularmente los vehículos que son asignados para servicios operativos son utilizados en servicios administrativos. Según los informes de justificación de vehículos existen 61 unidades que tienen como uso regular la mensajería, a pesar de existir una coordinación de correspondencia y archivo encargada exclusivamente a esta actividad.

Algunas áreas dentro del organismo reportan en la bitácora de combustible, o en la bitácora de justificación del uso de los vehículos o actividades mínimas. También realizan la solicitud de baja de la unidad por la inseguridad que representa su utilización. Además, las políticas de no-adquisición de unidades limitan su remplazo por vehículos seguros.

Cabe mencionar que existe un gran número de recorridos entre las diferentes oficinas, y dada la ubicación de cada una dentro de la ciudad de México, aumenta las distancias recorridas por las unidades y, por ende, el consumo de combustible.

Tabla 3.1

#### Distancias recorridas por unidades de la flota en un período de seis meses (muestra aleatoria)

| Tipo de unidad | Actividad principal | Distancia recorrida | Rendimiento (km/l)  |
|----------------|---------------------|---------------------|---------------------|
| Motocicleta    | Administrativa      | 15 340              | 15.21               |
| Camioneta      | Operativas          | 5 220               | 4.42                |
| VW Sedan       | Administrativa      | 6 481               | 3.39                |
| VW Golf        | Ejecutiva           | N.e.r. <sup>1</sup> | N.e.r. <sup>1</sup> |

<sup>1</sup> No existen registros

## 3.2.2 Parque vehicular

### Estructura y dimensión

Debido al tamaño del parque sólo se analiza la estructura y dimensión; como se observa en la figura 3.3, el espectro de edades del parque se extiende en un rango de 24 años (de 1976 a 2000).

La edad promedio de la flota es de 6.9 años, estando compuesta por 12 marcas y 32 modelos diferentes. Se hace notar que existen 15 unidades a Diesel y 372 a

gasolina; lo cual es desventajoso si se considera la estandarización de refacciones y especialización de la mano de obra.

### Síntesis de la problemática

Debido a que la empresa depende del gobierno federal, se rige por estrictos reglamentos para la adquisición de unidades. Estos establecen que deben cumplirse las especificaciones técnicas y seleccionar la opción que represente el menor costo de adquisición. Esta normatividad impide la homogeneización de la estructura del parque vehicular, otro factor que influye es la ausencia de una persona con conocimientos técnicos suficientes para evaluar las características de los vehículos a adquirir.

Existe otra reglamentación que impide la renovación del parque, ya que establece que las unidades sólo puedan darse de baja cuando el valor de reconstrucción de la unidad exceda el 40% del valor comercial del vehículo en el mercado. Esta disposición causa dos problemas serios: La reconstrucción integral de las unidades, dejándolas fuera de servicio por un largo periodo de tiempo; y que las unidades con mayor edad no cumplen con facilidad las disposiciones ambientales en la zona metropolitana del Valle de México, lo que ocasiona multas y recargos para la empresa.

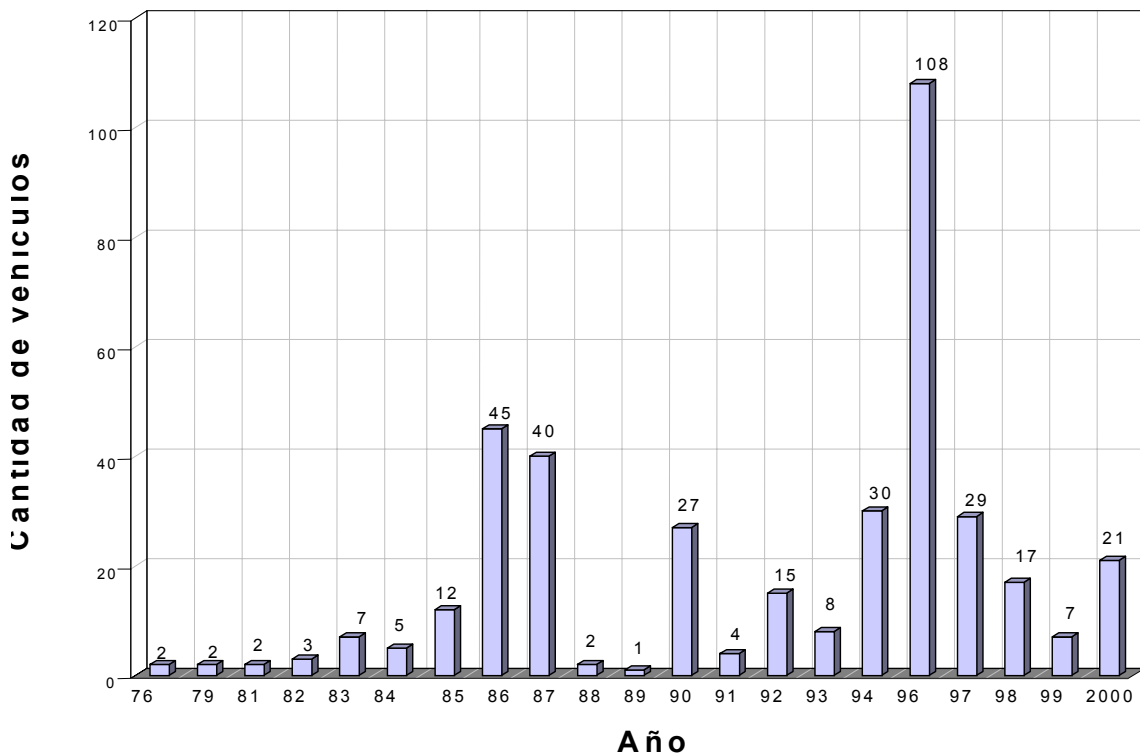


Figura 3.3

### Distribución de la edad del parque vehicular de la compañía Omega

### **3.2.3 Sistema de mantenimiento**

#### **Proceso de mantenimiento**

##### **Operaciones de diagnóstico vehicular**

Cuando una unidad llega al taller es debido a una falla. Los usuarios solicitan por escrito la reparación del vehículo y lo llevan a los talleres, ubicados en las instalaciones de Omega, donde se llena el formato de orden de trabajo y un oficial de policía levanta un inventario de la unidad. Posteriormente el vehículo y la orden de trabajo son revisados por el jefe de taller quien dictamina si los servicios a realizar son los adecuados y reporta al programador de trabajo los resultados. Considerando este procedimiento, no es posible un diagnóstico vehicular de la unidad.

Cuando se hacen revisiones de niveles de fluidos del vehículo, en la mayoría de los casos éstos se encuentran bajos, lo cual indica que las personas que tienen bajo su responsabilidad las unidades no las revisan sistemáticamente.

##### **Operaciones de mantenimiento preventivo**

El mantenimiento preventivo es una actividad que comienza a desarrollarse en los talleres de Omega, el programa está implementándose con base en los periodos de verificación vehicular en la Zona Metropolitana. Esto implica un periodo de seis meses entre un servicio de mantenimiento y otro. Dentro de esta actividad preventiva se hacen algunas operaciones correctivas, las cuales son indicadas por el jefe del taller en la orden de servicio.

##### **Operaciones de mantenimiento correctivo**

Estas son las operaciones habituales en los talleres. Cuando se corrige la falla el mecánico solicita un vale de refacciones y recoge las refacciones para proceder a la reparación. En caso de no existir las refacciones en el almacén, la unidad permanece en el taller hasta que se adquieren.

##### **Estructura y locales**

Las instalaciones de taller se encuentran divididas en el área de reparaciones, hojalatería y almacén, en una superficie de 1 080 m<sup>2</sup>. Figura 3.4. Las reparaciones de las unidades a Diesel y las de pintura se realizan en el estacionamiento del taller.

La oficina del coordinador y la del programador de mantenimiento tiene comunicación visual con los mecánicos con un panorama amplio de las actividades que se llevan a cabo en el taller.

En el área exterior se estacionan las unidades que ya se encuentran reparadas o que esperan turno para repararse



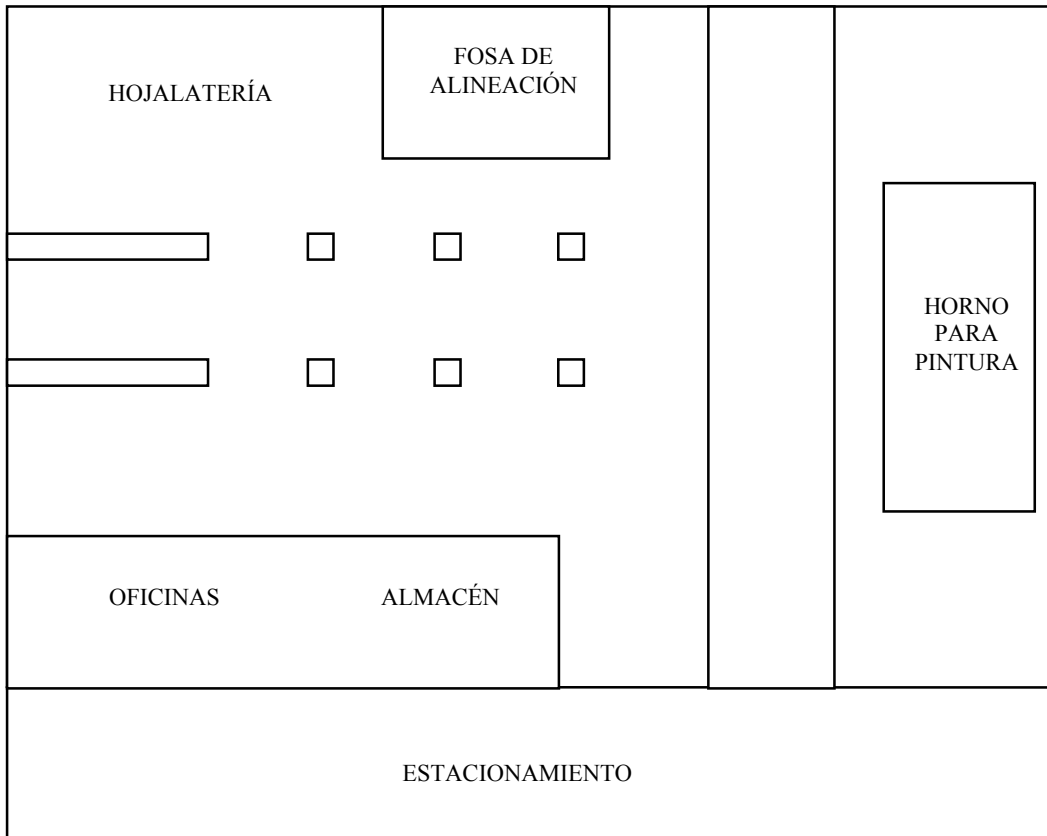


Figura 3.4.

Croquis de las instalaciones del taller

Recursos humanos

La responsabilidad del taller recae en tres personas: el coordinador, el programador y el jefe de taller. Por último se encuentran los mecánicos y ayudantes, en la tabla 3.2 se muestra la distribución del personal.

El horario de trabajo del personal en esta área es de 9 a 15 h. Dependiendo del tipo de contrato deben regresar de 16 a 20 h. Los mecánicos sólo han recibido un curso de capacitación durante el presente año y todos ellos son de formación empírica.

Debido a los bajos sueldos que percibe el personal de mantenimiento, este falta por lo regular una vez por semana, generalmente, en el turno vespertino.

Tabla 3.2  
**Personal de mantenimiento**

| <b>Categoría</b>               | <b>Personal</b> |
|--------------------------------|-----------------|
| Mecánicos de 1 <sup>a</sup>    | 5               |
| Ayudantes de mecánico.         | 6               |
| Hojalateros                    | 1               |
| Ayudantes de hojalatero        | 1               |
| Pintores                       | 1               |
| Electricista de 2 <sup>a</sup> | 1               |
| Administrativos                | 13              |

#### Recursos materiales

Parte de la herramienta que existe se encuentra en malas condiciones, asimismo, no se cuenta con la herramienta necesaria para realizar algunos de los trabajos. Principalmente herramientas en medidas milimétricas y de formas especiales, necesarias para llevar a cabo la reparación de vehículos nuevos. No se cuenta con el equipo requerido para realizar el diagnóstico de fallas y para realizar el lavado de inyectores de los vehículos con sistema de inyección de combustible.

A pesar de que se cuenta con un equipo para alineación no existe personal capacitado para su operación.

Se cuenta con un horno para pintura automotriz que no funciona debido a la falta de un ventilador y, al parecer, también por el desconocimiento en su operación.

#### Almacén de refacciones

El almacén del taller está a cargo del coordinador del taller, del programador y del jefe del taller, quienes pueden autorizar la entrada y salida de refacciones. Mientras que el jefe del taller únicamente autoriza salidas mediante vales. En el almacén existen dos personas a cargo de entregar las refacciones.

La anterior política de adquisiciones de refacciones era comprar un gran volumen de piezas al menor costo, algunas de las cuales resultaban defectuosas. Debido a su cantidad, muchas permanecen sin usarse, y posiblemente ya no existan los

vehículos para las que estaban destinadas. Esta política ha saturado al almacén de ciertas refacciones, generalmente de baja calidad y ha dado origen a la escasez de otras.

Actualmente se está estableciendo una programación de compras de refacciones de acuerdo al programa de mantenimiento. Las refacciones que no se encuentran en existencia se tratan de adquirir lo más pronto posible; sin embargo, aún así, existen retrasos en la adquisición por falta de presupuesto o de crédito.

#### Información

Aunque existe un formato de registro de las reparaciones de los vehículos en una libreta en la que se anota el número consecutivo de orden de trabajo, no se revisa ni se realiza un análisis de falla de las unidades. Se está implantando la bitácora de mantenimiento de la unidad, la cual se ubica en el taller.

#### Síntesis de la problemática

El taller formó parte de la coordinación de almacenes y recientemente forma parte de la gerencia de servicios generales. Las deficiencias del taller son graves debido a la falta de capacitación y esto afecta las actividades de los usuarios de vehículos por estar estos en reparación hasta por un mes. La falta de actualización del personal afecta la eficiencia y permite el desperdicio de recursos materiales. Cabe señalar que los mecánicos están sumamente desmotivados por su situación salarial, lo que complica la situación.

### 3.2.4 Gestión de combustibles

El consumo de combustible en Omega fue de US\$ 168 798.00<sup>1</sup> durante el año de 2000. La totalidad del abastecimiento de combustibles tiene lugar en las estaciones de servicio de la compañía autorizada, con la que no se tiene contrato debido a la inflexibilidad jurídica de ambas partes, sin embargo, se opera satisfactoriamente desde hace dos años.

Omega emplea un sistema contable de vales foliados y autorizados para abastecer a los vehículos con un periodo de validez de un mes; por problemas operativos, durante los primeros días del mes siguiente, los vales son aceptados, lo cual no implica que los usuarios utilicen todos los vales ya que existen algunas devoluciones.

El control se lleva a cabo de acuerdo a tres formas de suministro: dotación normal a vehículos, dotación extraordinaria a vehículos, dotación a plantas de emergencia, máquinas de jardinería y movimiento de materiales.

---

1 <sup>1</sup> Dólares de 2000

El procedimiento de control es el siguiente: Se verifican los cambios en el parque vehicular, calculándose una dotación monetaria para combustible y un programa de computadora calcula la cantidad en litros. Con base en esta información, se solicita un cheque por el 80% del total programado y al inicio del mes se reparten los vales para el mismo. Para recibir los vales, cada vehículo entrega una bitácora de combustible en la que se estiman los consumos en cada recorrido del vehículo, la distancia recorrida en kilómetros y el motivo por el cual el vehículo se desplazó. Una vez que la dotación se ha terminado, se solicita una dotación extraordinaria, por medio de memorándum, o entregándose la bitácora del mes en curso donde se muestra que el combustible fue insuficiente.

Es importante señalar que los vehículos asignados a ejecutivos y las unidades de planta de emergencia no entregan bitácora, y cuando se solicitan dotaciones extraordinarias las bitácoras no son revisadas.

Para realizar el diagnóstico se llevó a cabo una revisión de las bitácoras de los vehículos correspondientes al mes de julio y cuya información se presenta resumida en la tabla 3.3, en esta tabla se observa que de un total de 377 vehículos, solamente 287 presentan bitácora, 54 de las cuales fueron mal elaboradas, 27 vehículos no tienen odómetro y 81 no reportaron por otras causas. Lo que resulta un total de 125 vehículos del parque vehicular que está cumpliendo con este requisito, apenas un 33 % del total de la flota.

Tabla 3.3

**Análisis de bitácoras (mes de julio)**

| <b>Situación</b>            | <b>Número de vehículos</b> | <b>Porcentaje</b> |
|-----------------------------|----------------------------|-------------------|
| Sin bitácora (ejecutivos)   | 90                         | 23                |
| Mal elaboradas              | 54                         | 14                |
| Sin odómetro                | 27                         | 08                |
| No reportó por otras causas | 81                         | 22                |
| Bien elaboradas             | 125                        | 33                |
| Total                       | 377                        | 100               |

En otro aspecto, las facturas que se pagan al grupo gasolinero sólo se revisan comparando las cantidades de dinero que ampara la factura contra lo entregado por la oficina de combustibles. En la tabla 3.4 se presenta lo correspondiente al primer semestre de 2000.

Aquí se aprecia que existen devoluciones por parte de las áreas como se mencionó anteriormente, pero también hay una cantidad de vales que no son utilizados o son usados en los meses siguientes, lo que provoca un descontrol en la administración del combustible.

La empresa no ha fijado un rendimiento de combustible, sin embargo, en la tabla 3.1 se resumen los factores de rendimiento de combustible de las cuatro unidades consideraras para el estudio, los cuales están por debajo de los rendimientos establecidos por los fabricantes, esto se debe a diversas causas, entre otras: forma inadecuada de manejo del vehículo, mantenimiento deficiente y uso indebido de la dotación de combustible.

Tabla 3.4.

**Control de consumo de combustible en dólares americanos**

| Mes   | Importe calculado | Vales no usados | Total entregado | Vales devueltos | Consumo estimado | Consumo real | Ahorro del mes |
|-------|-------------------|-----------------|-----------------|-----------------|------------------|--------------|----------------|
|       | B                 | C               | D=(B-C)         | E               | F=(D-E)          | G            | J=(B-G)        |
| Ene   | 19 394.88         | 2 896.56        | 16 498.32       | 1 056.55        | 15 441.77        | 15 404.16    | 3 990.72       |
| Feb   | 16 445.25         | 2 707.33        | 13 737.92       | 911.86          | 12 826.06        | 12 672.46    | 3 772.79       |
| Mar   | 14 082.33         | 1 448.31        | 12 634.02       | 87.42           | 12 546.60        | 12 482.15    | 1 600.18       |
| Abr   | 18 867.31         | 1 886.73        | 16 980.58       | 987.52          | 15 993.06        | 14 502.38    | 4 364.93       |
| May   | 18 901.60         | 1 893.51        | 17 008.09       | 414.83          | 16 593.26        | 16 496.24    | 2 405.35       |
| Jun   | 18 720.14         | 1 768.37        | 16 951.77       | 37.76           | 16 914.01        | 16 759.75    | 1 960.39       |
| Total | 106 411.51        | 12 600.81       | 93 810.70       | 3 495.94        | 90 314.76        | 72 248.35    | 18 094.36      |

### Síntesis de la problemática

El sistema de control adoptado es únicamente contable, por lo cual se ignoran las cantidades en litros de cada tipo de combustible consumido. En la tabla 3.5, se evalúa en forma aproximada el sistema implantado, la evaluación se hace tomando en cuenta el promedio de los precios de las gasolinas para cada mes

Tanto en la figura 3.5 como en la tabla 3.6 se observa que la exigencia de la bitácora, en conjunto con mantener una dotación fija ha dado buenos resultados, siendo la diferencia máxima de 30, 383 litros para el mes de julio. Sin embargo, el sistema puede mejorar si todos los vehículos entregasen bitácoras y se restringiesen más las dotaciones extraordinarias, en las que se incluyen los consumos de las plantas eléctricas. El ahorro podría ser hasta de un 10%. Esto se aprecia en el mes de febrero del año 2000, en el cuál se restringieron las dotaciones extraordinarias, y se observó que se entregaron bitácoras bien elaboradas.

Hay que tomar en cuenta también que el precio del combustible no es fijo para todos los meses, tiene un aumento de aproximadamente 0.01 dólar mensual, lo que incrementa el consumo en unidades monetarias del combustible.

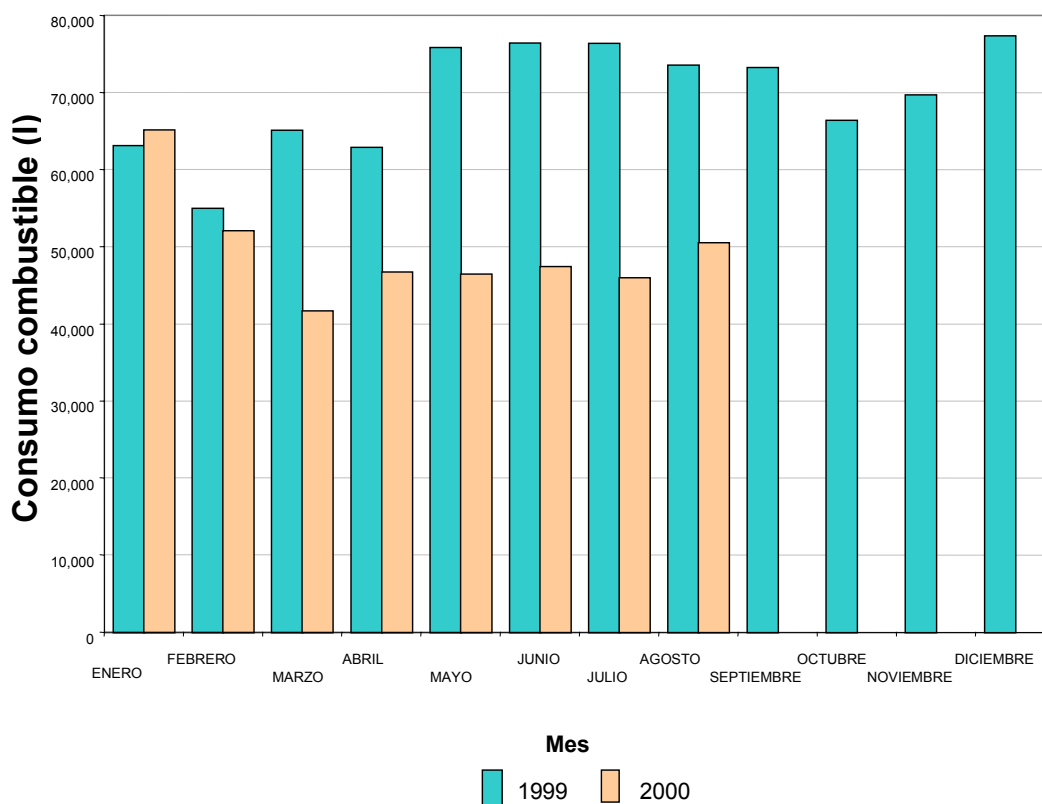


Figura 3.5

### Evaluación aproximada del método de bitácoras para la gestión de combustible

Tabla 3.5  
Evaluación aproximada del método de bitácoras para la gestión de combustible.

| Mes | 1999             |            |                |        | 2000             |            |              |        |
|-----|------------------|------------|----------------|--------|------------------|------------|--------------|--------|
|     | Presupuesto US\$ | Gasto US\$ | Diferencia (%) | Litros | Presupuesto US\$ | Gasto US\$ | Diferencia % | Litros |
| Ene | 15 597           | 12 591     | 19.27          | 63 106 | 28 216           | 13 564     | 51.93        | 65 173 |
| Feb | 15 380           | 11 011     | 28.40          | 54 973 | 14 577           | 10 921     | 25.08        | 52 075 |
| Mar | 15 326           | 13 151     | 14.19          | 65 147 | 14874            | 11 899     | 20.00        | 41 664 |
| Abr | 15 382           | 12 703     | 17.42          | 62 926 | 18 466           | 14 174     | 23.24        | 46 718 |
| May | 15 328           | 15 312     | 0.10           | 75 853 | 17 638           | 14 147     | 19.79        | 46 478 |
| Jun | 15 435           | 15 548     | -0.73          | 76 425 | 18 321           | 14 585     | 20.39        | 47 430 |
| Jul | 15 539           | 13 041     | 16.08          | 76 385 | 19 646           | 14 209     | 27.67        | 45 975 |
| Ago | 15 544           | 14 964     | 3.73           | 73 558 | 19 712           | 15 769     | 20.00        | 50 506 |
| Sep | 15 399           | 15 021     | 2.45           | 73 271 |                  |            |              |        |
| Oct | 15 738           | 13 610     | 13.52          | 66 389 |                  |            |              |        |
| Nov | 15 841           | 14285      | 9.82           | 69 683 |                  |            |              |        |
| Dic | 17 956           | 15 989     | 10.95          | 77 405 |                  |            |              |        |

## 3.3 Recomendaciones y proyectos

Las recomendaciones que se hacen en esta parte se pueden emplear de forma independiente o en conjunto.

### 3.3.1 Sistema de operación

#### 3.3.1.1 Asignación de vehículos

**Objetivo:** Realizar una mejor distribución de las unidades disponibles.

**Descripción:** De acuerdo con los problemas detectados en la operación de los vehículos se debe dar importancia a una asignación de unidades eficiente. Cuando se asigne una unidad a un área deberán existir reglas de prioridad de asignación de vehículos de acuerdo con los objetivos de la institución y con las funciones operativas que realizan.

**Beneficios:** Al distribuir las unidades de acuerdo a las prioridades del organismo se dará un mejor servicio a sus clientes y a las entidades administrativas del mismo, además, se evita la duplicidad de actividades.

#### 3.3.1.2 Planeación de aspectos técnicos de operación

**Objetivo.** Optimizar los recorridos de los vehículos.

**Descripción.** Establecer un sistema de valija, con dos recorridos: uno en turno matutino y otro en el turno vespertino, teniendo como base la oficina central de Omega y una oficina de recepción y entrega de documentación en cada una de los domicilios de la empresa en la ciudad de México. Otra opción es la contratación de un servicio de mensajería, la cual se deberá evaluar tanto operativa como financieramente.

Debido a que gran parte de los vehículos se utilizan, entre otras cosas, para dar mantenimiento a las estaciones terrenas; se sugiere realizar un estudio de rutas de mantenimiento para las estaciones que lo requieran y tener uno o varios vehículos disponibles para situaciones de emergencia.

Realizar un análisis de las rutas que existen entre las diferentes oficinas del área metropolitana, con el fin de reubicar al personal que trabaja en ellas para reducir los recorridos, teniendo siempre en cuenta que estos movimientos no entorpezcan las actividades de la empresa.

**Beneficios.** Al reducir el recorrido de vehículos con el mismo fin, se reduce el consumo de combustible y se aumentan los periodos de mantenimiento de los mismos. Al reubicar al personal se reducen los tiempos improductivos por traslado,



las distancias a recorrer son más cortas y en consecuencia se logrará un ahorro en el consumo de combustible.

### 3.3.2 Parque vehicular

**Objetivo.** Homogeneizar el parque vehicular.

**Descripción.** La coordinación de talleres debe participar en la definición de las especificaciones técnicas de las unidades que se van a adquirir, con el propósito de tomar en consideración el consumo de combustible de los vehículos, tomando como referencia el rendimiento combinado del consumo de combustible, el costo y disponibilidad de las refacciones, así como realizar una proyección de los costos de mantenimiento. Otra alternativa es solicitar la asesoría técnica de otra entidad para el dictamen técnico de las unidades.

**Beneficios.** Al homogeneizar el parque vehicular se especializa la mano de obra en el taller reduciendo tiempos y el costo de mantener inventarios de refacciones.

### 3.3.3 Manejo de vehículos

**Objetivo.** Disminuir el consumo de combustible, el número de accidentes y prolongar los periodos de mantenimiento.

**Descripción.** Establecer un control de consumo de combustible por operador de la unidad, de este modo se determinará la necesidad de capacitar al personal en una forma de manejo más eficiente, tal como lo es la metodología de la conducción técnica de vehículos.

**Beneficios.** Reducción de costos por consumo de combustible, por mantenimiento de las unidades y por accidentes, a la vez que se reduce la estancia de vehículos en el taller.

### 3.3.4 Sistema de mantenimiento

**Objetivo.** Aprovechar la capacidad de recursos con que cuenta el taller mecánico.

**Descripción.** Establecer un programa de compras de herramientas manuales con el propósito de facilitar la labor de los mecánicos, realizar una lista de las herramientas básicas mostrada en el [Apéndice A](#) y elaborar un plan de trabajo del taller con la conceptualización de su operación, tal como se muestra en los [Apéndice B y C](#).

Aumentar el número de cursos de capacitación, con el propósito que cualquier mecánico pueda realizar cualquier reparación.

Eliminar el almacén de refacciones y sustituirlo por una refaccionaria que tenga una sucursal en las instalaciones del taller. El contrato con la refaccionaria deberá tomar en cuenta aspectos como:

- Inventario de refacciones de calidad de acuerdo a la estructura del parque vehicular.
- Ganancia fija de la refaccionaria al proporcionar las piezas, es decir, se debe acordar una ganancia fija para la refaccionaria y que el encargado de facturación conozca siempre el precio de venta.
- Establecimiento del tiempo máximo de entrega de las refacciones que no se encuentren en existencia en el momento de solicitarse, con penalización por no cumplir con la entrega.

Automatización del registro de información en el taller con un programa que satisfaga las necesidades de bitácora de vehículos, análisis de fallas y programación de las actividades del taller.

**Beneficios.** Reducción de tiempos de estancia de las unidades en el taller, eliminación del costo de mantenimiento de inventarios y obsolescencia de las refacciones, aumento de la calidad de las mismas que implica mayor vida útil del componente y por ende se evitan reingresos al taller. Acceso inmediato a la información indispensable para administración y funcionamiento del taller.

### **3.3.5 Gestión de combustibles**

**Objetivo.** Contar con un registro y control de combustible por tipo de vehículo, usuario y actividad, a través de las bitácoras de uso de combustible.

**Descripción.** Como ya se mencionó anteriormente el sistema contable ha dado buenos resultados, pero aún tiene las fallas que se indican en la tabla 3.6.

Por lo tanto se propone como primera acción, implementar un manual de procedimientos, que permita normar y establecer la obligatoriedad de entrega de bitácoras de uso de combustible y así obtener información más confiable.

Con la información que se recopile, se podrá establecer un factor de rendimiento de combustible por tipo de unidad, con base en el rendimiento combinado de combustible. En la tabla 3.7 se presentan algunos de los rendimientos combinados para algunos modelos de vehículos usados por Omega.

Tabla 3.6.

**Desglose de situaciones y proyectos**

| <b>Recomendación</b>  | <b>Ponderación</b>  | <b>Prioridad para resolver el problema</b> |
|---|---|--|
| Realizar un manual de procedimientos del control y registro de combustible  | GRAVE. No se cuenta con un documento oficial que permita normar todos los criterios en el uso y distribución del combustible.   | ALTA                                       |
| Establecer el uso de la bitácora para el registro del consumo de combustible en los vehículos.  | GRAVE. Actualmente algunas áreas lo realizan de manera periódica pero es necesario poner énfasis en que la elaboración sea correcta.  | ALTA                                       |
| Optimizar el sistema computarizado de análisis de consumos de combustible para conocer la cantidad de vehículos que tiene Omega por tipo de actividad (operativo, administrativos y ejecutivos; la cantidad de vehículos por área (tipo, modelo, desplazamiento del motor y tipo de combustible usado; quién opera los vehículos y con qué frecuencia | MEDIANAMENTE GRAVE. Ya se tiene un sistema en funcionamiento y logra reducir costos, aunque no proporciona información confiable  | MEDIANA                                    |
| Formalizar el suministro de combustible por medio de un contrato con la compañía que presta el servicio:<br><br>Analizar si es la mejor opción y buscar alternativas  | NO GRAVE. Aunque no se tiene un contrato establecido, la compañía presta un buen servicio, buena cobertura y el control es directo con el proveedor, pero puede ser grave en el futuro. | BAJA                                       |

En la última columna de la tabla 3.7 puede observarse el porcentaje que representa el consumo de combustible en la ciudad con respecto al rendimiento combinado de combustible. Este rendimiento puede extenderse a todas las marcas y disminuirlas en un 10% debido a las condiciones mecánicas del parque, con el fin de establecer los factores por modelo. Conforme el parque vehicular mejore su estado mecánico esta disminución puede eliminarse.

Tabla 3.7

**Algunos de los rendimientos combinados de combustible para la flotilla de Omega**

| Modelo       | Marca  | Año  | Rendimiento combinado de combustible (RCC) | Rendimiento de combustible en ciudad (RCCIUD) | Rendimiento de combustible en carretera (RCCARR) | RCC RCCIUD (%) |
|--------------|--------|------|--|---|--|----------------|
| SEDÁN        | VW     | 1985 | 13.77                                      | 10.99   | 17.17  | 79.81          |
| CARIBE C, GL | VW     | 1986 | 16.12                                      | 12.89   | 20.07  | 79.96          |
| CARIBE GT    | VW     | 1986 | 14.24                                      | 11.86   | 17.16  | 83.29          |
| TSURU II     | NISSAN | 1988 | 16.90                                      | 14.00   | 20.45  | 82.84          |
| TSURU II     | NISSAN | 1988 | 17.55                                      | 14.00   | 21.89  | 79.77          |
| TSURU II     | NISSAN | 1988 | 14.22                                      | 12.83   | 15.94  | 90.23          |
| GOLF         | VW     | 1989 | 15.23                                      | 12.20   | 18.94  | 80.11          |
| GOLF         | VW     | 1989 | 14.22                                      | 12.09   | 16.83  | 85.02          |
| GOLF         | VW     | 1989 | 17.12                                      | 13.25   | 21.87  | 77.39          |
| GOLF         | VW     | 1989 | 14.41                                      | 11.87   | 17.52  | 82.37          |
| GOLF         | VW     | 1989 | 15.53                                      | 12.70   | 19.00  | 81.78          |
| GOLF         | VW     | 1989 | 14.74                                      | 11.67   | 18.50  | 79.17          |
| TSURU II     | NISSAN | 1990 | 15.57                                      | 13.47   | 18.15  | 86.51          |
| SEDAN        | VW     | 1990 | 13.71                                      | 11.03   | 17.00  | 80.45          |
| SEDAN        | VW     | 1991 | 13.90                                      | 11.25   | 17.15  | 80.94          |

Para las unidades que no cuenten con etiqueta de rendimiento combinado de combustible deberán hacerse algunas pruebas o establecerlo como el promedio del rendimiento de combustible del último semestre.

Al tiempo de establecerse el rendimiento por vehículo deberán registrarse los operadores de cada uno de los mismos y evitar posibles anomalías al establecer uno o varios responsables directos por el consumo de combustible.

Las bitácoras de consumo de combustible deben modificarse agregando al formato el nombre de la persona que hace el abastecimiento de combustible, el número de vale y su importe; también la cantidad de litros abastecidos y en la parte inferior se deberá agregar el total de la distancia recorrida, litros consumidos y rendimiento combustible promedio. Además, se debe exigir a los usuarios de los vehículos el regreso de todos los vales no utilizados. Esta recopilación general de la información permitirá identificar la cantidad de cada combustible consumido y el vehículo en el cual se consumió.

También se deberá solicitar a la compañía que preste el servicio, que anote el número de placa de los vehículos a los que abastezca de combustible al reverso de los vales, así mismo las facturas deberán especificar la cantidad y tipo de combustible comprado.

Es importante señalar que debe existir un control y revisión periódica del sistema, es decir, de bitácoras contra vales y éstos contra facturas.

**Beneficios.** Se logrará una reducción en el consumo de combustible, permitiendo también la elaboración precisa del presupuesto designado para la compra de combustibles, así como la detección de posibles fallas mecánicas cuando se note una variación en el consumo en los vehículos.

### 3.4 Conclusiones

La metodología del diagnóstico energético rápido es una herramienta útil para evaluar el funcionamiento de una empresa de autotransporte y puede ser implementada para flotas más pequeñas, tal como la del estudio realizado en una flota de gobierno, con algunas modificaciones. Por ejemplo, deben cambiarse los indicadores de productividad de la flota, en este caso para el uso de las unidades, ya que éste representa un costo que no generará una utilidad monetaria.

La aplicación de esta metodología en una empresa paraestatal revela que las normas establecidas complican y dificultan el buen funcionamiento de la misma, ya que, por ejemplo, se puede observar la diversidad del parque vehicular y las situaciones prevalecientes en el taller, que en gran medida son consecuencia de la rigidez de la legislación vigente.

Por otro lado, las empresas del gobierno federal, al igual que las del sector privado, están sujetas a realizar sólo un control contable, sin darle importancia a otros tipos de controles, como puede ser el control de energéticos, el control del mantenimiento, etc., lo que trae como consecuencia no utilizar de manera eficiente los recursos con que cuenta la empresa.



# **Capítulo 4 Caso: Transporte ferroviario**

---

## **4.1 Presentación de la empresa**

Como en toda empresa de transporte, en Transportes Ferroviarios, S. A. (Transferr) existen diferentes áreas como son: operaciones, mantenimiento, administración, infraestructura, equipamiento, informática y gestión energética, entre otras. Sin embargo, en el diagnóstico preliminar que se realizó en esta empresa sólo se consideró el área de gestión de la energía, debido a la complejidad de la empresa y, sobre todo, porque el combustible constituye el segundo rubro más importante en la cuenta de gastos de Transferr. Para la realización del diagnóstico se hicieron visitas técnicas al área de abastecimiento, patios y talleres de locomotoras, así como a la Terminal del Valle de México.

Primero se presenta la situación actual del equipo tractivo existente en Transportes Ferroviarios, S. A., ya que, siendo la locomotora el componente principal de un tren, esto permite optimizar directamente el gasto energético; la distribución de locomotoras se presenta tanto en forma general como por marcas de locomotoras. Se presenta también el consumo de combustible en los diferentes servicios y operaciones ferroviarias, así como la problemática energética detectada en Transferr y las recomendaciones surgidas del diagnóstico realizado para lograr ahorros de combustible.

## **4.2 Condiciones mecánicas y asignación geográfica del universo de locomotoras**

A la fecha, el número total de locomotoras con las que cuenta Transportes Ferroviarios, S. A., es de 1 407 unidades tractivas, de las cuales el 68% está en condiciones de dar servicio y el 32% se encuentra fuera de servicio. De las unidades inactivas el 10% se encuentra en taller para reparación mayor y otro 21% también se ubica en taller, pero para reparación menor. El 1% restante espera condenación o que sean dadas de baja, [ver Figura 4.1](#).

En cuanto a la dispersión geográfica del universo de locomotoras, las unidades tractivas del parque ferroviario están distribuidas en cinco grandes regiones, a saber: la región centro con 199 unidades, la región noreste con 210 unidades, la región norte con 115 unidades, la región pacífico con 225 unidades y la región sureste con 225 unidades. Aquí no se incluyen las 228 unidades denominadas sistemales que prestan servicio en toda la Red Federal Ferroviaria de la República Mexicana.

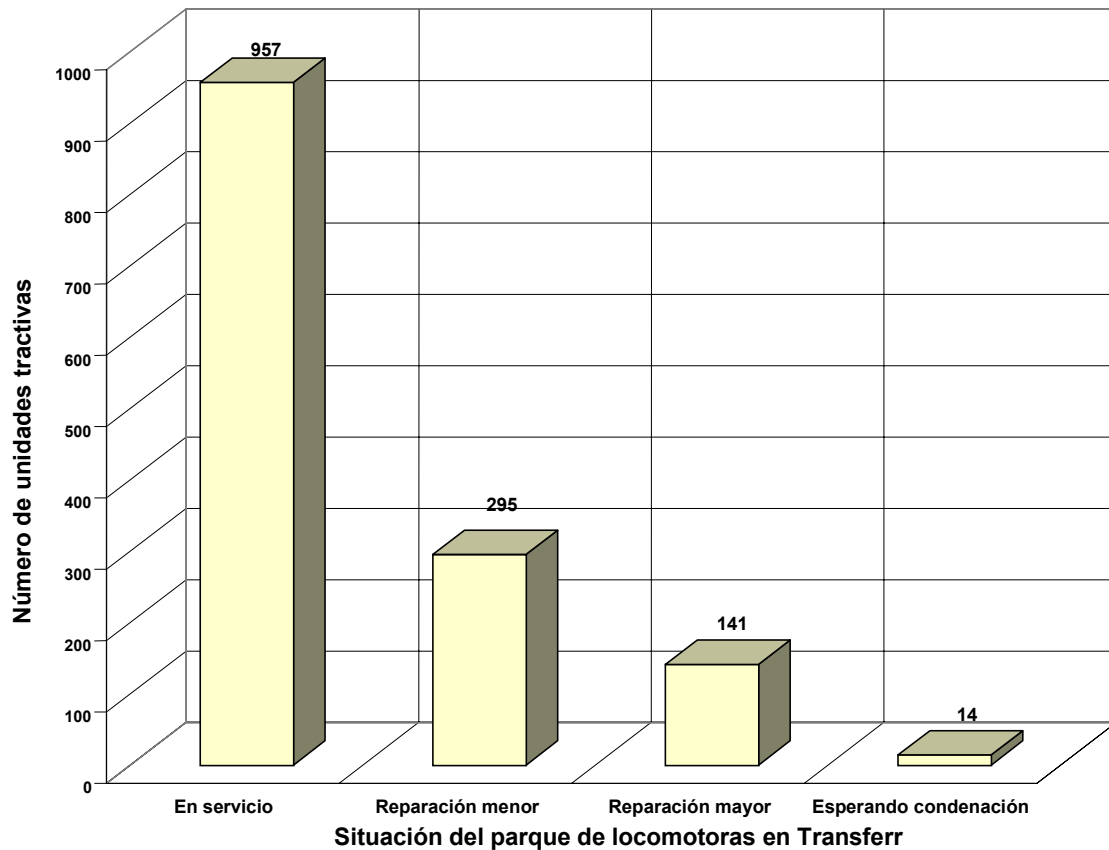


Figura 4.1

### Estado actual del parque de locomotoras de Transferr

#### 4.2.1 Rango de edades del universo de locomotoras

Son diversas las edades que presenta el parque tractivo ferroviario existente en Transportes Ferroviarios, S. A., mismas que varían de uno a cuarenta años. La [Figura 4.2](#) muestra la distribución por edades de las 1 407 locomotoras y revela que las dos terceras partes del parque tractivo, esto es, el 66% tiene menos de 18 años y el 34% rebasa los mismos años. De acuerdo con los fabricantes de equipo tractivo la vida útil de una locomotora es de 18 años, de aquí se deduce que una tercera parte del parque tractivo tendrá que renovarse.

Por otra parte, la distribución de locomotoras por rango de edades que se presenta en la [Figura 4.3](#), permite conocer la estructura de edades del parque tractivo ferroviario en su conjunto, en donde se puede observar la gran cantidad de unidades que se encuentran en el rango de 11 a 15 años, así como el número



de unidades comprendidas en el rango de 16 a 20 años que pasarán a la fase de envejecimiento, teniendo como consecuencia un aumento significativo en el mantenimiento correctivo de las locomotoras.

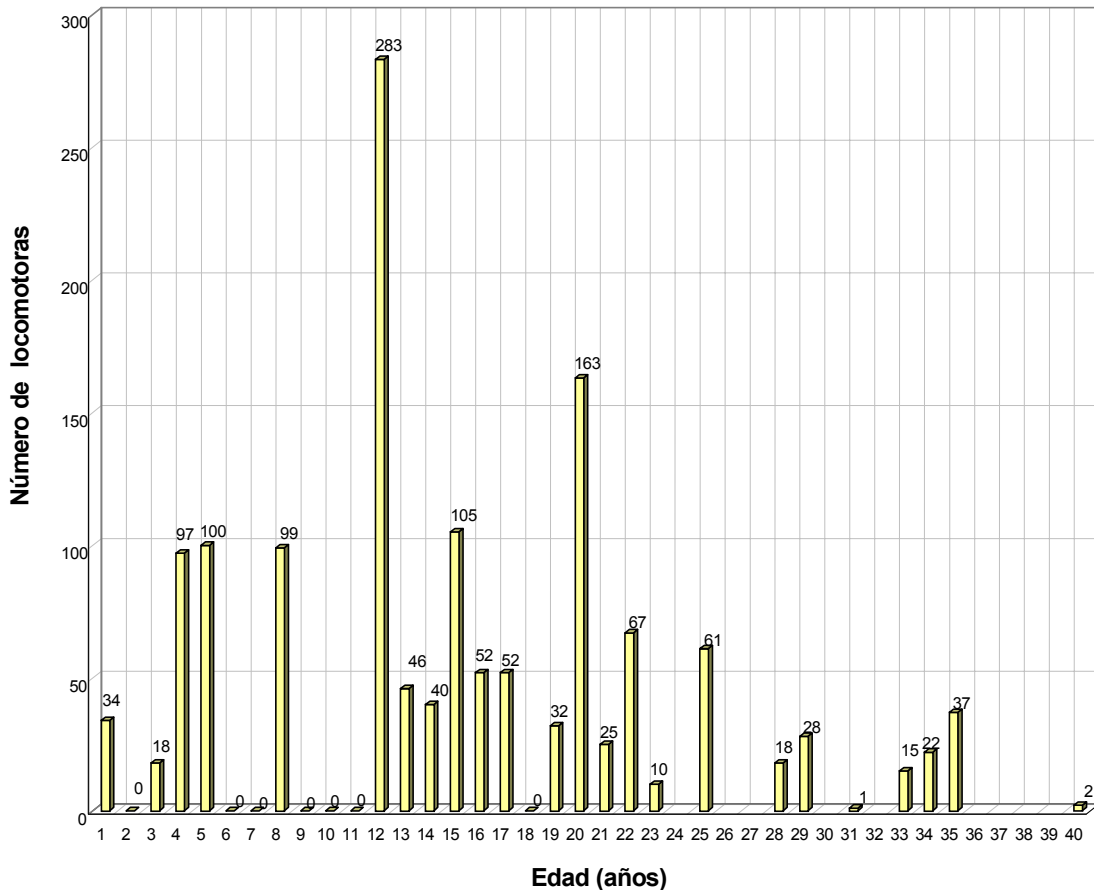


Figura 4.2

**Edad del parque de locomotoras de Transferr**

**4.2.2 Inventario de potencias de las locomotoras**

Las 1 407 locomotoras del tipo Diesel-eléctricas y eléctricas del sistema ferroviario nacional presentan diversas potencias tractivas que oscilan entre los 900 y 6 000 HP y aportan 3'788 850 HP de potencia total. Predomina la potencia de los 3 000 HP en 857 unidades. En cuanto a la situación actual de potencias del parque de locomotoras, están disponibles 2'601 740 HP repartidos en 950 unidades y 1'187 100 HP - equivalente al 31% - se encuentra sin utilizar en 457 unidades. Esto refleja un grave problema en la planeación del mantenimiento en las locomotoras.

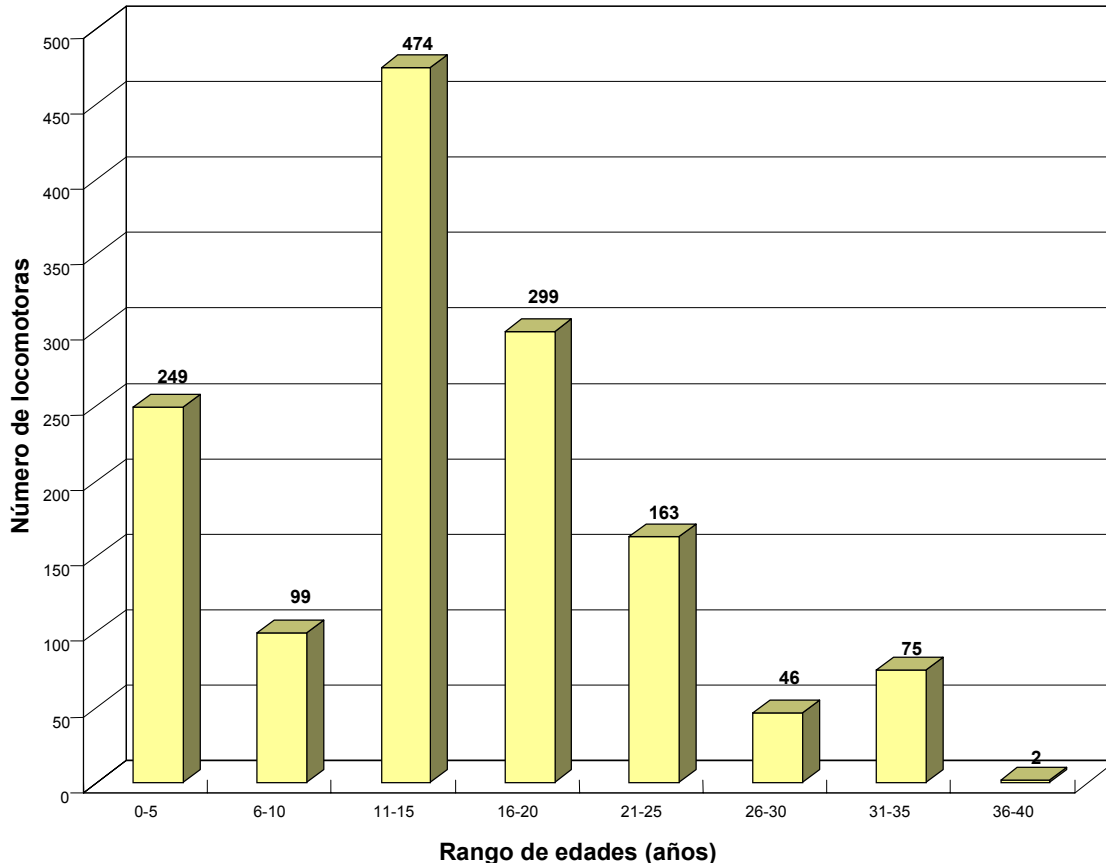


Figura 4.3

Rango de edades del parque de locomotoras de Transferr

### 4.2.3 Inventario por marcas de locomotoras

El parque tractivo de Transferr cuenta con tres marcas de locomotoras, a saber: la American Locomotive Company (ALCO), la Electro-Motive Division (EMD) de General Motors y la General Electric (GE), todas de fabricación estadounidense, mismas que representan el 12, el 39 y el 49% respectivamente del total de unidades, predominando la marca General Electric; ver [Figura 4.4](#).

La situación actual de las unidades por marcas de locomotoras refleja que de la marca ALCO, la mitad se encuentra inoperable, y de la marca EMD, más de la tercera parte se encuentra inactiva. En cambio, de la marca GE sólo una cuarta parte está fuera de servicio. Esta situación es debido a la diferencia de edades entre las tres marcas de locomotoras.

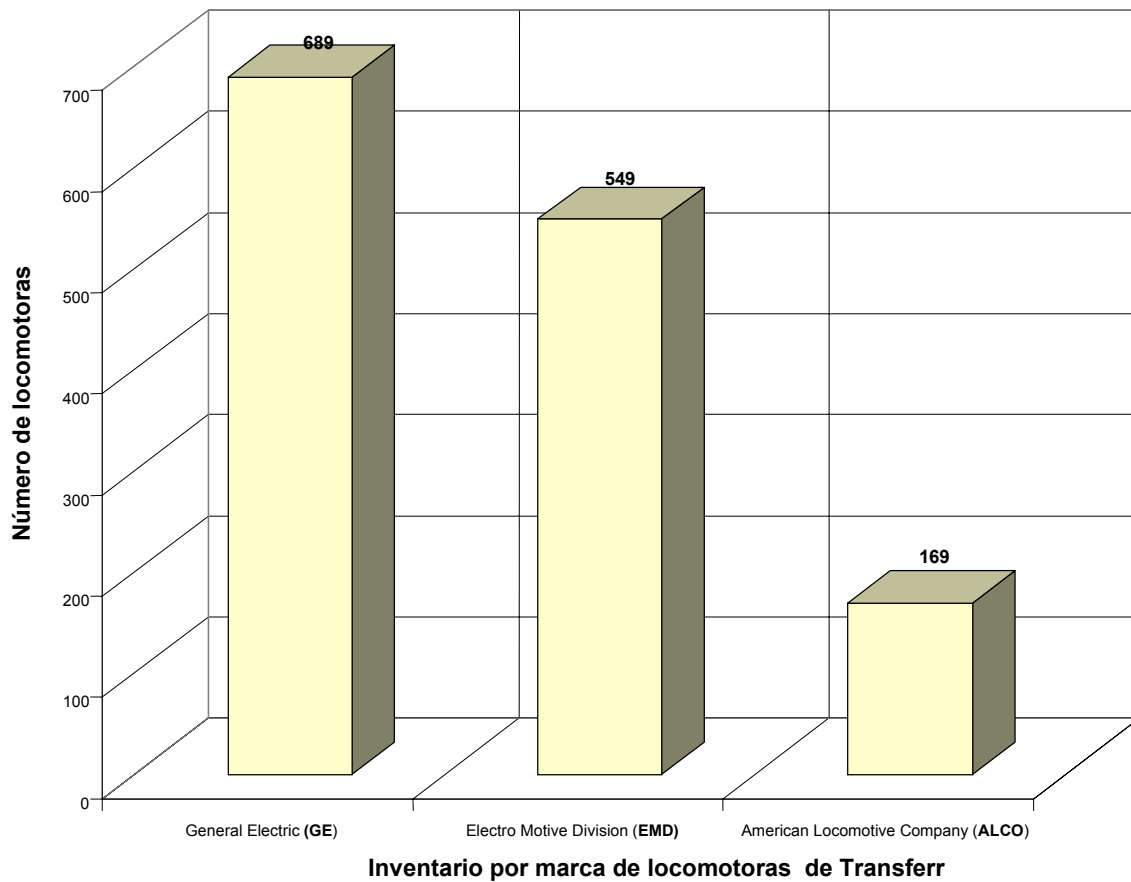


Figura 4.4

**Inventario por marca de locomotoras en Transferr**

### 4.2.4 Rango de edades por marcas de locomotoras

La composición del inventario de edades por marcas de locomotoras señala que casi la mitad (46%) de las unidades marca ALCO entra en fase de reposición y dos terceras partes (70%) de la marca EMD tendrán que renovarse. De las unidades marca GE, la mayoría (97%) son más nuevas ya que tienen menos de 18 años de edad.

Con respecto al rango de edades, el espectro mostrado en la [Figura 4.5](#) compara dicho rango entre las tres marcas de locomotoras existentes y asume que el grueso de las unidades marca GE se encuentra en los rangos de edades 0-5 y 11-15 años. El caso contrario se puede observar con las unidades marca EMD, cuyas unidades se concentran en los rangos de 6-10, 16-20 y 21-25 años. Las unidades marca ALCO se encuentran casi en su totalidad repartida en los diferentes rangos de edades.

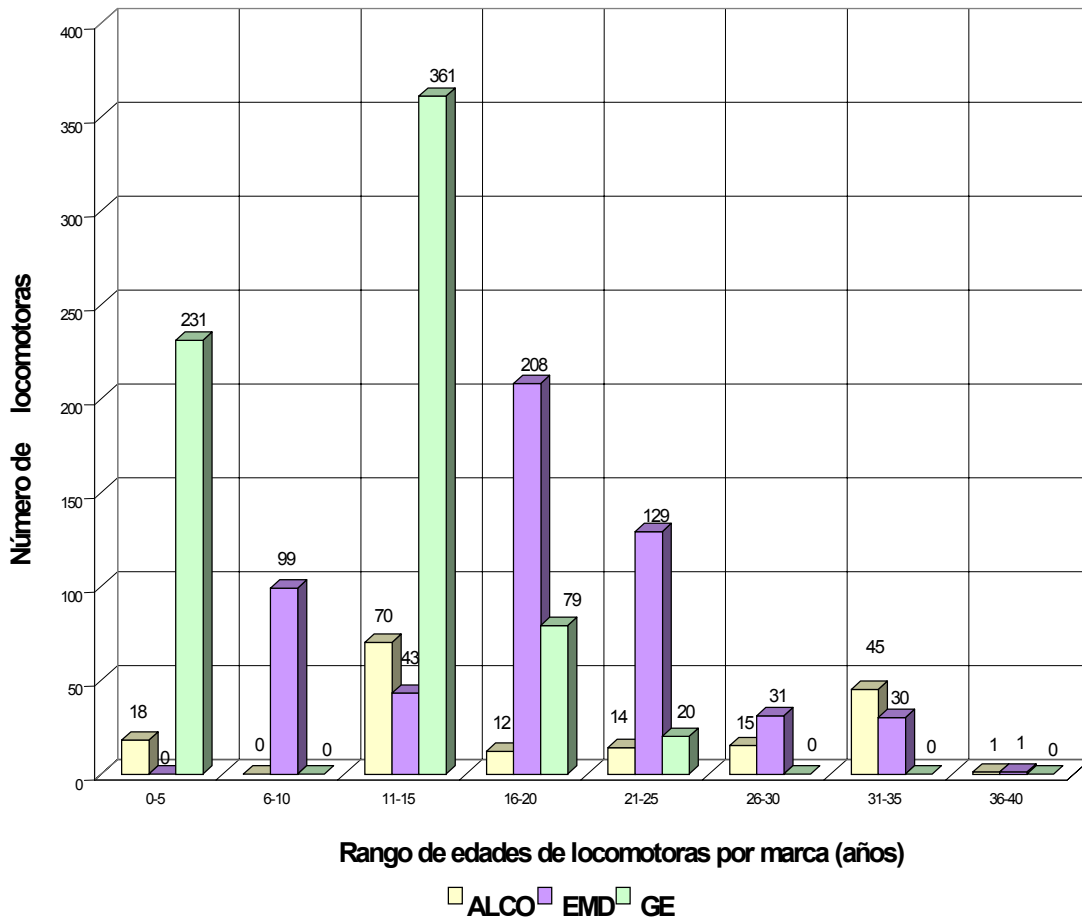


Figura 4.5

Inventario por rango de edades y marca de locomotoras en Transferr

### 4.2.5 Inventario de potencias por marcas de locomotoras

De acuerdo con el inventario de potencias individuales por marcas de locomotoras mostrado en la [Figura 4.6](#), se tiene una distribución del total de las 1 407 unidades tractivas como sigue: 175 locomotoras son marca ALCO con 410 400 HP en total, 541 locomotoras marca EMD con 1'302 150 HP y 691 locomotoras marca GE contribuyendo con 2'076 300. Predominan en las unidades marca ALCO la potencia denominada media (hasta 2 750 HP) y en las unidades marca EMD se tiene potencia baja (hasta 1 750 HP), media y alta (hasta 6 000 HP). La mayor parte de las unidades marca GE cuenta con potencia alta - de 3 000 HP - y es la única con potencias de 6 000 HP.

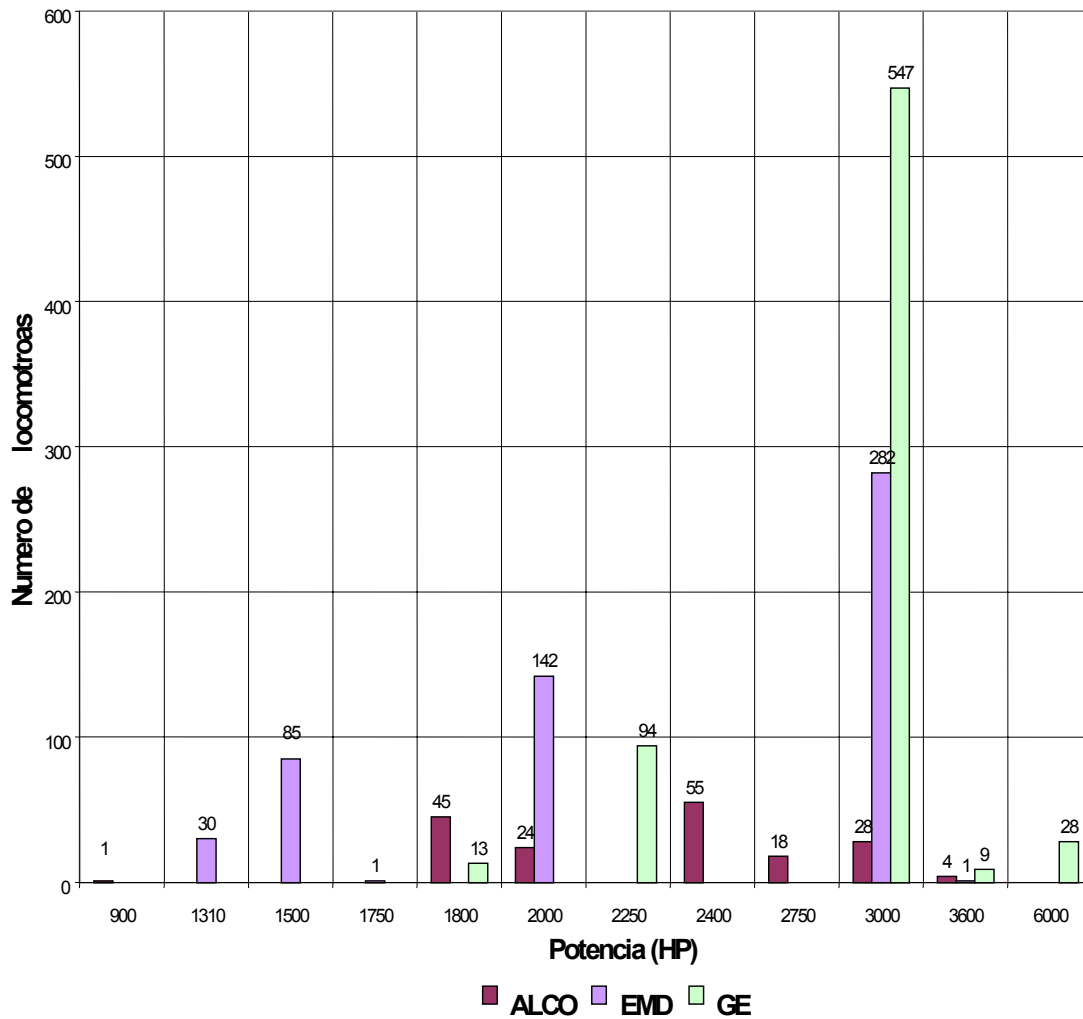


Figura 4.6

**Inventario de potencias por marca de locomotoras en Transferr**

Por último, la situación actual de potencias por marcas de locomotoras plasmada en la [Figura 4.7](#), muestra para el caso de la marca ALCO que casi la mitad (47%) no esta disponible y para la marca EMD no se puede contar con más de la tercera parte. En cuanto a la marca GE sólo esta indisponible una cuarta parte.

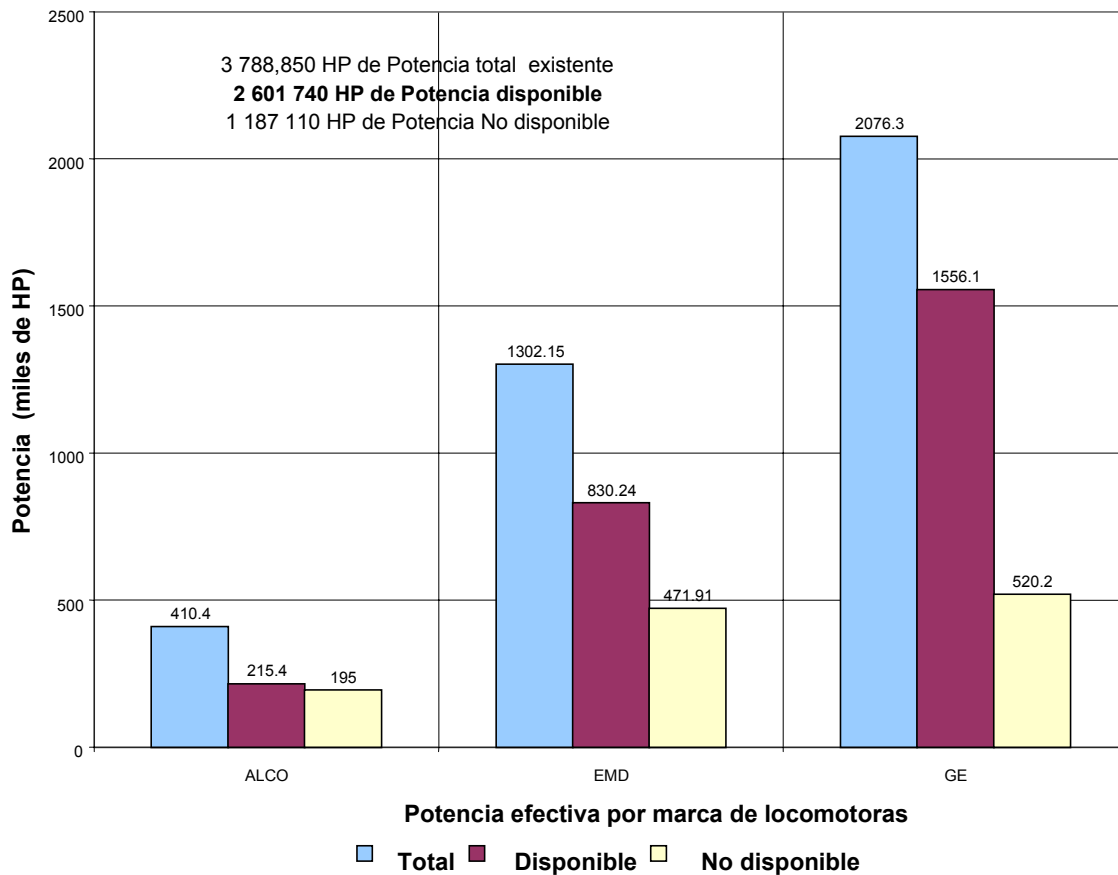


Figura 4.7

Potencias disponibles por marca de locomotoras

### 4.3 Consumo de energía en Transferr

#### 4.3.1 Consumo total de combustible

En 1999, Transportes Ferroviarios, S. A. (Transferr) consumieron un total de 625'886 478 litros de combustible Diesel, en la Tabla 4.1 se muestra el consumo de combustible según el tipo de servicio y operaciones. El precio de compra del Diesel por Transferr fue de aproximadamente USD 0.227 por litro, lo que representó para dicho año un gasto de 142 millones de USD.

De lo anterior se puede observar que cualquier acción que se realice para ahorrar energía, tendrá repercusiones importantes en la economía de la empresa y por consecuencia en el desarrollo general de la misma.

Tabla 4.1

### Consumo de combustible en Transferr durante 1999

| Tipo de servicio            | Diesel consumido (Lts.) | Porcentaje   |
|-----------------------------|-------------------------|--------------|
| Trenes de carga             | 498' 040 118            | 80.0         |
| Trenes de pasajeros         | 58' 011 586             | 9.0          |
| Operaciones complementarias | 29' 914 972             | 5.0          |
| Servicios de patio          | 23' 915 129             | 4.0          |
| Trenes mixtos               | 16' 004 673             | 2.0          |
| <b>Total</b>                | <b>625'886, 478</b>     | <b>100.0</b> |

### 4.3.2 Consumo de combustible en trenes de carga

Durante 1999 se utilizaron 498 millones de litros de Diesel para arrastrar los trenes de carga, lo que representa el 80% del total consumido. Estos trenes representaron un tráfico global de 63,729 millones de toneladas-kilómetro brutas, que corresponden a 35,672 millones de toneladas-kilómetro netas (56%).

Con los datos anteriores, se puede determinar que para mover en una distancia de un kilómetro el peso de una tonelada bruta, se necesitan 0.0078 litros de combustible y para transportar una tonelada neta en la misma distancia, es decir, lo que realmente vende el ferrocarril, se necesitan 0.014 litros de combustible esto debido a que el 44% del gasto total se utiliza para arrastrar el peso muerto.

Lo anterior permite también comparar el consumo de energía en el transporte de mercancías por ferrocarril con el de carretera, considerando que, en México, el transporte de una carga de 25 toneladas netas necesita el consumo de 0.4 litros de combustible por kilómetro, significa que para transportar una tonelada neta sobre un kilómetro, se necesitan 0.016 litros de combustible.

En México, el consumo de combustible por tonelada-kilómetro neta es más o menos igual para los dos modos de transporte, sin embargo, en muchos otros países se le considera 2 o 3 veces menos elevado por ferrocarril que por carretera.

Esto permite visualizar que existe una oportunidad en el campo de ahorro de energía muy elevada en este modo de transporte.

### **4.3.3 Consumo de combustible en trenes de pasajeros**

En el mismo año de 1999 fueron utilizados para el transporte de pasajeros 58 millones de litros de Diesel, para transportar a 3 212 millones de pasajeros-kilómetro. Esto indica que se emplearon 0.018 litros de Diesel para llevar un pasajero sobre un kilómetro. El movimiento de pasajeros requirió aproximadamente de 15 millones de trenes-kilómetro, de donde se deduce una carga media de 214 pasajeros por tren. Con estos datos, se establece que el consumo de un tren es de 3.85 litros de combustible por kilómetro.

Los datos anteriores se pueden comparar con el consumo de 5 autobuses que son requeridos para transportar un número idéntico de viajeros. El consumo requerido por autobús es de aproximadamente 1.6 litros por kilómetro. Es necesario hacer notar que en la comparación anterior, no se toma en cuenta la oportunidad y la frecuencia del servicio, ni la ubicación de los puntos a comunicar.

### **4.3.4 Consumo de combustible en operaciones complementarias**

La cantidad de Diesel gastado en operaciones denominadas complementarias durante 1999, fue de 29 millones de litros de Diesel, que implica un gasto diario de 81 959 litros en los servicios de mantenimiento de la infraestructura, de las operaciones en los talleres y para el funcionamiento general de la empresa.

Si se considera que operan cada día unas 85 máquinas para servicios de ayuda y que éstas consumen el 80 por ciento del consumo cotidiano destinado a las operaciones complementarias; cada máquina consume unos 771 litros diarios.

### **4.3.5 Consumo de combustible en servicios de patio**

En este rubro, 23 millones de litros de Diesel fueron utilizados por las locomotoras de patio. Diariamente funcionan, en promedio, 179 locomotoras de patio que consumen 366 litros cada una, lo que equivale a 65 514 litros al día. Considerando que las locomotoras funcionan de manera continua, el consumo de combustible horario es moderado (15.25 litros).



### **4.3.6 Consumo de combustible en trenes mixtos**

Para la operación de trenes mixtos se utilizaron 16 millones de litros de Diesel. Con el mejoramiento de las operaciones, tanto de los trenes de carga como de los de pasajeros, estos servicios tienen una tendencia a desaparecer.

## **4.4 Problemática energética detectada**

Los factores que afectan al consumo de combustible de Transferr se pueden clasificar, de acuerdo a las observaciones realizadas en sus instalaciones, en los siguientes: Combustible, funcionamiento de los motores y control energético

### **4.4.1 Desperdicio de combustible**

Un aspecto observado en la zona de abastecimiento de los talleres del Valle de México fueron las fugas de combustible en los sistemas de vaciado de los carros tanque; en los sistemas de tubería que comunican a los depósitos fijos; en los sistemas de llenado de los depósitos de las locomotoras y en los propios depósitos de las locomotoras.

La mayoría de los vagones tanques tienen un sistema de descarga situado por abajo del tanque, lo que permite vaciarlo por gravedad. Este sistema no cuenta con un mantenimiento apropiado, razón por la cual presenta fugas cuando se coloca un tubo para vaciar el tanque. Es por esta razón que en ocasiones no se use el sistema de descarga por gravedad y que se opte por vaciar el tanque por arriba usando un tubo flexible y una bomba.

En los sistemas de tubería que comunican a los depósitos fijos casi todas las conexiones que existen entre los tubos y los diferentes grifos presentan fugas de manera perceptible. Ya sea porque las conexiones no tienen el ajuste necesario o porque las juntas no han sido cambiadas.

En cuanto a los sistemas de distribución de combustible de los tanques de las locomotoras éstos usan dos tipos de pistolas, el de tipo aviación y el de tipo convencional. El de tipo aviación es adecuado y permite llenar automáticamente los tanques sin gotear, aunque también por falta de mantenimiento, a veces fugan un poco. El de tipo convencional suministra combustible continuamente y los encargados de las bombas esperan a que se derrame el combustible para darse cuenta que el tanque está lleno ocasionando grandes desperdicios, debido a que dicha pistola no cuenta con dispositivo de cierre automático.

Por último, los tanques de las locomotoras son cerrados por una válvula que impide que el combustible se derrame durante la marcha, además de ser una protección eficaz contra el robo. En este diagnóstico preliminar, se detectó que una gran parte de las locomotoras, ya sean de patio o de camino, no llevan las

válvulas o los tapones, y que a veces faltan los dos durante el recorrido, ocasionando que el combustible se derrame, especialmente en las curvas. Esta falta de mantenimiento también favorece las tentaciones de robo y permite que, cuando faltan válvula y tapón, puedan penetrar en los tanques toda clase de polvos que contaminan el Diesel, llenando de sedimentos el fondo de los tanques y obstruyendo los filtros.

#### **4.4.2 Funcionamiento continuo de los motores**

Otro factor detectado lo constituye el funcionamiento continuo de los motores de las locomotoras de patio y de camino. Al respecto, la Asociación de Ferrocarrileros Americanos constituida por México, Canadá y Estados Unidos, recomienda como norma la de apagar los motores cuando la temperatura ambiente sea superior a 4°C; o si la locomotora va a estar inactiva por lo menos 2 horas y las baterías están en buenas condiciones. Sin embargo, en México esto no se lleva a cabo.

Cuando un motor funciona mientras esta inmóvil la locomotora, el consumo de combustible se establece a un valor cercano a los 0.03 litros/hora/H.P. (15 a 22.5 litros de combustible). Cuando una locomotora arranca, el consumo de combustible se incrementa de acuerdo al peso del tren, de 0.1 a 0.15 litros/hora/H.P.; este valor es representativo de locomotoras con motor en buen estado.

#### **4.4.3 Falta de control energético**

En este aspecto y como parte de lo observado, se debe destacar la ausencia de control del gasto de combustible, lo que impide cuantificar de manera exacta el consumo del mismo, los ahorros potenciales y el nivel de productividad de la empresa.

Las locomotoras disponen de un sistema de grabación de datos con sistema magnético o memoria estática que registra con precisión los parámetros de operación tales como: velocidad, tiempo en servicio transcurrido, distancia recorrida, corriente de los motores de tracción, par de freno dinámico, posición del regulador, distancia del recorrido, y grado de patinamiento de las ruedas. Este dispositivo permite determinar y controlar el gasto de combustible, pero en general no es utilizado.

Existe en Transferr un servicio de protección del medio ambiente, pero se dedica sobre todo a elaborar recomendaciones de normas ecológicas para el tipo de combustible y la destrucción o el reuso de los residuos.

## **4.5 Recomendaciones y potencial de ahorro de combustible**

### **4.5.1 Recomendaciones**

Con base en lo observado y a la situación energética que se presenta en Transferr, se considera que las siguientes recomendaciones generen un importante ahorro de combustible para la empresa:

- Cambiar el reglamento correspondiente para que se apaguen los motores de las locomotoras cuando no funcionan por lo menos una hora. Esta recomendación parece ser la más sencilla para que sea puesta en práctica y también la que permite ahorrar más combustible. La puesta en práctica de esta recomendación, debe ir precedida por un estudio técnico-económico que aclare porqué se dejan operando las locomotoras en vacío.
- Adaptar un procedimiento para la administración y control del consumo del combustible, utilizando el sistema de grabación de datos con sistema magnético o memoria estática instalado en las locomotoras.
- Revisar, reparar y/o cambiar si es necesario las válvulas y los tapones de los tanques de combustible de todas las locomotoras.
- Revisar, reparar y/o cambiar si es necesario las pistolas de llenado de combustible, por unas del tipo aviación, en todas las zonas de abastecimiento del país.
- Dar seguimiento a las acciones de ahorro de combustible y extender el alcance del diagnóstico energético en Transferr para cubrir otras áreas operativas de la empresa.
- Incrementar las labores de capacitación de personal, a través del Instituto de Capacitación Ferrocarrilera.

### **4.5.2 Potencial de ahorro de combustible**

El potencial de ahorro de combustible susceptible de alcanzarse, a través de la adopción de las acciones señaladas anteriormente, es el siguiente:

#### **Combustible**

Con base en la información recabada, se estimó que en 1999, el monto anual por fugas de combustible ascendió a US\$9' 329 700, como se muestra en la tabla 4.2.

Este monto correspondió a 41.1 millones de litros de combustible que representan el 6.5% del consumo total de Transferr en 1999.

#### Funcionamiento de los motores

En 1999, el servicio de trenes de carga produjo, aproximadamente, 24 millones de trenes-kilómetro. Si el promedio de la velocidad de operación de las máquinas de Transferr, fue de 25.5 km/h, se puede deducir que las máquinas dedicadas a este servicio trabajaron 941 176 horas.

Se emplearon para el servicio de carga aproximadamente 609 máquinas de manera permanente, el tiempo total de funcionamiento de los motores fue de 5 millones de horas al año. El tiempo en que las locomotoras funcionaron de manera improductiva fue de 4 millones de horas al año. Siendo la potencia unitaria promedio de las locomotoras en México de 3,500 kW, se establece que el combustible utilizado de manera improductiva, sólo para mantener los motores encendidos, es de 342 millones de litros, o sea, 68% del total de consumo por trenes de carga.

Si se adopta, como en muchos otros países, la política de apagar los motores cuando una máquina queda más de una hora sin trabajar, se puede esperar un ahorro de combustible estimado entre 18 y 36% del consumo total. Esto representa un potencial de ahorro de entre 112 y 225 millones de litros de Diesel.

Considerando los trenes de pasajeros, se sabe que el número de horas que trabajaron las máquinas dedicadas a este servicio fue de 335,100 y se utilizaron 130 locomotoras de manera permanente, siendo el tiempo de funcionamiento total de 1'138,800 horas. Por lo que el tiempo en que las locomotoras funcionaron de manera improductiva fue de 803,700 horas.

El promedio de fuerza motriz utilizada para los servicios de pasajeros comprende 2,013 kW en la locomotora 403 kW en los carros, o 2,416 kW por tren. Entonces el combustible utilizado en los servicios de pasajeros sólo para mantener encendidos los motores fue de 43'399,800 litros, o aproximadamente, 74.8% del total de consumo de los trenes de pasajeros.

Con las recomendaciones propuestas, se puede esperar de manera razonable entre 25 y 50% de ahorro de energía en esos servicios. Esto representaría entre 14.5 y 29 millones de litros de Diesel, o de un 2.3 a un 5 por ciento del consumo total de Transferr, como se indica en la Tabla 4.2

Tabla 4.2

**Resumen del potencial de ahorro de energía en Transferr**

| <b>Acción</b>  | <b>Potencial de ahorro respecto al consumo total</b> |
|--|--|
| Cambio del reglamento para que se apaguen las locomotoras después de 1 hora: |  |
| Trenes de carga  | 18.0 - 36.0%   |
| Trenes de pasajeros  | 2.3 - 5.0%   |
| Supresión de las fugas de combustible en los puestos de abastecimiento       | 6.5%   |

## 4.6 Conclusiones

La adopción de las recomendaciones propuestas que sólo implican cambios en los procedimientos de operación, sin afectar substancialmente al sistema y equipo, y que no representan gastos o inversiones onerosas, pueden dar resultados a corto plazo logrando una reducción mínima del 27% en el suministro de combustible. De acuerdo con la Tabla 2.1, 29' 914 972 litros de Diesel (5%) fueron gastados en 1999 en operaciones calificadas complementarias. Este consumo de 81,959 litros cada día corresponde más o menos al combustible gastado por los servicios de mantenimiento de la infraestructura y los de los talleres, y por el funcionamiento general de la empresa.

Si se considera que operan cada día unas 85 máquinas para servicios de ayuda y que éstas consumen aproximadamente el 80% del consumo cotidiano, cada máquina así consume unos 771 litros diarios, sumando probablemente una producción kilométrica muy limitada. A primera vista, tal consumo parece también muy elevado.

De los datos anteriores, se puede deducir que para mover una tonelada bruta, sobre un kilómetro, se necesitan 0.0078 litros de combustible y para transportar una tonelada neta, es decir, lo que realmente vende el ferrocarril, sobre un kilómetro, se necesitan 0.014 litros de combustible. De esta cantidad, el 44% del gasto total se utiliza para arrastrar el peso muerto. Como contraparte, de datos recabados, se estima que el autotransporte requiere 0.016 litros de combustible, por tonelada neta por kilómetro.



## Bibliografía

---

- 1 Guía metodológica de diagnósticos energéticos en el transporte, Comisión Nacional para el Ahorro de Energía, publicación interna, 1995
- 2 Reglamento del Artículo 126 de la Ley de Vías Generales de Comunicación para el Personal Técnico Ferroviario; Secretaría de Comunicaciones y Transportes (SCT); Diario Oficial de la Federación, 27 de mayo de 1977.
- 3 Proyecto de Norma Oficial Mexicana NOM-008-SCT2-1999, Disposiciones para efectuar la inspección de equipo de arrastre ferroviario; Secretaría de Comunicaciones y Transportes (SCT), Diario Oficial de la Federación, 5 de noviembre de 1999.
- 4 Ley Reglamentaria del Servicio Ferroviario; Secretaría de Comunicaciones y Transportes (SCT); Diario Oficial de la Federación, 12 de mayo de 1995.
- 5 Ferrocarriles: cambio de vía en busca de la modernidad; Banco Nacional de Comercio Exterior, S.N.C. (BANCOMEXT); Revista de Comercio Exterior, Vol.45, Núm.6, junio de 1995.
- 6 Norma Oficial Mexicana Emergente NOM-EM-044/1-SCT2-1995, "Instrucciones para la ejecución de inspecciones y reparaciones programables de conservación del equipo tractivo ferroviario. Parte 1.- Inspección diaria o de viaje"; Secretaría de Comunicaciones y Transportes (SCT), Dirección General de Tarifas, Transporte Ferroviario y Multimodal; Diario Oficial de la Federación, 29 de septiembre de 1995





## Lista básica de heramientas

Se considera que los ajustes de motor no se realizan en el taller. La lista se supone para uno o dos mecánicos AA en gasolina, excepto los elementos señalados con asterisco (\*) son comunes a todo el taller.

|   |  |
|---|--|
| 1 Juego de dados estándar hexagonales de 1/4" a 1"    | 1 Bote para basura   |
| 1Juego de dados estándar estrella de 1/4" a 1"        | 1 Tornillo de banco 4" de ancho por 6" de apertura.  |
| 1Juego de dados milimétricos hexagonales 6 a 29 mm    | *1 Juego de llaves mixtas de 1/4" a 1"   |
| 1 Juego de dados milimétricos estrella 6 a 29 mm      | *1 Juego de llaves milimétricas de 6 a 29 mm   |
| Cada juego deberá contar con las siguientes entradas: | *1 Juego de llaves para distribuidor (1/2", 9/16" y 13 mm)   |
| Entrada salida std salida mm                          | 1 Pinzas de mecánico   |
| 1/4" 1/4 a 1/2" 4 a 13                                | 1 Pinzas de extensión  |
| 3/8" 3/8 a 15/16" 10 a 18                             | 1 Pinzas de corte  |
| 1/2" 7/16 a 1 1/4" 10 a 20                            | 1 Pinzas de electricista   |
| 2 nudos para matraca de 3/8"                          | 1 Pinzas de punta  |
| 2 nudos para matraca de 1/2"                          | 1 Pinzas de presión (planas)   |
| 1 reducción para matraca de 3/8 1/4"                  | 1 Pinzas de presión (ovalada)  |
| 1 reducción para matraca de 1/2 a 3/8"                | *1 Pinzas para seguros interiores  |
| 1 reducción para matraca de 3/8 a 1/2"                | *1 Pinzas para seguros exteriores  |
| 1 Extensión corta para matraca de 1/4"                | *1 Lámpara de tiempo   |
| 1 Extensión corta para matraca de 3/8"                | 1 Calibrador de hojas  |
| 1 Extensión corta para matraca de 1/2"                | *1 Compresómetro   |
| 1 Extensión larga para matraca de 1/4"                | *1 Multímetro  |
| 1 Extensión larga para matraca de 3/8"                | *1 Torquímetro   |
| 1 Extensión larga para matraca de 1/2"                | 2 Extensiones con foco   |
| 1 Matraca de 1/4"                                     | *1 Juego de llaves de astrias (dobladas en forma de letra s) de tres piezas 3/8" - 1/2", 9/16" - 5/8", 11/16" - 3/4" |
| 1 Matraca de 3/8"                                     | *1 Opresor de anillos  |
| 1 Matraca de 1/2"                                     | *1 Extractor de brazo Pitman.  |
| 1 Maneral de 1/4"                                     | *1 juego de extractores de poleas de 3   |

|  |   |
|--|---|
| 1 Maneral de 3/8"  | puntos (patas) de 4 piezas  |
| 1 Maneral de 1/2"  | *1 Extractor de volantes.   |
| 1 Juego de dados para bujías 5/8", 11/16 con entradas de 1/2" y 3/8" | *1 Analizador de CO2  |
| 1 Juego de llaves hexagonales con entrada para dado                  | 1 Juego de herramienta para carburación (7 piezas)  |
| 1 Juego de llaves allen con entrada para dado                        | 1 Lámpara de prueba (testolite)   |
| 1 Juego de llaves para tornillo especial (cabezas de VW)             | 1 Pistola neumática   |
| 1 Juego de llaves Torks (T10 a T45)                                  | 1 Juego de dados de impacto 3/8" a 1 1/4" con entrada de 1/2" (para la pistola neumática) |
|  | 1 Tablero para herramienta  |
|  | 1 Tina de lavado de 100 lt  |
| 1 Juego de llaves de cincho para filtro (3 pzas)                     |   |
| 1 Juego de llaves de cadena para filtro                              | *1 Amperímetro analógico  |
| 1 Juego de desarmadores planos                                       | *1 Cargador de baterías   |
| 1 Juego de desarmadores de cruz                                      | *1 Probador de presión de aceite  |
| 1 Juego de dados para desarmador                                     | *3 Gatos hidráulicos de patín de 1 m de largo con capacidad de 3 toneladas.               |
| 1 Juego de desarmadores Torks (T15, T20, T25 y T30)                  | *1 Gato hidráulico de botella (2 o 5 toneladas)   |
| *2 Crucetas  | *20 Torres para soporte de vehículos  |
| 2 Martillos (500 gr)   | *1 Compresor neumático de 5 HP, con filtro para el sistema y tomas aéreas                 |
| *2 Marros (750 gr)   | *1 Lavadora de presión  |
| *1 Juego de cinceles   | *2 Rampas electrohidráulicas  |
| *1 Juego de punzones   | *1 Tacómetro o analizador de motores  |
| 1 Espátula   | *2 Compresores de resortes McPerson   |
| 1 Brocha   | *1 Probador de fuga de motores  |
| 1 Chaintinerarioa para lavado de piezas.                             |   |
| 1 Mesa de trabajo de l mina de 1 x 2.2 x 1.1 m*                      |   |
| 1 Cortador para tubos con avellanador                                |   |
| *1 Probador de fuga para radiador                                    |   |

# Plan de mantenimiento preventivo básico y conceptualización de funcionamiento del taller

## B.1 Conceptos

Algunos conceptos de ingeniería industrial se describen brevemente para que se realicen las actividades dentro del taller:

REQUERIMIENTO PLANEADO DE MATERIALES MRP (*Material Requirement Planning*). Sistema de compras planeadas con base en las necesidades de producción del bien o servicio.

KANBAN. Sistema de suministro de materiales a las estaciones productoras del servicio, mediante avisos a los despachadores de material por medio de códigos de colores, que generalmente se cuelgan fuera de las estaciones, con el fin de reabastecer de material a la estación.

SISTEMA DE CLIENTE INTERNO. Sistema en el que cada una de las partes de la producción se atienden una a otra como clientes internos de la empresa y dentro del cual se establece un nivel de servicio o atención.

COSTO EFECTIVO. Es aquel en que se compra el componente o servicio que a lo largo de su vida útil representa el menor costo de adquisición.

## B.2 Esquema de funcionamiento

El trabajo de un taller básicamente se refleja en los resultados, de ahí que la labor del mecánico sea la única observada por los usuarios de los vehículos. Por tanto, es necesario enfocar las actividades de apoyo bajo el sistema de cliente; es decir, que la parte más importante, desde el punto de vista productividad, es el mecánico y que las actividades de apoyo deben realizarse en torno a él. Bajo este esquema y con base en lo realizado hasta ahora por la coordinación de transportes y talleres, se ha desarrollado el siguiente esquema de funcionamiento, el cual se complementa con modelos del sistema de control de producción de servicios.

Dentro de cualquier organización existen tres flujos: información, materiales y recursos financieros; para el desarrollo se toman en cuenta los flujos de materiales e información.

En la figura B.1 se muestra un esquema de funcionamiento del taller. El sistema comienza con la programación de los servicios de mantenimiento de acuerdo al programa de verificación vehicular existente en la Ciudad de México, lo que implica que el vehículo idealmente entrará sólo dos veces al año. El esquema de funcionamiento sigue la siguiente secuencia:

El programador establece cuáles unidades deberán entrar qué días a afinación y mantenimiento preventivo, con base en las prioridades operativas de la empresa, haciéndole saber a los responsables de los vehículos el día y hora de entrada. Los vehículos con máxima prioridad deberán dejarse en el taller el día anterior al que no circulan.

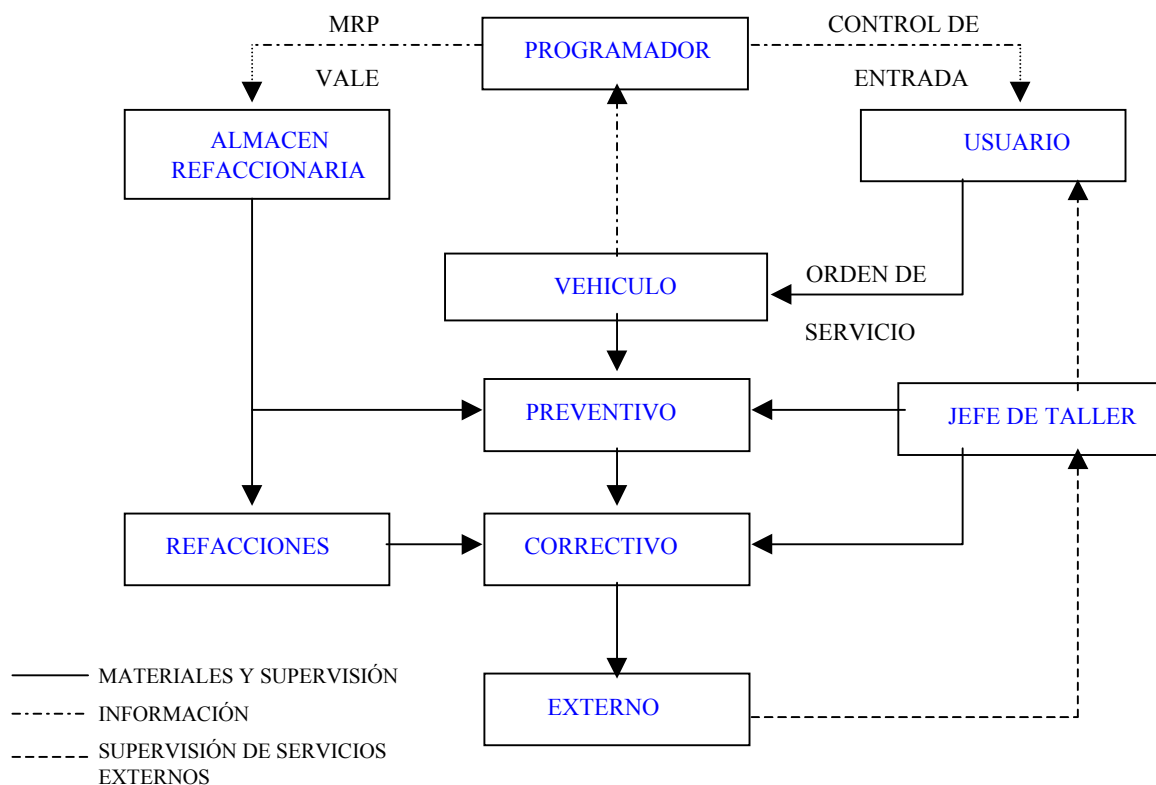


Figura B.1

### Flujo de información y materiales del taller

Los usuarios deberán entregar el vehículo el día fijado con el oficio o memorándum correspondiente más la orden de servicio con dos copias, requisitada y firmada. De no hacerlo así se le deberá programar al último.

El jefe de taller recibirá la unidad haciendo una revisión extensiva de la unidad y del estado en que se recibe (ver tabla B.1). A partir de la evaluación se calificará la orden de servicio y llenará en la orden las actividades a realizar como servicios correctivos, pasando la orden de servicio al programador.

Tabla B.1  
Rutina de inspección \*

|         |  |                       |               |
|---------|--|-----------------------|---------------|
| LLANTAS | Presión  | SISTEMA<br>ELECTRICO  | Luz exterior  |
|         | Desgaste   |                       | Faros         |
| MOTOR   | Bandas<br>Mangueras<br>Compresión  |                       | Cuartos       |
|         |  |                       | Direccionales |
| NIVELES | Aceite del diferencial<br>Aceite de la transmisión<br>Líquido limpiaparabrisas<br>Líquido de frenos<br>Electrólito de la batería<br>Aceite del motor<br>Aceite de dirección hidráulica<br>Refrigerante | Cables de batería     |               |
|         |  | Escobilla             |               |
|         |  | Tapa del distribuidor |               |
|         |  | Cables de bujías      |               |
|         |  | Tablero (Odómetro)    |               |
|         |  | Luz interior          |               |
| FUGAS   | Combustible<br>Aceite<br>Agua  | Limpiadores           |               |
|         |  | Claxon                |               |
|         |  | CARROCERÍA            | Pintura       |
|         |  |                       | Parabrisas    |
| Espejos |  |                       |               |
| Escape  |  |                       |               |

\* Las áreas sombreadas indican que las correcciones serán realizadas en el servicio preventivo excepto cuando existan fugas.

El programador asignará el número a la orden y autorizará el vale de refacciones; turnando una copia al almacén para que se surtan las refacciones en el momento que se requieran, llamando a los talleres de servicio externo para que pasen a recoger el vehículo en cuanto salga del taller interno para realizar los servicios externos: Los servicios externos se muestran en la tabla B.2.

El almacén preparará con el vale de refacciones un paquete de mantenimiento preventivo para entregarse junto con el vehículo y verificará en el inventario la existencia de las refacciones de mantenimiento correctivo, preparando un paquete de refacciones para mantenimiento correctivo. De no existir algunas de las refacciones se dedicará a localizarlas, pero no deberá comprarla hasta tener la certeza de que se utilizará.

El vehículo, la orden de servicio y el paquete de refacciones se turnarán al mecánico asignado a servicios preventivos realizando únicamente lo correspondiente, revisando de nuevo todos los puntos importantes del vehículo. En caso de tener dudas o de requerir autorización para nuevas refacciones,

llamará al jefe del taller, al almacenista o a ambos, que deberán atender la solicitud lo más pronto posible (*Kanban*).

Una vez concluido el mantenimiento preventivo el mecánico de mantenimiento correctivo realizará lo propio, utilizando el sistema *kanban* para solicitar las refacciones, autorización u opinión al jefe de taller, a la vez que supervisará el trabajo realizado por servicios preventivos.

Terminado el mantenimiento correctivo pasará al jefe de taller y dependiendo de los servicios externos a contratar se le notificará al programador para que el taller externo recoja la unidad.

Una vez entregada la unidad, la copia restante pasa con el programador para que se asiente en la bitácora general de mantenimiento las reparaciones efectuadas, las refacciones requeridas y la lectura del odómetro para realizar el análisis de falla.

Una vez terminado el servicio externo el vehículo deberá regresar al taller para que el jefe de taller revise el trabajo realizado y firme de conformidad, quedando lista la unidad para la entrega del vehículo al usuario.

Tabla B.2

**El mantenimiento preventivo para unidades a gasolina**

| MANTENIMIENTO | DESCRIPCIÓN              | TALLER  |
|---------------|--------------------------|---------|
| INSPECCIÓN    | VER TABLA DE INSPECCIÓN  |         |
| PREVENTIVO    | Afinación                |         |
|               | Cambio de aceite         |         |
|               | Servicio de frenos       |         |
|               | Cambio de anticongelante |         |
|               | Alineación y balanceo    | Externo |
|               | Engrasado                | Externo |
| CORRECTIVO    |                          |         |
| ESTETICO      | Hojalatería              |         |
|               | Pintura                  |         |
|               | Lavado (incluye motor)   | Externo |

El sistema está contemplado para eliminar los servicios externos de manera gradual, es decir, conforme todo el personal llegue a un nivel en el que pueda realizar cualquier reparación.

### La programación del mantenimiento

El programa de mantenimiento es sencillo y en condiciones de disponibilidad de todos los recursos, corregir las deficiencias sufridas a través del tiempo en un periodo de seis meses como ideal y en un año y medio como meta razonable. Esto no contempla un programa de ajuste de motores.

En la tabla C.1 se muestra la tabla de días laborables para el año de 1996, con esta tabla se balancea la entrada de vehículos al taller. Sin embargo, como se muestra en la tabla C.2, los meses con mayor carga de trabajo, junio y julio, son consecutivos, por lo que se sugiere cambiar algunas placas para tener una entrada constante al taller, como se muestra en el plan de mantenimiento de la tabla C.3.

Tabla C.1  
**Días laborables en 1999**

| Mes          | No. Días | Sab Dom | No. Días Festivos | No. Días Laborables | Mes          | No. Días | Sab Dom | No. Días Festivos | No. Días Laborables |
|--------------|----------|---------|-------------------|---------------------|--------------|----------|---------|-------------------|---------------------|
| <b>Ene</b>   | 31       | 8       | 1                 | 22                  | <b>Jul</b>   | 31       | 8       | 0                 | 23                  |
| <b>Feb</b>   | 28       | 8       | 1                 | 19                  | <b>Ago</b>   | 31       | 9       | 0                 | 22                  |
| <b>Mar</b>   | 31       | 10      | 0                 | 21                  | <b>Sep</b>   | 30       | 9       | 1                 | 20                  |
| <b>Abr</b>   | 30       | 8       | 2                 | 20                  | <b>Oct</b>   | 31       | 8       | 0                 | 23                  |
| <b>May</b>   | 31       | 8       | 2                 | 21                  | <b>Nov</b>   | 30       | 9       | 1                 | 20                  |
| <b>Jun</b>   | 30       | 10      | 0                 | 20                  | <b>Dic</b>   | 31       | 9       | 2                 | 20                  |
| <b>Total</b> |          |         |                   | <b>123</b>          | <b>Total</b> |          |         |                   | <b>128</b>          |

Los tiempos estimados para la afinación de un vehículo son de 2.5 horas, se consideran holgados, si se toma en cuenta que no en todos los casos será necesario desarmar carburador y que se cuenta con un ayudante.

También se considera que existe deficiencia en el presupuesto para los meses de diciembre y enero, el primero puede considerarse un mes sin actividad debido a que gran parte del personal solicita sus vacaciones. Enero se debe considerar como clave para cursos intensivos de capacitación, un programa de reconstrucciones o para un programa de ajuste de motores que, aún cuando no exista presupuesto, la planeación de requerimiento de materiales (MRP) debe permitir trabajar en cualquier programa sin problemas.

**Tabla C.2**  
**Plan 1 (vehículos a gasolina)\***

| Placas | Mes | No. De Vehículos a mantenimiento | Días laborables | Vehículos por día | No. de Vehículos por mecánico | No. Días para terminar | No. Días restantes |
|--------|-----|----------------------------------|-----------------|-------------------|-------------------------------|------------------------|--------------------|
|        | Ene | 0                                | 20              | 0                 | 0                             | 0                      | 0                  |
| 5,6    | Feb | 85                               | 19              | 5                 | 3                             | 15                     | 4                  |
| 7,8    | Mar | 68                               | 21              | 4                 | 3                             | 12                     | 9                  |
| 3,4    | Abr | 60                               | 20              | 3                 | 3                             | 10                     | 10                 |
| 1,2    | May | 61                               | 21              | 3                 | 3                             | 11                     | 10                 |
| 0,4    | Jun | 81                               | 20              | 5                 | 3                             | 14                     | 6                  |
| 5,6    | Jul | 85                               | 23              | 4                 | 3                             | 15                     | 8                  |
| 7,8    | Ago | 68                               | 22              | 4                 | 3                             | 12                     | 10                 |
| 3,4    | Sep | 60                               | 20              | 3                 | 3                             | 10                     | 10                 |
| 1,2    | Oct | 61                               | 23              | 3                 | 3                             | 11                     | 12                 |
| 0,4    | Nov | 81                               | 20              | 5                 | 3                             | 14                     | 6                  |
|        | Dic | 0                                | 20              | 0                 | 0                             | 0                      |                    |

\* Diseñado con las siguientes condiciones sin cambio de placas, quince unidades a diesel, jornada de 8 hrs., dos mecánicos asignados a servicios preventivos, dos a correctivos y uno a diesel cada uno con un ayudante.

Para el plan de mantenimiento diesel, debido al menor número de unidades, se puede simplificar al momento que el mecánico realice la rutina de inspección e informe directamente al programador.



Cualquiera de los dos planes presentados en las tablas C.4 y C.5 son ventajosos, dependiendo principalmente de las exigencias en la zona metropolitana para unidades con motores a diesel y de las condiciones de las unidades, además de tener en cuenta la programación de otras actividades que requieran mayor tiempo. Por otro lado las afinaciones de los motores diesel se hacen con base en la distancia recorrida, por lo general mayor a diez mil kilómetros, por lo que las unidades deberán entrar a inspección reduciendo aún más los tiempos.

El uso de este tipo de planes permite conocer la disponibilidad en tiempo para cubrir cualquier imprevisto de mantenimiento correctivo, siendo los días disponibles de 281 días hombre; considerando las vacaciones y los días de permiso económico.

**Tabla C.3  
Plan 2 (vehículos a gasolina)\***

| <b>Placas</b> | <b>Mes</b> | <b>No. Vehículos a mantenimiento</b> | <b>Días laborables</b> | <b>No. Vehículos por día</b> | <b>No. Vehículos por mecánico</b> | <b>No. Días para terminar</b> | <b>No. Días restantes</b> |
|---------------|------------|--------------------------------------|------------------------|------------------------------|-----------------------------------|-------------------------------|---------------------------|
|               | Ene        | 0                                    | 20                     | 0                            | 0                                 | 0                             | 0                         |
| 5,6           | Feb        | 75                                   | 19                     | 5                            | 3                                 | 13                            | 6                         |
| 7,8           | Mar        | 75                                   | 21                     | 4                            | 3                                 | 13                            | 8                         |
| 3,4           | Abr        | 74                                   | 20                     | 3                            | 3                                 | 13                            | 7                         |
| 1,2           | May        | 74                                   | 21                     | 3                            | 3                                 | 13                            | 8                         |
| 0,4           | Jun        | 74                                   | 20                     | 5                            | 3                                 | 13                            | 7                         |
| 5,6           | Jul        | 75                                   | 23                     | 4                            | 3                                 | 13                            | 10                        |
| 7,8           | Ago        | 75                                   | 22                     | 4                            | 3                                 | 13                            | 9                         |
| 3,4           | Sep        | 74                                   | 20                     | 3                            | 3                                 | 13                            | 7                         |
| 1,2           | Oct        | 74                                   | 23                     | 3                            | 3                                 | 13                            | 10                        |
| 0,4           | Nov        | 74                                   | 20                     | 5                            | 3                                 | 13                            | 7                         |
|               | Dic        | 0                                    | 20                     | 0                            | 0                                 | 0                             |                           |

\* Diseñado con los siguientes condiciones cambio de placas, quince unidades a diesel, jornada de 8 h, dos mecánicos asignados a servicios preventivos, dos a correctivos y uno a diesel cada uno con un ayudante.

Tabla C.4  
Plan 1 (vehículos a Diesel)\*

| Placas | Mes | No. Vehículos a mantenimiento | No. Días laborables | No. Vehículos por día | No. Vehículos por mecánico | No. Días para terminar | No. Días restantes |
|--------|-----|-------------------------------|---------------------|-----------------------|----------------------------|------------------------|--------------------|
|        | Ene | 0                             | 20                  | 0                     | 0                          | 0                      | 0                  |
| 5,6    | Feb | 1                             | 19                  | 0.05                  | 1                          | 2                      | 17                 |
| 7,8    | Mar | 6                             | 21                  | 0.28                  | 1                          | 12                     | 9                  |
| 3,4    | Abr | 2                             | 20                  | 0.10                  | 1                          | 4                      | 16                 |
| 1,2    | May | 1                             | 21                  | 0.04                  | 1                          | 2                      | 19                 |
| 0,4    | Jun | 2                             | 20                  | 0.10                  | 1                          | 4                      | 16                 |
| 5,6    | Jul | 1                             | 23                  | 0.04                  | 1                          | 2                      | 21                 |
| 7,8    | Ago | 6                             | 22                  | 0.27                  | 1                          | 12                     | 10                 |
| 3,4    | Sep | 2                             | 20                  | 0.10                  | 1                          | 4                      | 16                 |
| 1,2    | Oct | 1                             | 23                  | 0.04                  | 1                          | 2                      | 21                 |
| 0,4    | Nov | 2                             | 20                  | 0.10                  | 1                          | 4                      | 16                 |
|        | Dic | 0                             | 20                  | 0                     |                            | 0                      |                    |

\* Diseñado con las siguientes condiciones sin cambio de placas, quince unidades a diesel, jornada de 8 hrs, un mecánico a diesel con un ayudante.

Tabla C.5  
Plan 2 (vehículos a diesel)\*

| Placa | Mes | No. Vehículos a mantenimiento | No. Días laborables | No. Vehículos por día | No. Vehículos por mecánico | No. Días para terminar | No. Días restantes |
|-------|-----|-------------------------------|---------------------|-----------------------|----------------------------|------------------------|--------------------|
|       | Ene | 0                             | 20                  | 0                     | 0                          | 0                      | 0                  |
| 5,6   | Feb | 3                             | 19                  | 0.15                  | 1                          | 6                      | 13                 |
| 7,8   | Mar | 3                             | 21                  | 0.14                  | 1                          | 6                      | 15                 |
| 3,4   | Abr | 3                             | 20                  | 0.15                  | 1                          | 6                      | 12                 |
| 1,2   | May | 3                             | 21                  | 0.14                  | 1                          | 6                      | 15                 |
| 0,4   | Jun | 3                             | 20                  | 0.15                  | 1                          | 6                      | 14                 |
| 5,6   | Jul | 3                             | 23                  | 0.13                  | 1                          | 6                      | 17                 |
| 7,8   | Ago | 3                             | 22                  | 0.11                  | 1                          | 6                      | 16                 |
| 3,4   | Sep | 3                             | 20                  | 0.15                  | 1                          | 6                      | 14                 |
| 1,2   | Oct | 3                             | 23                  | 0.13                  | 1                          | 6                      | 17                 |
| 0,4   | Nov | 3                             | 20                  | 0.15                  | 1                          | 6                      | 14                 |
|       | Dic | 0                             | 20                  | 0                     |                            |                        |                    |

\* Diseñado con las siguientes condiciones con cambio de placas, quince unidades a diesel, jornada de 8 hrs, un mecánico a diesel con un ayudante.





**CIUDAD DE MEXICO**

Av. Patriotismo 683  
Col. Mixcoac  
03730, México, D. F.  
Tel (55) 56 15 35 75  
55 98 52 18  
Fax (55) 55 98 64 57

**SANFANDILA**

Km. 12+000, Carretera  
Querétaro-Galindo  
76700, Sanfandila, Qro.  
Tel (442) 2 16 97 77  
2 16 96 46  
Fax (442) 2 16 96 71

Internet: <http://www.imt.mx>  
[publicaciones@imt.mx](mailto:publicaciones@imt.mx)