ISSN 0188-7297

INSTITUTO MEXICANO DEL TRANSPORTE

SCT
SECRETARÍA DE COMUNICACIONES Y TRANSPORTES

Certificación ISO 9001:2008 ‡

Aplicación de métodos de renovación vehicular para unidades de autotransporte en plataforma *Web*

Luis Gerardo Sánchez Vela
Eduardo Malagon Paredes
Manuel de Jesús Fabela Gallegos
Miguel Martínez Madrid
Héctor Miguel Gasca Zamora
David Vázquez Vega
José Ricardo Hernández Jiménez
Oscar Flores Centeno
Martín Jonathan Molano Clemente

Publicación Técnica No. 462
Sanfandila, Qro, 2016

SECRETARÍA DE COMUNICACIONES Y TRANSPORTES

INSTITUTO MEXICANO DEL TRANSPORTE

Aplicación de métodos de renovación vehicular para unidades de autotransporte en plataforma WEB

Publicación Técnica No. 462
Sanfandila, Qro, 2016

Este documento fue elaborado por el Ing. Luis Gerardo Sánchez Vela, el Dr. Manual de Jesús Fabela Gallegos, el M. C. José Ricardo Hernández Jiménez, el M. C. Oscar Flores Centeno y el M. C. David Vázquez Vega, M. C. Martín Jonathan Molano Clemente, investigadores del Área de Dinámica Vehicular de la Coordinación de Ingeniería Vehicular e Integridad Estructural del Instituto Mexicano del Transporte. Participó también el Ing. Eduardo Malagón Paredes, así como el Lic. Héctor Miguel Gasca Zamora; éste último del Área de Monitoreo Estructural de la misma coordinación.

Se agradecen los comentarios y sugerencias del Dr. Miguel Martínez Madrid, coordinador de Ingeniería Vehicular e Integridad Estructural.

Contenido

Resumen		iii
Abstract		v
Resumen Ejecutivo		vii
Introducción		1
Capítulo 1	Antecedentes	5
	1.1 Antigüedad del parque vehicular	5
	1.2 Incentivación para renovación de vehículos	6
	1.3 Herramientas de apoyo para renovación	7
	1.4 Objetivo	7
Capítulo 2	Métodos utilizados en el programa de renovación vehicular	9
	2.1 Método contable	10
	2.2 Métodos extracontables	10
	2.3 Métodos de optimización	11
	2.4 Información requerida por los métodos	12
Capítulo 3	Algoritmo de programación del programa renovación vehicular	13
	3.1 Diagrama general	13
	3.2 Método de reposición de activos	15
	3.3 Método de costo promedio anual	16

	3.4 Método de costo unitario anual	17
	3.5 Método de margen de utilidad anual	17
	3.6 Método de costo anual de posesión	19
	3.7 Acceso al programa	19
Capítulo 4	Utilización de los métodos de renovación vehicular	23
	4.1 Aplicación del método de reposición de activos	23
	4.1.1 Caso 1 del método de reposición de activos	24
	4.1.2 Caso 2 del método de reposición de activos	26
	4.1.3 Caso 3 del método de reposición de activos	27
	4.1.3 Caso 4 del método de reposición de activos	28
	4.2 Aplicación del método de costo promedio anual	29
	4.3 Aplicación del método de costo unitario anual	30
	4.4 Aplicación del método de método de margen de utilidad anual	32
	4.5 Aplicación del método de costo anual de posesión	41
Comentarios		43
Bibliografía		45
Anexo 1		47

Resumen

Un problema común en la vida de uso de vehículos de autotransporte es la identificación y el establecimiento de los periodos en los que las unidades del parque deben ser renovadas, considerando el término de su periodo de redituabilidad. Como una herramienta para facilitar periodos de renovación, en el Instituto Mexicano del Transporte se desarrolló un programa en formato WEB que pueda ser utilizado como apoyo en ese proceso por empresas de autotransporte, incluyendo aquéllas del tipo hombre-camión. Esta herramienta presenta varios métodos basados en la estimación de costos de operación que incluyen, fundamentalmente, reposición de activos, costo promedio anual, costo unitario anual, margen de utilidad anual y costo anual de posesión, considerados los métodos de renovación vehicular de mayor uso.

Para facilitar el uso de dicha herramienta, en este texto se describen las características particulares de cada método considerado, así como el acceso y utilización del programa a través de la página web del IMT. Además, se explica cómo podría elegirse el método adecuado, conforme a las características de la empresa, que pudiera sugerir el periodo óptimo de renovación de la unidad de autotransporte que se desee evaluar.

Abstract

A common problem in the usage of heavy load vehicles is the identification and establishment of periods at which the units have to be renewed, considering the end of their profitability. A program in WEB format that can be used as maintenance support by trucking companies, including those of man-type truck, was developed at the Instituto Mexicano del Transporte (Mexican Transportation Institute). This tool takes into account most of the vehicle renewal methods available and it is based on estimates of operating costs, including primarily asset replacement, the average annual cost, annual unit cost, annual profit margin and annual cost of ownership.

In this software, all the particular characteristics of each method are taking into account to ease its use as a WEB ON LINE application. Additionally, it provides considerations to choose the appropriate renewal method based on the features of the vehicle owner, establishing thus the optimal period of renewal of the vehicle being assessed.

Resumen ejecutivo

Este trabajo surgió de la necesidad de contar con una herramienta para determinar periodos de renovación de las unidades de autotransporte, dadas las condiciones de empleo de una gran cantidad de vehículos con edades muy avanzadas. La herramienta propuesta consiste en un programa computacional de renovación vehicular desarrollado en el IMT el cual incluye diversos métodos aplicables a la estimación de costos como un criterio de referencia para determinar la vida útil de una unidad. Para su utilización, se requiere de datos de operación y servicio como peso del vehículo, carga útil, costo anual de mantenimiento, número de kilómetros conducidos por año, vida útil promedio de servicio, uso de la capacidad por viaje redondo, costos fijos y variables, entre otros. La ejecución del programa se ilustra con diversas imágenes de su aplicación y dentro del contexto de los métodos de estimación de costos que lo conforman.

El Capítulo 1 presenta los antecedentes que identifican la necesidad e importancia de considerar la renovación del parque vehicular de autotransporte en México, así como el objetivo del presente trabajo y los requerimientos para utilizar el *software* de renovación vehicular. En el Capítulo 2 se describen los métodos utilizados en el programa y las características de cada uno de ellos, por tanto se presenta la información requerida para cada caso, como son los costos de operación de la unidad evaluada. El Capítulo 3 muestra el algoritmo de programación en diagramas de flujo de cada uno de los métodos, lo cual facilita al usuario interpretar los cálculos para obtener los periodos de renovación; en el Capítulo 4 se muestra el procedimiento para acceder al programa de renovación vehicular a través de la página web del IMT. La aplicación de los métodos se muestra en los ejemplos del Capítulo 5, donde se realiza el llenado de la información para cada uno de los métodos, a manera de ejemplo, de unidades de autotransporte tales como el costo anual de mantenimiento, el valor del vehículo, el valor de rescate, costos unitarios, días de inmovilización, kilometraje anual, peso vehicular y algunos en años como la vida útil, entre otros. Para facilitar la comprensión se muestran en imágenes los resultados de cada ejemplo realizado con su periodo de renovación y la gráfica de resultado. Finalmente, se emiten algunos comentarios, sugerencias y recomendaciones en la aplicación del programa y sus métodos de renovación vehicular, que permiten ser de apoyo al usuario del programa.

Introducción

En México, el parque vehicular de autotransporte tiene una edad promedio de 15 años. Para la mayoría de los casos, esa edad corresponde a unidades que han sido usadas ampliamente y que, por la evolución y desgaste de ese uso, se consideran obsoletas. Por tanto, resulta conveniente que los poseedores de vehículos de autotransporte establezcan políticas para determinar la vida útil de sus unidades. La mayoría de las empresas transportistas aplican alguna política de renovación de sus unidades basados en diferentes criterios. Tales criterios pueden estar definidos en términos de kilometraje recorrido, edad, o ambos, lo cual les permite realizar análisis de costos o de funcionalidad que afectan la vida útil de las unidades. Estos análisis les sirven de referencia para una revisión anual de las unidades en su flotilla, lo cual permite identificar aquellos vehículos que satisfagan los criterios establecidos para ser candidatos a renovación.

El reemplazo de un vehículo se define generalmente por su edad o kilometraje. Un punto de referencia es considerar como base los costos de la unidad nueva contra la antigua. Conforme al resultado de esa comparación, si los costos de posesión y operación del vehículo nuevo son menores que el del vehículo antiguo, entonces es momento de realizar el reemplazo, mientras que si resulta lo opuesto, la alternativa es mantener el vehículo antiguo en servicio.

Atendiendo un seguimiento operativo y de administración de una empresa, los costos del parque vehicular se deben analizar periódicamente, siendo el lapso anual uno de los frecuentemente sugeridos. Conforme con la periodicidad de esos análisis, el programa de remplazo de unidades vehiculares se debe ajustar para reflejar los cambios que se hayan realizado. Los vehículos que se necesitan sustituir pueden listarse en orden descendente de acuerdo al criterio establecido y, con ello, decidir el orden de remplazo.

Sin embargo, si la unidad antigua no tiene costo de depreciación y amortización en comparación con una unidad nueva, debe considerarse la posibilidad de que los beneficios se reduzcan con la edad y el uso del vehículo. La disposición de un vehículo nuevo implica soportar costos fijos anuales por depreciación y amortización, lo que explica la dificultad de las empresas para apreciar las ventajas de una renovación vehicular oportuna. El aumento de los costos fijos por vehículo incrementa al pagar los créditos bancarios por la adquisición de las nuevas unidades, por lo tanto el margen de utilidad por viaje disminuye, debido a que el servicio se ofrece al mismo precio que una unidad antigua.

La mayoría de las empresas están convencidas de que si logran mejorar el mantenimiento preventivo de las unidades, no se observaría un decremento tan

fuerte del kilometraje anual a lo largo de la vida útil. En consecuencia, se podría lograr un mayor margen de utilidad anual utilizando unidades más antiguas, ya que estas unidades están depreciadas y amortizadas.

La tendencia más frecuente en los trasportistas de México es emplear el mayor tiempo posible las unidades del parque vehicular activo (sobre-explotación). Esto se debe a la falta de disponibilidad de recursos, lo que implica recurrir a casos de reconstrucción de la mayor parte de la unidad. Aun así, es necesario aplicar un análisis de renovación para visualizar los beneficios de emplear vehículos nuevos respecto al uso de unidades antiguas.

Se hace notar que al prolongar la vida del vehículo, puede llegar a invertirse en mantenimiento el equivalente al valor nuevo de una unidad en poco tiempo, aunque este costo se reparte en el tiempo de utilización de la misma. Por tanto, es conveniente preguntarse si es mejor cambiar antes la unidad, aunque esto implique erogaciones financieras que resulten más costosas en los primeros años de uso de la unidad, comparado con el sobrecosto provocado por el mayor mantenimiento de una unidad antigua. Bajo este punto de vista, lo más importante es determinar la vida útil del vehículo, la cual se puede obtener básicamente con dos factores: costo de mantenimiento y el valor residual de la unidad.

El costo de mantenimiento es uno de los costos que crece con los años y el kilometraje recorrido por el vehículo, por lo cual, los vehículos nuevos tienden a presentar menos costos de mantenimiento. Los gastos originados por la modificación y reconstrucción que contribuyen a la prolongación de la vida útil de un vehículo usado, deben ser aplicados por el periodo de uso y no considerarlos en un solo año. Así mismo, los costos generados por el tiempo de permanencia de la unidad en el taller deben también incluirse en los costos de mantenimiento.

Bajo una perspectiva ordinaria, el vehículo que se remplaza no siempre es el ideal. Para tener una mayor garantía de que se elija el más adecuado, debe efectuarse previamente un estudio sobre los requerimientos de la empresa, en el que se incluyan condiciones de carga, velocidad promedio, características de la carretera, etc. Un análisis de este tipo facilita seleccionar y adquirir el vehículo que cumpla los mayores requerimientos.

Acorde con la situación descrita, se identifica la necesidad de contar con una herramienta accesible que conlleve al análisis para facilitar la identificación de periodos de renovación del parque vehicular en México. Como una alternativa que atiende tal necesidad, en el Instituto Mexicano del Transporte (IMT) se desarrolló un programa en formato web como apoyo a los usuarios que necesiten determinar el periodo de renovación de sus vehículos. El programa, presentado aquí en sus características generales, puede ser empleado a través de la página institucional del IMT, cuyo formato permite un fácil acceso y disponibilidad, basado en el lenguaje JavaScrip, HTML, CSS y Jquery. Como característica relevante, el programa se sustenta en el análisis de costos de operación del vehículo,

sugiriendo la conveniencia de distintos métodos de acuerdo con la información disponible en la empresa.

1 Antecedentes

1.1 Antigüedad del parque vehicular

Información presentada en el 2014 sobre la antigüedad del parque vehicular del autotransporte federal por parte de la Dirección General de Autotransporte Federal, contiene indicadores clave de la antigüedad de la flota vehicular del autotransporte federal de carga. Esta información constituye una de las principales fuentes de datos, ya que contiene indicadores clave a nivel nacional cuyo objetivo principal es servir de insumo para la toma de decisiones. Además, contribuye a la elaboración de Políticas Públicas que impulsen el crecimiento y desarrollo del País.

La Tabla 1.1 y la Figura 1.1 muestran la antigüedad del autotransporte de carga y pasajeros que circulan en el país, [1]. La Figura 1.1 detalla la evolución de la antigüedad de la flota del Autotransporte Federal de 2000 al 2014, en la que se observa que de 2008 al 2014 la antigüedad promedio aumentó en 2.24 años.

La Norma Oficial Mexicana NOM-012-SCT-2-2014, sobre el peso y dimensiones máximas con los que pueden circular los vehículos de autotransporte que transitan en las vías generales de comunicación de jurisdicción federal, establece que los tractocamiones en configuraciones TSR y TSS deberán estar equipados con tecnología que apoye a la seguridad. Debido a esto, se necesita contar con unidades de transporte con la tecnología en seguridad más avanzada que existe en el mercado y esto se puede lograr mediante una planeación estratégica de renovación vehicular, [4].

Figura 1.1 Evolución de la antigüedad promedio de la flota de autotransporte

Tabla 1.1 Antigüedad de la flota vehicular del autotransporte federal de carga 2014

Concepto	2000	2006	2008	2009	2010	2011	2012	2013 [A]	2014 [E]
Vehículos de pasajeros	**56 882**	**76 330**	**70 656**	**78 567**	**78 763**	**86 265**	**92 125**	**91 817**	**92 993**
Pasajeros	41 758	47 751	42 648	46 948	46 658	47 172	50 312	48 981	ND
Turismo	15 124	28 579	28 008	31 619	32 105	39 093	41 813	42 836	ND
Vehículos de carga	**372 263**	**515 279**	**501 538**	**610 148**	**635 468**	**658 760**	**715 683**	**729 046**	**758 729**
Unidades motrices	227 847	292 418	273 455	331 686	342 064	351 705	380 342	381 250	ND
Unidades de arrastre	144 225	222 580	227 806	278 133	293 053	306 700	334 858	347 112	ND
Grúas industriales	191	281	277	329	351	355	483	684	ND
Antigüedad promedio de la flota (Años)	**15.00**	**13.32**	**12.89**	**14.21**	**14.67**	**14.68**	**15.07**	**15.05**	**15.13**
Empresas en servicio									
Personas morales	**10 289**	**18 192**	**16 594**	**19 366**	**21 047**	**25 025**	**25 542**	**24 195**	**ND**
Pasajeros	1 161	1 617	1 075	1 207	1 213	1 243	1 556	1 438	ND
Turismo	1 248	2 577	2 338	2 649	2 942	3 895	3 972	3 820	ND
Carga	7 880	13 998	13 181	15 510	16 892	19 887	20 014	18 937	ND
Personas físicas	**81 955**	**112 328**	**102 946**	**118 815**	**123 413**	**135 493**	**144 769**	**140 569**	**ND**
Pasajeros	1 688	1 665	1 472	1 578	1 597	1 613	1 855	1 704	ND
Turismo	5 044	8 061	7 114	7 702	7 852	9 473	10 152	10 000	ND
Carga	75 223	102 602	94 360	109 535	113 964	124 407	132 762	128 865	ND

[A] Cifras actualizadas.
[E] Cifras estimadas al cierre del año, tomadas del Segundo Informe de Gobierno.
ND Cifra no disponible.
FUENTE: Dirección General de Autotransporte Federal.

1.2 Incentivación para renovación de vehículos

Bajo la premisa de que vehículos en las mejores condiciones físico-mecánicas y de operatividad pueden tener una mayor eficiencia y, por tanto, mayor productividad, a finales del 2003 el Gobierno Federal incentivó un novedoso programa para motivar la renovación del parque vehicular del país. Dicho programa, aplicado a través de la Secretaría de Hacienda y Crédito Público, nació de la necesidad de contar con unidades modernas, actualizadas y tecnológicamente avanzadas, que satisficieran las necesidades tanto de los transportistas como de los usuarios. La premisa de partida es que la renovación vehicular aumenta la competitividad, empleando unidades que cumplan las normativas de seguridad, calidad y confort, además de cumplir con los alineamientos en materia de reducción contaminante al medio ambiente. Así, el 30 de Octubre del 2003 se creó el programa de modernización del autotransporte federal, [2].

Esta iniciativa tuvo un impacto que se ha implementado a través de los años para dar continuidad a la renovación del parque vehicular de autotransporte, por tanto se publicó el Decreto por el que se fomenta la renovación del parque vehicular del autotransporte el 26 de Marzo del 2015. El decreto pretende que, con la circulación de unidades vehiculares modernas en la red federal de carreteras, se optimice el desempeño del sector transporte, aumente la seguridad vial, disminuyan las tasas de siniestralidad y la reducción de las emisiones de gases de efecto invernadero. Además, generar un impacto directo en los costos operativos por traslados que incrementan la competitividad y la productividad de las actividades económicas.

El estímulo fiscal tiene como objetivo incentivar la sustitución de los vehículos usados con los que se presta el servicio público de autotransporte federal de carga, de pasajeros y en el servicio público de autotransporte de pasajeros urbano o suburbano, por unidades vehiculares nuevas o seminuevas. Se estima conveniente mejorar su diseño, para hacer más atractivo el programa e incentivar a los autotransportistas a que renueven su flota vehicular. El estímulo fiscal para el autotransporte federal de carga y de pasajeros consiste en un crédito equivalente a la cantidad que resulte menor entre el precio en el que se reciban los vehículos usados, el quince por ciento del precio del vehículo nuevo o una cantidad específica de acuerdo al tipo de vehículo usado que se destruya. Por tanto, se considera pertinente incrementar esta última referencia con el fin de determinar un mayor monto del estímulo e impulsar con ello a los autotransportistas a entregar a cuenta del precio de adquisición de vehículos nuevos o seminuevos, un vehículo usado con antigüedad mayor a 10 años para su destrucción, [2].

1.3 Herramientas de apoyo para renovación

Aunque la implementación de programas e incentivos fiscales buscan mejorar las condiciones de las empresas transportistas en torno a la mejora de la seguridad, de la productividad y de la menor afectación al ambiente, el tema de renovación de un vehículo representa algunas dificultades sobre los criterios que se deben emplear para su sustitución. Esto es particularmente crítico para empresas pequeñas y medianas, aunque las grandes empresas no están exentas de esta problemática.

Desde una perspectiva financiera, la redituabilidad del empleo de un vehículo se fundamenta en los costos de operación, por lo que un criterio particular para la toma de decisiones en renovación se sustenta en el análisis de estos costos. Con base en esta consideración y en la necesidad de contar con una herramienta que facilite, desde este enfoque, periodos oportunos de renovación de vehículos de una flota, en el Instituto Mexicano del Transporte se propuso el desarrollo de un programa computacional que apoye en la determinación de periodos factibles de renovación. El programa, preparado bajo un entorno web, constituye entonces esa herramienta que facilita la aplicación de distintos métodos de análisis, el cual se pone a disposición del público en general a través de la página institucional del IMT. El programa presentado aquí, en sus características generales, permite un fácil acceso y disponibilidad y está basado en el lenguaje JavaScrip, HTML, CSS y Jquery.

1.4 Objetivo

Una vez desarrollado el programa computacional en apoyo a la determinación de los periodos de renovación vehicular y dispuesto para su uso a través de la plataforma web, se plantea el objetivo de describir su accesibilidad y la manera de operarlo para obtener el periodo de renovación de una unidad sujeta a evaluación.

Por tanto, en los capítulos siguientes se describen, de manera general, los métodos de análisis incluidos en el programa, su algoritmo principal, el procedimiento para acceder a través de la web y ejemplos de la aplicación de los métodos dentro del programa.

Para su empleo, debe tenerse en cuenta que esta herramienta de apoyo se constituye en un software y, por tanto, está sujeto a algunos requerimientos computacionales esenciales. Consecuentemente, para visualizar correctamente la página, el usuario deberá verificar que el equipo desde el cual pretenda acceder al programa de renovación vehicular cuente con el navegador web apropiado. Los navegadores recomendados son: Google Chrome en versión 46.0.2490.71m o superior, así como Mozilla Firefox versión 33.0 o superior. Uno de estos navegadores deberá estar apropiadamente instalado y funcionando en el equipo, el cual deberá tener salida a internet para la correcta conexión con el sitio al servidor del programa de renovación.

2 Métodos utilizados en el programa de renovación vehicular

Existen diversos métodos para la renovación de vehículos que son utilizados por empresas de autotransporte. En el Programa de Renovación Vehicular para vehículos de autotransporte (PRV) se utilizan cinco métodos en los que se programaron para su aplicación; estos métodos se clasifican en tres categorías que son: Métodos contables, Métodos extracontables y Métodos de optimización. Cada uno requiere información específica sobre gastos de operación en las unidades de autotransporte y administrativos.

Los métodos de renovación no presentan, solo calculan, los años óptimos para realizar la renovación de la unidad ya que no toma en consideración algunos puntos críticos tan importantes como lo son la disposición financiera de la compañía, capacidad crediticia o su política de renovación, si es que la empresa la tiene definida.

Una vez que se utilizan los métodos de renovación vehicular en el PRV en necesario conocer algunos términos técnicos en los costos de operación del vehículo, por lo que se muestran en el Anexo 1.

Cuando se vende un vehículo usado, se recupera una parte del valor invertido en su adquisición. Técnicamente a esta recuperación se denomina valor de rescate.

En el mercado de unidades usadas se observa que la pérdida de valor es uniforme con el paso de los años. De esta forma, se tiene que en los primeros años la pérdida es grande, disminuyendo progresivamente con el paso de los mismos hasta conseguir un equilibrio.

La depreciación de un vehículo varía dependiendo del tipo de servicio para el que es destinado, ya que en el primer año de utilización se deprecia de un 15 a un 20%.

La renovación oportuna de las unidades obtiene un conjunto de beneficios significativos, para cualquier empresa de transporte, en los que involucra el ahorro de combustible y mantenimiento de la unidad en los primeros años del vehículo y, a su vez, obtiene una gran productividad. Asimismo, beneficia al medio ambiente reduciendo las emisiones que provocan el efecto invernadero que producen las unidades antiguas.

Los métodos para decidir el periodo óptimo de renovación de un vehículo, se puede clasificar en tres categorías [4].

1.- Métodos contables.
2.- Métodos extracontables.
3.- Métodos de optimización.

2.1 Método contable

En este método se considera el vehículo como un activo contable que se deprecia con el tiempo. Se suele comparar el valor residual contable y valor de mercado secundario, contra costo acumulado de mantenimiento del vehículo. Cada vez que éste supera el valor residual o valor comercial de la unidad, significa que es oportunidad de remplazar la unidad. Si no existe un mercado secundario del vehículo para conocer el valor comercial de reventa, entonces una aproximación aceptable es considerar su valor residual contable (depreciación en 10 años), adicionando el valor de las refacciones y las partes incorporadas a medida que se conserva la unidad. Por lo que se establece como método contable:

- El método de reposición de activos (método 1)

Este método presenta la ventaja de utilizar un criterio de decisión relativamente fácil para obtener los periodos óptimos de renovación. Por ello, es recomendado para cualquier empresa de autotransporte en México que cuenta con una contabilidad básica. Solo que este método no considera al vehículo como una unidad productiva, cuyo propósito es generar ingresos y utilidades, debido a que solo incluye una mínima parte de los costos de operación (Costo anual de mantenimiento).

2.2 Métodos extracontables

Los métodos extracontables se entienden como métodos de contabilidad analítica, que permiten calcular los costos completos de trasporte, a partir de una desagregación de las cuentas de la contabilidad general. Por ejemplo, en lugar de contabilizar el mantenimiento por origen de gastos, se separan insumos (refacciones), consumos (lubricante, agua, luz) y mano de obra en cuentas diferentes, se agrupan todos los costos de mantenimiento para cada vehículo y familia de vehículo, utilizando información extracontable tales como las bitácoras de los vehículos, las órdenes de reparación, los vales de refacciones, entre otros.

Dentro de esta categoría, los métodos más conocidos son:

- El método del costo promedio anual (método 2).

- El método del costo unitario anual (método 3).

Cuando la actividad de las unidades es relativamente constante suele existir un solo valor mínimo. Por lo tanto, el número de años correspondiente puede indicar una norma de reposición de la flotilla de la empresa. Cuando existen varios mínimos en el tiempo y varios periodos posibles de reposición, el que indica el costo más bajo, indica el periodo ideal de renovación.

2.3 Métodos de optimización

Los métodos anteriores permiten decidir cuándo reponer un vehículo, pero no indican cómo hacerlo, puesto que no toma en consideración algunos puntos críticos como la disponibilidad financiera de la empresa, entre otros.

Por ese motivo se desarrollaron, más recientemente, métodos de optimización. A continuación se presentan dos de ellos que ya encontraron campo de aplicación en múltiples empresas de trasporte de pasajeros y carga.

- El método margen de utilidad anual (método 4)
- El método de costo anual de posesión (método 5)

El método de margen de utilidad anual consiste en clasificar los vehículos por orden decreciente de utilidad de operación anual, eliminando todos los que no cumplan con la norma preestablecida. En este caso, no existe ninguna edad obligatoria para cambiar los vehículos, siendo los resultados de operación de la unidad los que determinan cuáles son las que se tienen que dar de baja debido a que no cumplen con la norma preestablecida que impuso la empresa trasportista.

El método de evaluación más completo y preciso que se conoce hasta el momento es el método de costo anual de posesión de un vehículo, el cual se define como la suma de los costos anuales de depreciación, de mantenimiento y de inmovilización. En donde el costo anual de inmovilización técnica es la suma de los costos fijos que sobrelleva la unidad mientras está parada en un taller o esperando flete, y la pérdida comercial que implica no tener el vehículo trabajando.

A lo largo de la vida útil del vehículo, el costo de depreciación tiende a disminuir, así como ciertos componentes del costo de inmovilización. Al contrario, los demás costos son variables y presentan altibajos, según la importancia de la operación de mantenimiento de la unidad. Por lo mismo, se observan varios mínimos y máximos del costo anual de posesión en el tiempo. Por lo tanto, existen varios periodos de renovación posibles, cuyo rango de prioridad se puede definir al clasificar los mínimos relativos observados por orden creciente de valores.

La ventaja de estos métodos es que no se supone que existe un periodo óptimo de renovación. Asimismo, en caso de indisponibilidad financiera, la empresa puede dejar pasar un periodo y cambiar la unidad cuando se vuelva a presenta un valor mínimo.

2.4 Información requerida por los métodos

Los métodos de renovación vehicular requieren de una información mínima para ser utilizados. A continuación se presenta en la Tabla 2.1 la información mínima requerida en cada método. Se llega a la conclusión que una empresa de transporte sólo puede aplicar los métodos descritos en cuanto tenga un conocimiento preciso de todos los costos descritos en la Tabla 2.1.

Tabla 2.1 Información requerida para la implantación de los métodos de renovación vehicular

Descripción de la metodología	Información necesaria para su implantación	Grado de dificultad para obtener la información
Reposición de activos	Costo anual mantenimiento	Costo por vehículo
Costo promedio anual	Costo anual mantenimiento	Costo por vehículo
Costo unitario anual	Costo anual de trasporte Kilometraje anual por vehículo	Costo por vehículo Condiciones crediticias Gastos semivariables Odómetros en marcha
Margen de utilidad anual	Costo fijos anuales Costo variables anuales Kilometraje anual por vehículo Precios de venta Establecimiento de la norma por vehículo	Costo por vehículo Variación en el pago al operador Condiciones crediticias Gastos semivariables Odómetros en marcha
Costo anual de posesión	Costo anual mantenimiento. Costo fijos por día Calcular el margen de utilidad por día por vehículo Días de inmovilización	Costo por vehículo Variación en el pago al operador Condiciones crediticias Odómetros en marcha Ingreso por vehículo Días de inmovilización
Costo anual de posesión	Costo anual mantenimiento. Costo fijos por día Calcular el margen de utilidad por día por vehículo Días de inmovilización	Costo por vehículo Variación en el pago al operador Condiciones crediticias Odómetros en marcha Ingreso por vehículo Días de inmovilización

3 Algoritmo del programa de renovación vehicular

El programa de renovación vehicular fue desarrollado en lenguajes de programación libres (java script, html, css, jquery). Para interpretar el funcionamiento del programa se presenta un diagrama de flujo que muestra el seguimiento del PRV. En este diagrama se presentan los procesos y las decisiones que puede tomar el usuario, atendiendo a la información de la que se dispone. El diagrama facilita la interpretación del funcionamiento del programa y el resultados que podrá obtener al utilizarlo.

Los diagramas de flujo se generan usando símbolos estandarizados. La simbología que se utiliza, se muestra en la Tabla 3.1, son los utilizados en el diagrama de procesos, ilustrando el símbolo y su definición.

Tabla 3.1 Simbología de diagrama de flujo en el programa de renovación vehicular

Simbolo	Definición
	Inicio o fin de programa
	Pasos, procesos o líneas de instrucción de programa de computo
	Operaciones de entrada y salida
	Toma de decisiones y Ramificación
	Captura de datos tecleados por el usuario
	Imprime datos en pantalla
	Conector para unir el flujo a otra parte del diagrama

3.1 Diagrama general

La Figura 3.1 presenta el diagrama del procedimiento esencial para la selección del método que desee utilizar el usuario. En el diagrama se presenta la opción del método conforme al número de unidades con las que cuenta la empresa. Además,

se indica la información mínima requerida para utilizar alguno de los métodos, tales como kilometraje anual, costo anual de transporte, costo promedio anual, costo acumulado de mantenimiento, costos fijos, costos variables, etc.

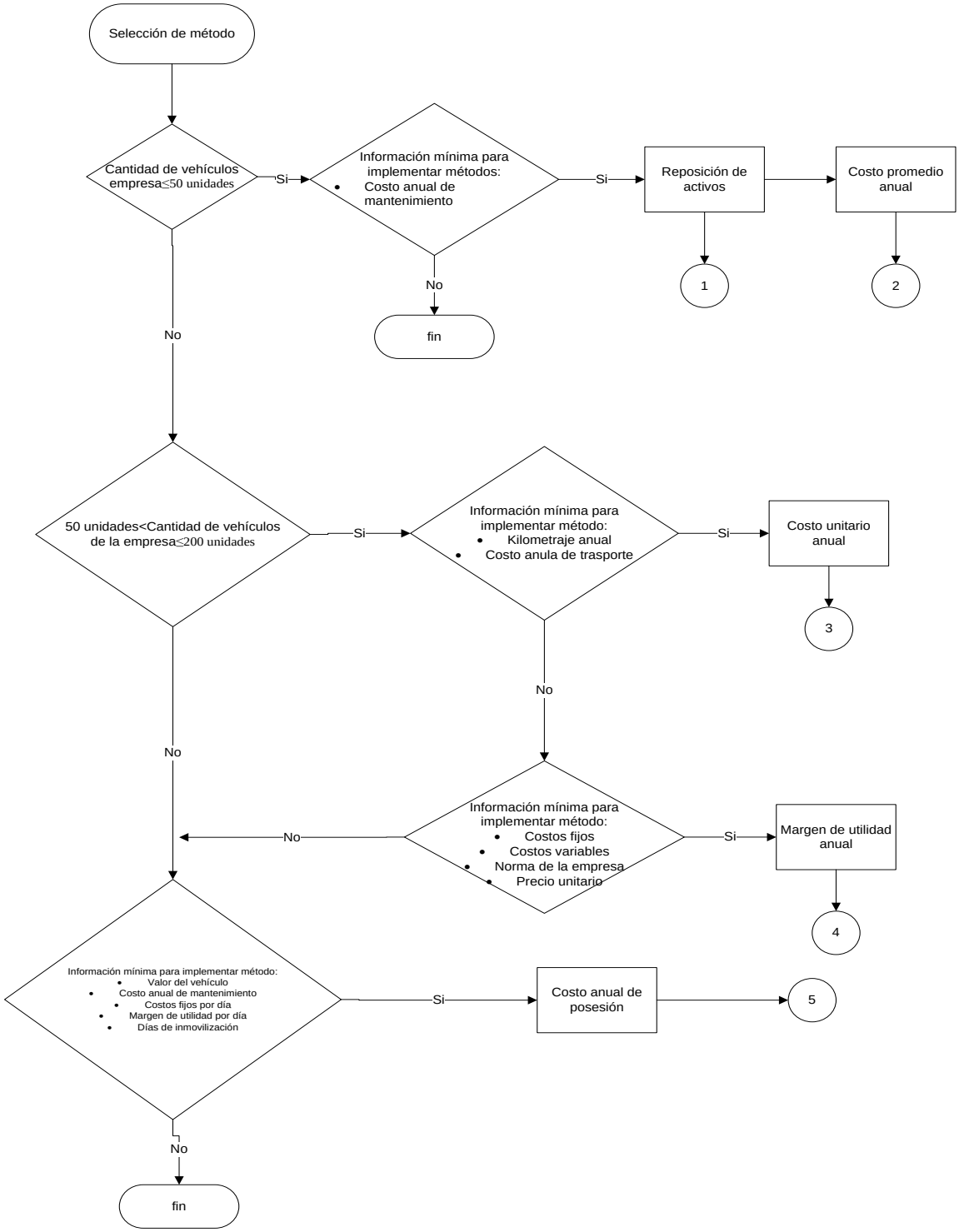


Figura 3.1 Funcionamiento general del programa de Renovación Vehicular

El usuario elige el método de renovación que mejor se adapte a su necesidad, conforme con la información disponible. Por tanto, es necesario describir de manera individual cada método contemplado en el programa principal.

3.2 Método de reposición de activos

La Figura 3.2 presenta el diagrama de flujo para el método de reposición de activos. Para aplicar este método es necesario contar con datos del valor del vehículo, vida útil, valor de rescate, costo anual de refacciones, costos de mantenimiento y valor de mercado secundario. Con esta información se calcula la deprecación lineal, valor residual contable y el costo acomulado de mantenimiento. Una vez calculados, el programa presenta un marco de comparación ente sí para determinar el periodo óptimo de renovación, mostrándolos en pantalla.

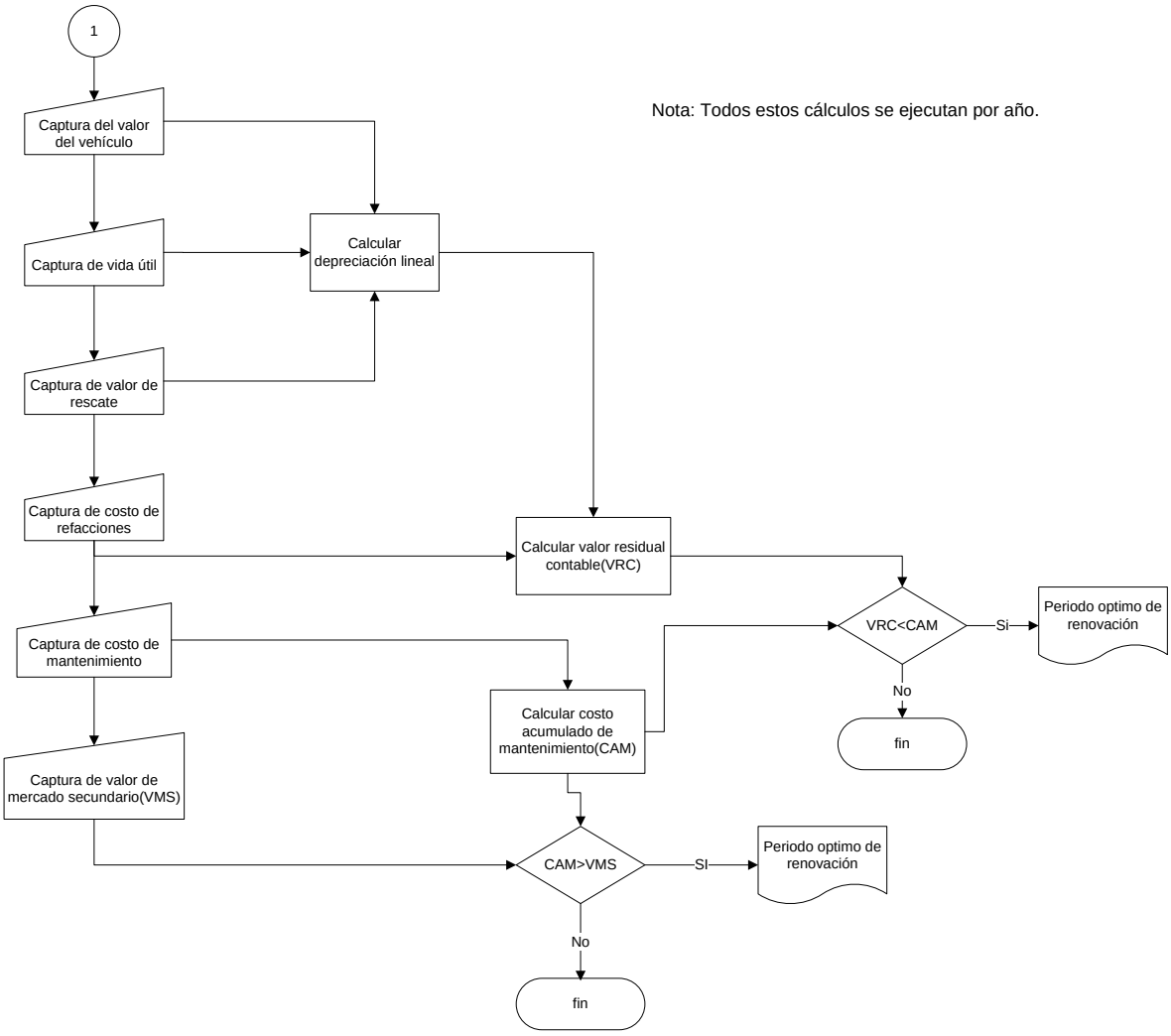


Figura 3.2 Método reposición de activos

3.3 Método de costo promedio anual

El método de costo promedio anual, Figura 3.3, requiere de la captura del valor del vehículo, la vida útil, el valor de rescate y el costo anual de mantenimiento.

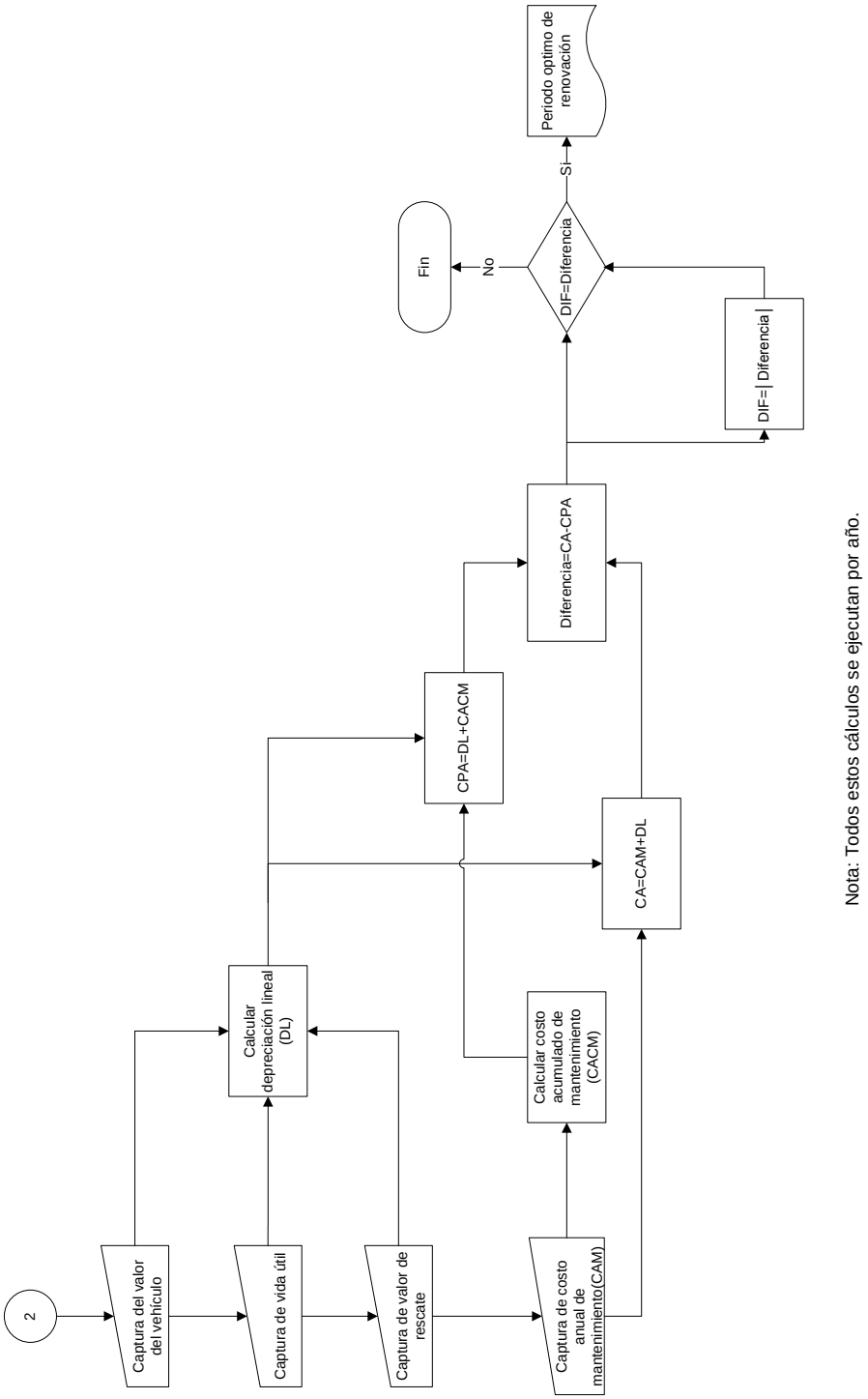


Figura 3.3 Método Costo promedio anual

Esos datos permiten calcular el costo promedio anual (CPA) y costo anual (CA), que conducen al cálculo de la diferencia entre los costos. Si la diferencia es positiva, el programa de renovación vehicular lo imprime en la pantalla como periodo óptimo de renovación.

3.4 Método de costo unitario anual

En la Figura 3.4 se presenta el digrama de flujo del método de costo unitario anual. Éste requiere de la captura del costo anual de transporte y kilometraje anual para calcular el costo unitario anual (CUA).

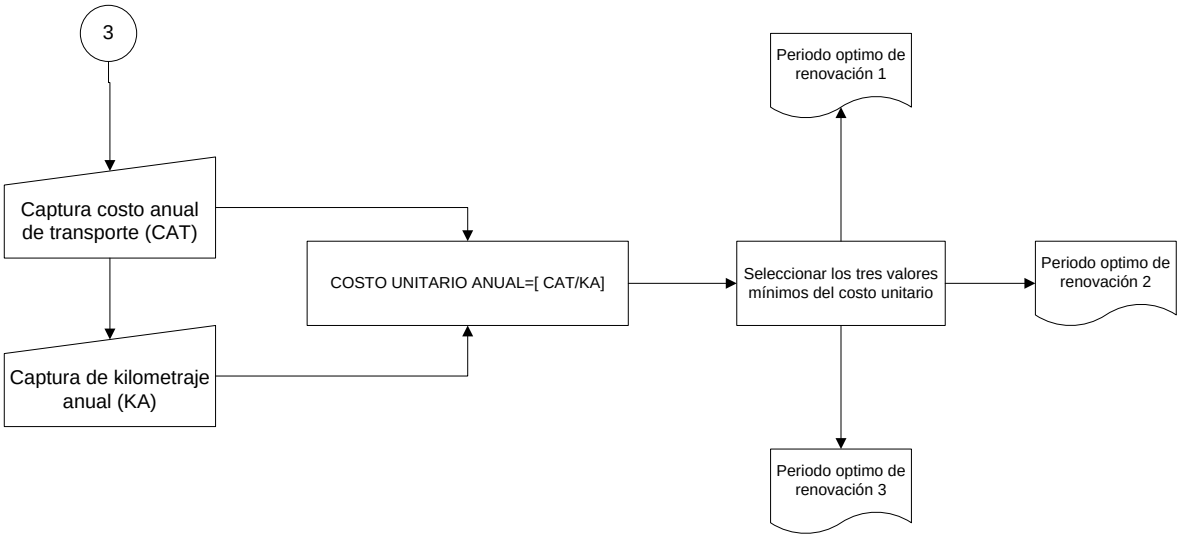


Figura 4.4 Método de costo unitario anual

Conforme al periodo recomendado de renovación de 14 años, el programa clasifica los tres mínimos relativos del costo unitario anual.

3.5 Método de margen de utilidad anual

El método de margen de utilidad anual pertenece a la categoría de optimización; por lo tanto, las empresas que deseen utilizar este método deben tener la capacidad para conocer todos los costos fijos y variables que intervienen en la operación de vehículo, con el máximo detalle posible. La aplicación del método de margen de utilidad anual, mostrado en la Figura 3.5, requiere de seleccionar el tipo de vehículo (camión, tractocamión y autobús) y la configuración vehicular de acuerdo con la NOM-012-SCT-2-2014, Sobre el peso y dimensiones máximas con los que pueden circular los vehículos de autotransporte que transitan en las vías generales de comunicación de jurisdicción federal.

Cada configuración atiende a su clase, nomenclatura, número de ejes y llantas. El método captura el peso vehicular, uso de capacidad por viaje redondo, kilometraje anual, así como los costos fijos y variables, para calcular el costo unitario anual. El

método calcula el margen de utilidad obtenida en un año, el cual se compara con el criterio de la empresa para decidir si el vehículo se debe renovar en ese año.

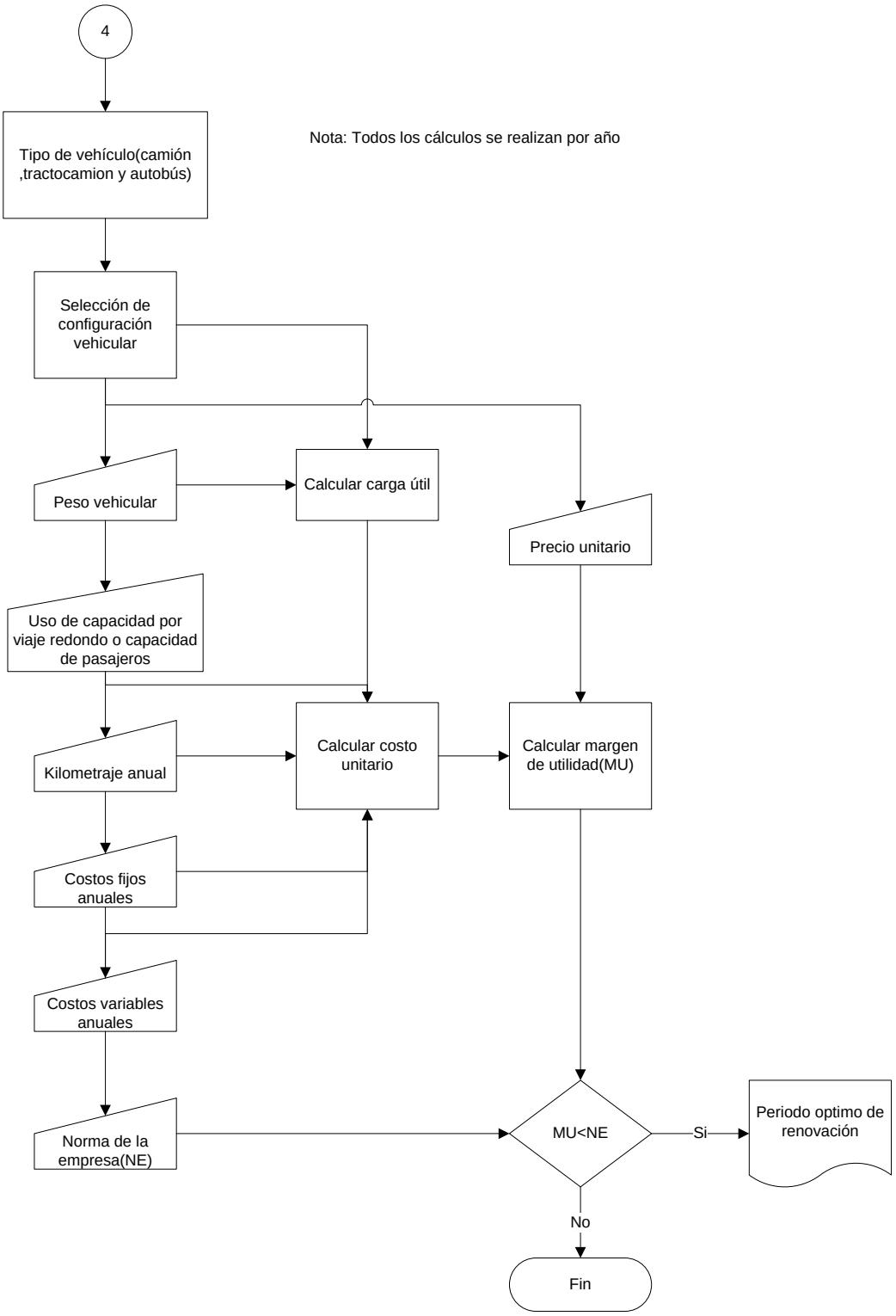


Figura 4.5 Método del Margen de utilidad anual

3.6 Método de costo anual de posesión

En la Figura 3.6 se muestra el diagrama de flujo del método de costo anual de posesión, que requiere de la captura del valor del vehículo, su valor de rescate, costos fijos por día, margen de utilidad anual, días de inmovilización y los costos anuales de mantenimiento para calcular con esto el costo anual de posesión.

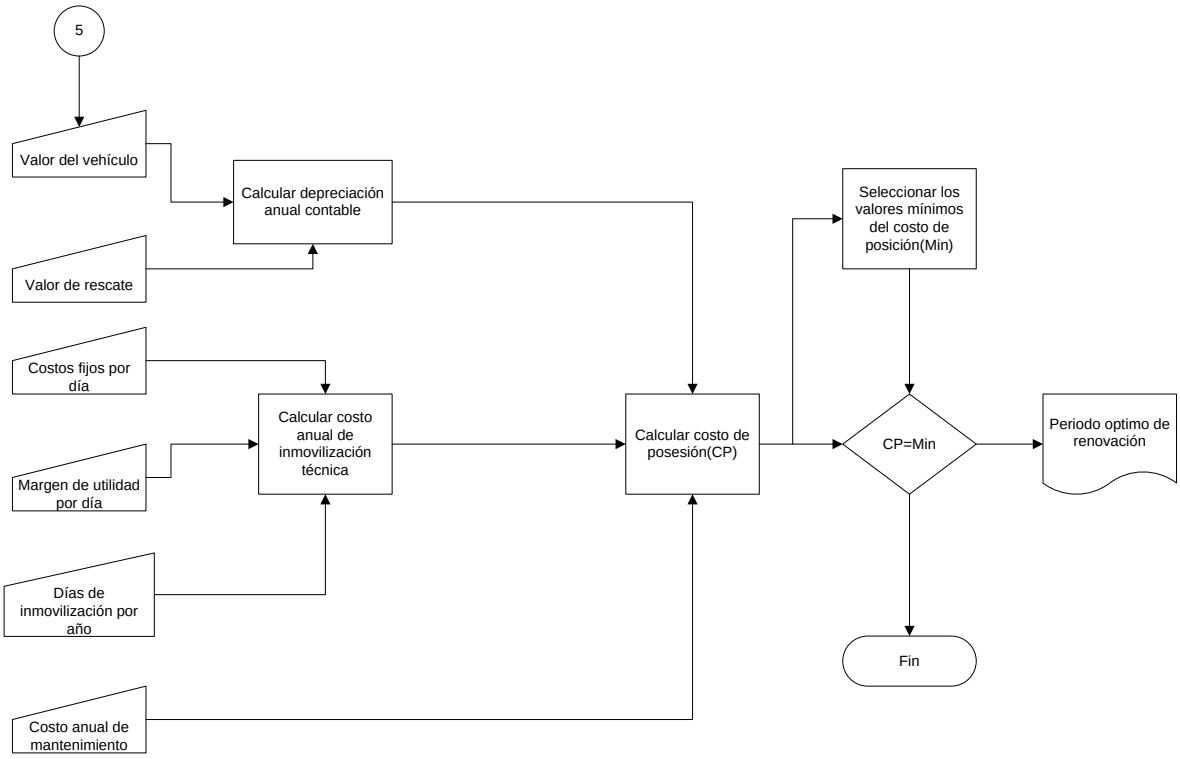


Figura 3.6 Método de Costo anual de posesión

Cada vez que el comportamiento del costo anual de posesión presenta valores mínimos el programa lo interpreta como periodo de renovación de la unidad. Esto se presenta gráficamente, permitiendo seleccionar un periodo óptimo de renovación.

3.7 Acceso al programa

El programa de renovación se elaboró como una herramienta de apoyo que las empresas trasportistas y usuarios de vehículos de autotransporte puedan emplear para determinar el periodo óptimo de renovación. Se recomienda que el programa sea ejecutado desde las plataformas Google Chrome o Mozilla Firefox, debido a que el algoritmo de programacion requiere de recursos de internet que estos exploradores facilitan.

El 80% del algoritmo está en lenguaje de programación Java script, que permite realizar funciones especificas en la página web. Si este complemento no está habilitado en el explorador, el contenido o la funcionalidad del programa base puede quedar limitado o presentar inestabilidades y mal funcionamiento.

Para tener acceso al Programa de Renovación Vehicular (PRV), es necesario abrir la página web del Instituto Mexicano del Transporte (http://www.imt.mx), como se muestra en la Figura 3.7.

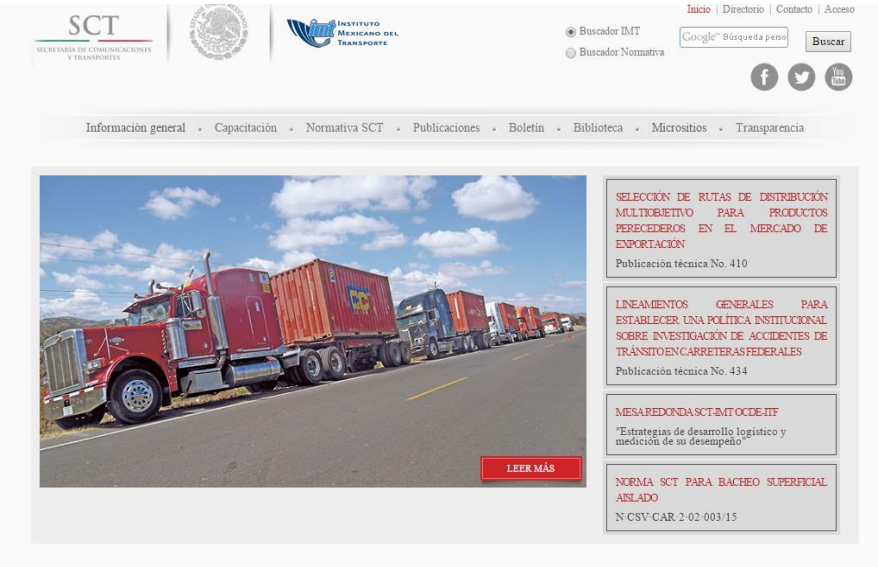


Figura 3.7 Sitio web del Instituto Mexicano del Transporte http://www.imt.mx

En la barra principal de temas, se debe ubicar la sección de Micrositios (Figura 3.8). Al colocar el puntero en “Micrositios” se despliegan las coordinaciones del IMT con sitio asignado, por lo que se debe elegir “Ingeniería Vehicular e Integridad Estructural”. El micrositio presenta los Servicios de Investigación de dicha coordinación, así como el acceso directo al programa de renovación vehicular (Ver Figura 3.8). Al acceder al programa, se despliega la ventana de inicio del mismo, como se muestra en la Figura 3.9. Este despliegue indica que el programa está listo para ser utilizado.

Figura 3.8 Contenido de ingeniería vehicular e integridad estructural

Figura 3.9 Programa de renovación vehicular

4 Utilización de los métodos de renovación vehicular

Para estimar el periodo óptimo de renovación de las unidades de autotransporte evaluadas en el programa de renovación vehicular, se requiere de la información necesario sobre los costos de operación. Por lo anterior, se presentan ejemplos de cada método al utilizar el PRV. Las definiciones de los términos utilizados en el programa se encuentran en el Anexo 1.

4.1 Aplicación del método de reposición de activos

Este método calcula los periodos de renovación e imprime una gráfica para presentarlos. El método muestra el año de renovación cuando se cruzan o coinciden el valor residual contable (VRC) con el costo acumulado de mantenimiento (CAM) y el valor de rescate secundario (VRS), o cuando valor de residual contable es menor a CAM y VRS. A continuación se presenta un ejemplo con los valores de costos de operaciones.

Se desea conocer el periodo óptimo de renovación de un tractocamión T3 acoplado a un semirremolque S2. El valor de adquisición del vehículo es de $360000, se considera su vida útil en cinco años con un valor de rescate de $180000. Para los valores de costo anual de refacciones, valor del mercado secundario y costo anual de mantenimiento, se presentan los valores para un periodo de trece años en las Tablas 4.1 a y 4.1 b.

Tabla 4.1 Gastos por año para un proyecto de 13 años
a) Gastos del año 1 hasta el año 7

	Año 1	Año 2	Año 3	Año 4	Año 5	Año 6	Año 7
Costo anual de refacciones	9,000	29,000	30,000	23,000	17,000	92,000	16,000
Valor de mercado secundario	306,000	270,000	234,000	216,000	198,000	234,000	198,000
Costo anual de mantenimiento	22,000	47,000	49,000	39,000	33,000	109,000	31,000

Tabla 4.1 Gastos por año para un proyecto de 13 años (continuación)
b) Gastos del año 8 hasta el año 13

Año 8	Año 9	Año 10	Año 11	Año 12	Año 13
28,000	31,000	21,000	20,000	89,000	5,000
180,000	162,000	144,000	126,000	162,000	126,000
45,000	49,000	36,000	37,000	105,000	16,000

Se recomienda tener la información del costo anual de mantenimiento ya que es una consideración para renovar la unidad. Además, se debe contar con los costos anuales de refacciones y el valor de mercado secundario para realizar un análisis completo y detallado de la unidad. En este primer método se pueden realizar cuatro diferentes formas de llenado, en la Tabla 4.2 se muestran cuatro casos.

El caso uno se requiere solamente el valor de adquisición del vehículo, el valor del rescate, la vida útil del mismo y el costo anual de mantenimiento.

En el caso dos se requiere el valor de adquisición del vehículo, el valor del rescate, la vida útil del mismo, el costo anual de mantenimiento y el costo anual de refacciones.

En el caso tres se necesita la información del valor del rescate, la vida útil del mismo, el costo anual de mantenimiento y el valor de mercado secundario.

En el caso cuatro se requieren los valores del valor del rescate, la vida útil del mismo, el costo anual de mantenimiento, el costo anual de refacciones y el valor de mercado secundario.

Tabla 4.2 Disposición de información para llenado de formulario.

	Disposición de información			
Variables	Caso 1	Caso 2	Caso 3	Caso 4
Valor de adquisición del vehículo, valor de rescate y vida útil.	*	*	*	*
Costo anual de mantenimiento	*	*	*	*
Costo anual de refacciones		*		*
Valor de mercado secundario			*	*

Nota: Para todos los casos del método 1, cuando se realizan los cálculos y se obtiene la gráfica, en el eje horizontal significan los años y en el eje vertical significa los pesos.

4.1.1 Caso 1 del método de reposición de activos

En este caso en particular solo se cuenta con el valor de adquisición del vehículo, valor de rescate, vida útil y costo anual de mantenimiento. Por lo tanto, el formulario del método se llenará de la siguiente manera:

El primer paso es escribir el valor del vehículo en la casilla uno que corresponde a $360000 como se muestra en la Figura 4.1.En vida útil: se escriben los 5 años. En valor de rescate: se escriben $180000.

Figura 4.1 Valor del vehículo, Vida útil y Valor de rescate

Los valores de las Tabla 4.1 a y 4.1 b, se escriben en el formulario del método 1 en el primer caso, acomodando los datos en su fila y columna en el año que corresponde en el formulario, en este caso se escribe un cero (0) en todas las casillas del costo anual de refacciones, como se muestra en la Figura 4.2.

Figura 4.2 Formulario del método de reposición de activos caso 1

Finalmente las casillas del valor de mercado secundario se dejarán en blanco como se muestra en la Figura 4.2, y se selecciona el botón de Calcular. Una vez hecho esto el programa entrega una alerta, debido a que no existe mercado secundario, como se muestra en la Figura 4.3, se necesita aceptar la alarma, para que el programa calcule e imprima el periodo óptimo de renovación y la gráfica correspondiente a los datos del formulario, como se muestra en la Figura 4.4. En este caso presenta el periodo de renovación en el año seis, como se muestra en la Figura 4.5, éste se define al intersectarse el costo acumulado de mantenimiento y el valor residual contable.

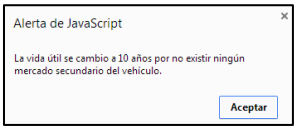


Figura 4.3 Alerta de cambio de vida útil

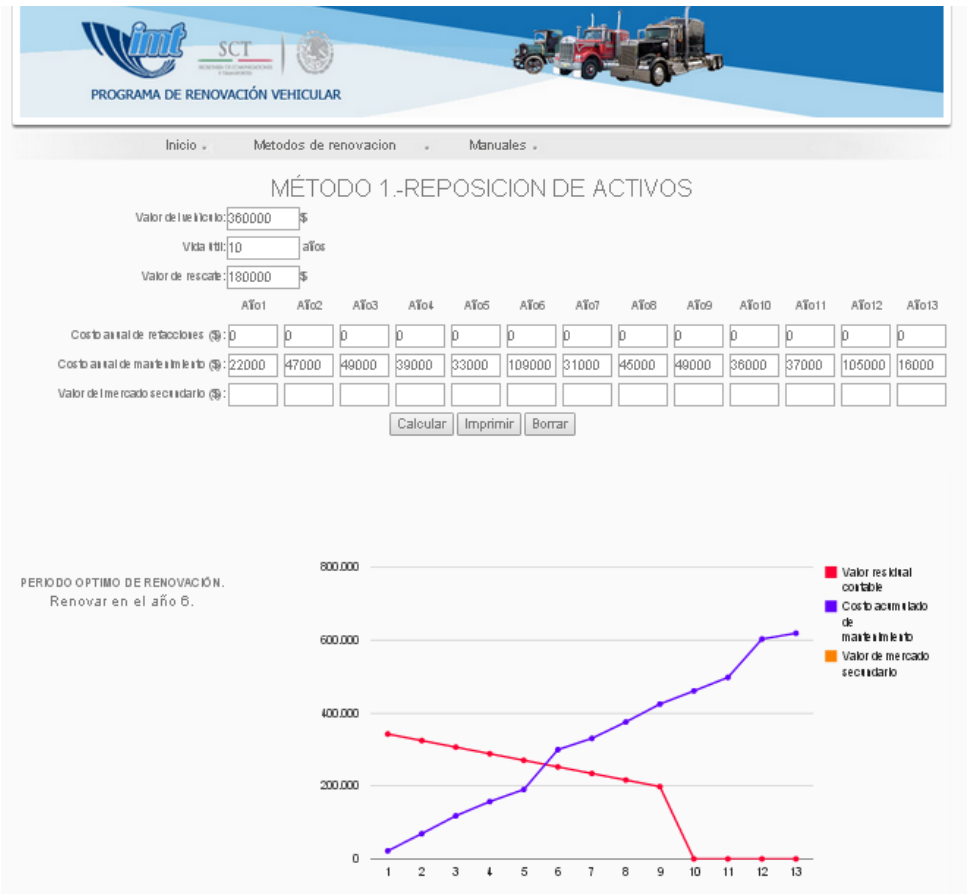
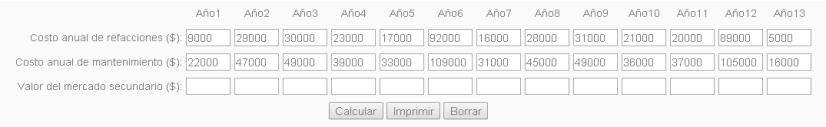


Figura 4.4 Caso 1 del método de reposición de activos

Como se indica en la figura anterior en el eje horizontal se muestran los años y en el eje vertical el valor en pesos, el año de renovación de la unidad evaluada es en el año 6, de acuerdo a los datos que se proporcionaron. Además, se observa en la gráfica el incremento de costo acumulado de mantenimiento (línea color morado) y el valor residual contable disminuye (línea color rojo).

4.1.2 Caso 2 del método de reposición de activos

Para el caso 2 se tiene la información del valor de adquisición del vehículo, valor de rescate, vida útil, costo anual de mantenimiento y valor anual de refacciones. Por lo tanto, el formulario se llenará como en el caso 1; con la excepción de que se tenga el valor anual de refacciones, entonces el formulario se llenará como se muestra en la Figura 4.5.



	Año1	Año2	Año3	Año4	Año5	Año6	Año7	Año8	Año9	Año10	Año11	Año12	Año13
Costo anual de refacciones ($):	9000	29000	30000	23000	17000	92000	16000	28000	31000	21000	20000	89000	5000
Costo anual de mantenimiento ($):	22000	47000	49000	39000	33000	109000	31000	45000	49000	36000	37000	105000	16000
Valor del mercado secundario ($):													

Calcular Imprimir Borrar

Figura 4.5 Formulario del método de reposición de activos caso 2

Una vez que se llenó con la información correspondiente el formulario se selecciona calcular, como se muestra en la Figura 4.6. Una vez hecho esto el programa estima el periodo óptimo de renovación y genera la gráfica correspondiente a los datos del formulario, como se muestra en la Figura 4.6.

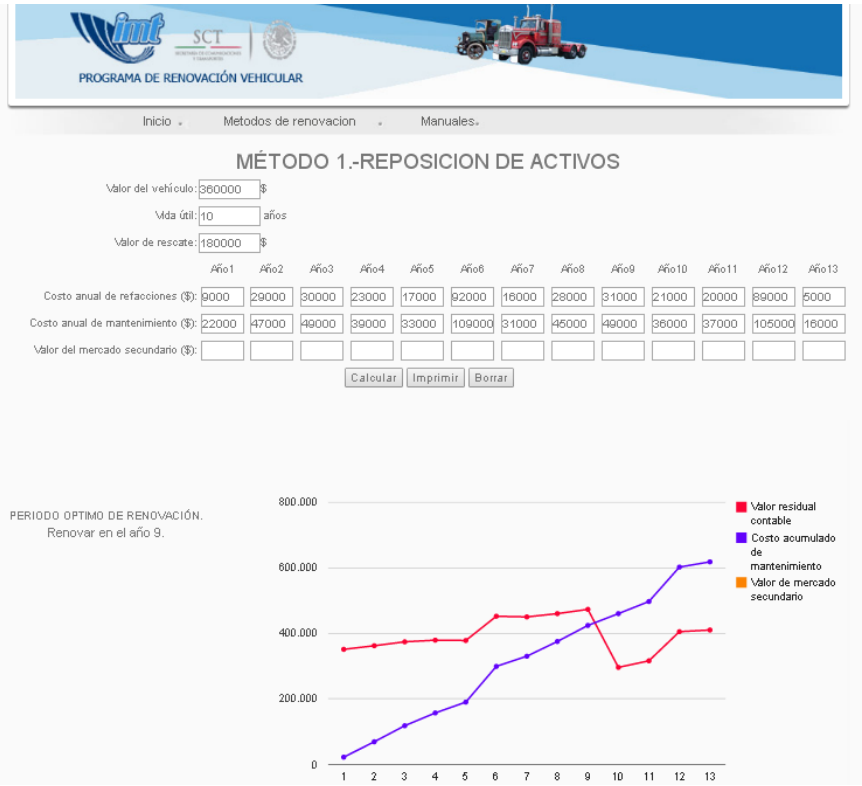


Figura 4.6 Caso 2 del método de reposición de activos

En este caso se obtuvo el periodo óptimo de renovación en el año 9, ya que la gráfica representa dónde se intersecta el valor residual contable (línea color rojo) con el costo acumulado de mantenimiento (línea color morado). Asimismo, se observa que en el transcurso del tiempo aumenta el costo acumulado de mantenimiento, en cambio el valor residual contable varía con el paso del tiempo.

4.1.3 Caso 3 del método de reposición de activos

Para el caso 3 se cuenta con el valor de adquisición del vehículo, valor de rescate, vida útil, costo anual de mantenimiento y valor del mercado secundario. Por lo tanto el formulario se llenará como en los casos anteriores de tal manera como se presenta en la Figura 4.7.

	Año1	Año2	Año3	Año4	Año5	Año6	Año7	Año8	Año9	Año10	Año11	Año12	Año13
Costo anual de refacciones ($):	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Costo anual de mantenimiento ($):	22000	47000	49000	39000	33000	109000	31000	45000	49000	36000	37000	105000	16000
Valor del mercado secundario ($):	306000	270000	234000	216000	198000	234000	198000	180000	162000	144000	126000	162000	126000

Calcular Imprimir Borrar

Figura 4.7 Formulario del método de reposición de activos caso 3

Unas vez que se llena el formulario se selecciona calcular para imprimir los periodos óptimos de renovación con su respectiva gráfica, como se muestra en la Figura 4.8.

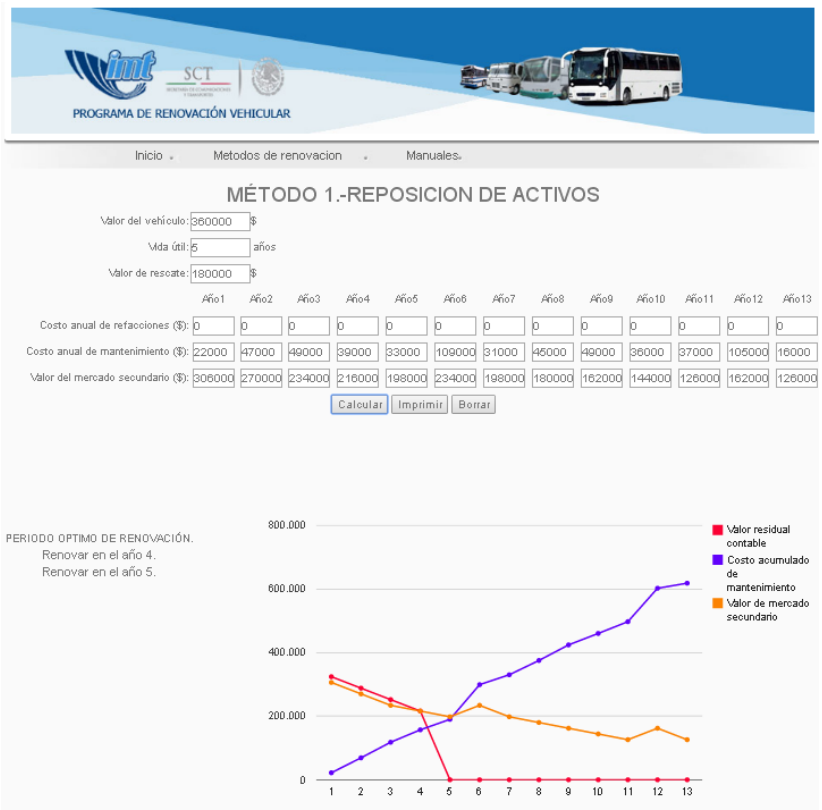


Figura 4.8 Caso 3 del método de reposición de activos

En el caso 2 del método 1, se obtiene el periodo de renovación en el año 4 y 5 ya que, como se presenta en la gráfica de la Figura 4.8, el valor residual contable (línea color rojo) tiene un valor monetario menor que el valor de mercado secundario (línea color naranja); por lo tanto, se recomienda renovar la unidad; además, en el año 5 el costo acumulado de mantenimiento (línea color morado) incrementa y es mayor al valor del vehículo. Dados los resultados, se recomienda

renovar las unidades en estos años ya que, de lo contrario, se tendría una pérdida de dinero.

4.1.4 Caso 4 del método de reposición de activos

En este caso se tiene toda la información del formulario, por lo tanto la Figura 4.9 muestra cómo se llena el formulario cuando se tienen el costo anual de refacciones, el costo anual de mantenimiento y el valor del mercado secundario, se introducen los valores, como se presenta a continuación.

	Año1	Año2	Año3	Año4	Año5	Año6	Año7	Año8	Año9	Año10	Año11	Año12	Año13
Costo anual de refacciones ($):	9000	29000	30000	23000	17000	92000	16000	28000	31000	21000	20000	89000	5000
Costo anual de mantenimiento ($):	22000	47000	49000	39000	33000	109000	31000	45000	49000	36000	37000	105000	16000
Valor del mercado secundario ($):	306000	270000	234000	216000	198000	234000	198000	180000	162000	144000	126000	162000	126000

Calcular Imprimir Borrar

Figura 4.9 Formulario del método de reposición de activos caso 4

Después de insertar los valores anteriores, se selecciona Calcular, que ya se presentó en la figura anterior, para que el programa imprima los periodos óptimos de renovación y la gráfica correspondiente a los datos del formulario como se muestra en la Figura 4.10.

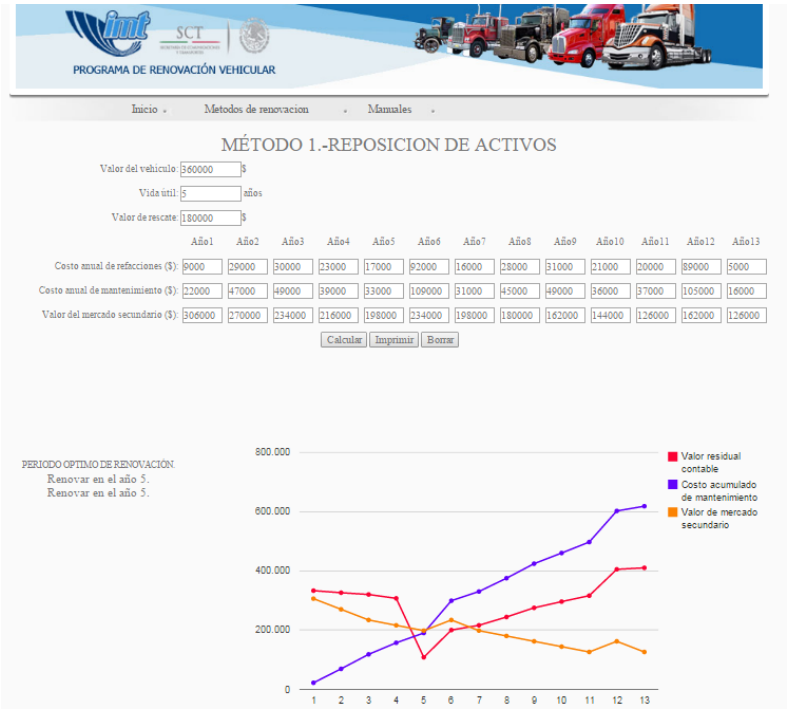


Figura 4.10 Caso 4 del método de reposición de activos

En la figura anterior se obtiene el año de renovación de la unidad, para este ejemplo es en el año 5, ya que el valor de mercado secundario (línea color naranja) se intersecta con el costo acumulado de mantenimiento (línea color morado) y, también en este mismo año, el valor residual contable es el más bajo.

4.2 Aplicación del método de costo promedio anual

Este método indica el periodo de renovación en donde se tiene la mayor diferencia entre el costo anual del vehículo y el costo promedio anual del mismo, por lo que solamente se necesita de la información sobre los costos de operación del vehículo y con estos valores el programa realiza una gráfica donde indica el periodo, o los periodos de renovación de la unidad.

Los datos que se necesitan para llenar el formulario del segundo método son tomados del método anterior, primer caso, las casillas que corresponden al valor del vehículo, vida útil y valor de mercado secundario se llenarán igual que en el método de reposición de activos tal como se muestra en la Figura 4.11.

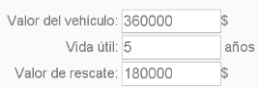


Figura 4.11 Formulario para insertar valores del vehículo

Para los valores de costo anual de mantenimiento se tomarán de las Tablas 4.1 a y 4.1 b, se debe escribir los valores en el formulario, como se muestra en la Figura 4.12. Para el año 14 se dejará en blanco, ya que no se tiene el costo anual de mantenimiento como se muestra a continuación.

	Año1	Año2	Año3	Año4	Año5	Año6	Año7	Año8	Año9	Año10	Año11	Año12	Año13	Año14
Costo anual de mantenimiento ($):	22000	47000	49000	39000	33000	10900	31000	45000	49000	36000	37000	10500	16000	

Calcular Imprimir Borrar

Figura 4.12 Formulario del método de costo promedio anual

Una vez que se llenó con la información anterior el formulario, se necesita seleccionar el botón de Calcular que se muestra en la Figura 4.12, para que el programa calcule e imprima los periodos óptimos de renovación como se muestra en la Figura 4.13.

En la imagen 4.13 se presentan los años de renovación y en la gráfica se indica, en el eje horizontal, los años. El eje vertical significa los pesos, y la línea color rojo es la diferencia entre el costo anual (CA) y el costo promedio anual (CPA, ver Anexo 1) y, asimismo, este método indica los periodos de renovación. En la gráfica se tiene el primer período óptimo para renovar la unidad tiene entre el año 11 y 12, ya que se tiene una pérdida monetaria al caer el valor por debajo de cero, así también entre el año 5 y 6 se tiene la segunda diferencia mayor entre el CA y el CPA y, por último, se tiene el tercer periodo que es en el año 8 y 9, en este caso se debe invertir valor monetario para que la unidad esté por arriba de cero.

Figura 4.13 Método de costo promedio anual

4.3 Aplicación del método de costo unitario anual

Este método indica el año de renovación por prioridad cuando se tiene una pérdida de dinero en el costo unitario por kilómetros recorridos. En este caso se grafica el costo unitario por kilómetros respecto a los años de la unidad.

Se desea conocer el periodo óptimo de renovación de un tractocamión T3 acoplado a un semirremolque S2. El costo anual de trasporte y el kilometraje anual, se presenta en las Tablas 4.3 a y 4.3 b.

Tabla 4.3 Costos anuales de trasporte y kilometraje anual para un proyecto de 11 años

a) Costos y kilometraje del año 1 hasta el año 6

	Año 1	Año 2	Año 3	Año 4	Año 5	Año 6
Costo anual de transporte ($)	348,171	409,708	406,406	403,096	354,333	307,074
Kilometraje anual (km)	120,000	120,000	120,000	120,000	110,000	110,000

Tabla 4.3 Costos anuales de trasporte y kilometraje anual para un proyecto de 11 años (continuación)

b) Costos y kilometraje del año 7 hasta el año 11

Año 7	Año 8	Año 9	Año 10	Año 11
230,271	212,944	236,461	230,204	198,413
110,000	110,000	100,000	100,000	100,000

Para los valores de las Tablas 4.3 a y 4.3 b, se escriben en el formulario, como se muestra en la Figura 4.14.

	Año 1	Año 2	Año 3	Año 4	Año 5	Año 6	Año 7	Año 8	Año 9	Año 10	Año 11	Año 12	Año 13	Año 14
Costo anual de transporte ($):	348171	409708	406406	403096	354333	307074	230271	212944	236461	230204	198413			
Kilometraje anual (km):	120000	120000	120000	120000	110000	110000	110000	110000	100000	100000	100000			

Calcular Imprimir Borrar

Figura 4.14 Llenado de casillas del método de costo unitario anual

Las casillas faltantes del año 12 ,13 y 14 se dejarán en blanco debido a que no se cuenta con la información de los valores de las casillas correspondientes a estos años.

Una vez concluido el formulario, se selecciona el botón de Calcular que aparece debajo del formulario, Figura 4.14, para que el programa calcule e imprima en pantalla los periodos óptimos de renovación y genere la gráfica correspondiente a los datos del formulario, como se muestra en la Figura 4.15.

Figura 4.15 Método de costo unitario anual

Los resultados para el método 4 fueron por prioridad en el año 8, en el año 11 y en el año 7, en el año 8 es la mayor prioridad ya que es cuando tiene un menor costo por kilómetro y es una mayor inversión para el dueño de la unidad. Asimismo, el segundo año es el 11 ya que es el segundo más bajo. Por último el año 7.

4.4 Aplicación del método de método de margen de utilidad anual

El método 4 está programado para el usuario que tiene normatividad del gasto de operación de la unidad, ya sea autobús (la utilidad es en costo, pasajeros y kilómetros recorridos), camión y tractocamión (la utilidad se tiene en costo, toneladas y kilómetros recorridos). El periodo de renovación se obtiene cuando la utilidad está por debajo de la norma de la empresa. A continuación se presenta un ejemplo para este método. En una empresa se desea evaluar una unidad de carga, con un periodo de 10 años, para un vehículo tipo T3 acoplado a un semirremolque S2 con un peso vehicular de 9.5 toneladas.

La unidad debe recorrer un promedio de 120000 kilómetros al año con un porcentaje del uso de capacidad por viaje redondo de 55% por año, el precio unitario del tractocamión en 0.175 $/t*km y la norma de la empresa es de 0.028 $/t*km. Los datos de operación se presentan en la Tabla 4.4.

Tabla 4.4 Datos de operación por año para un proyecto de 10 años
a) Datos de operación del año 1 hasta el año 5

	Año 1	Año 2	Año 3	Año 4	Año 5
Uso de capacidad por viaje redondo (%)	55	55	55	55	55
Kilometraje anual (km)	120000	120000	120000	120000	120000
Costos fijos ($)	161899	161899	161899	161899	159099
Costos variables ($)	94160	151554	149058	145926	103530
Precio unitario ($/t*km)	0.175	0.175	0.175	0.175	0.175
Norma de la empresa ($/t*km)	0.028	0.028	0.028	0.028	0.028

Tabla 4.4 Datos de operación por año para un proyecto de 13 años (continuación)
b) Datos de operación del año 6 hasta el año 10

Año 6	Año 7	Año 8	Año 9	Año 10
50	50	50	40	45
110000	110000	110000	100000	100000
82460	82460	82460	79660	79660
250000	130224	114096	138920	133070
0.175	0.175	0.175	0.175	0.175
0.028	0.028	0.028	0.028	0.028

Una vez que se accede a la página principal del método de margen de utilidad anual, el primer paso es seleccionar el vehículo dando un clic sobre la imagen de la unidad, como se muestra en la Figura 4.16, para este ejemplo se selecciona el tractocamión.

Después de seleccionar la unidad, el programa presenta una nueva página donde se debe escoger la configuración vehicular de acuerdo a la NOM-012, sobre el peso y dimensiones, cada configuración atiende a su clase, nomenclatura, número de ejes y llantas. Para este ejemplo se evalúa un tractocamión T3 acoplado a un semirremolque S2, para seleccionar la configuración es necesario elegir la imagen de la configuración a evaluar, como se muestra en la Figura 4.17.

Figura 4.16 Selección de unidad a evaluar

Ahora se llena con la información requerida el primer formulario, como se indica a continuación:

El primer paso es escribir el peso vehicular en la casilla uno que corresponde a 9.5 Toneladas (Ver Figura 4.18).

Como al principio del ejemplo se mencionó que el vehículo tiene un peso bruto vehicular de 9.5 toneladas, se escribe en la primera casilla.

En uso de capacidad por viaje redondo se escribe: 55

En kilometraje anual se escribe: 120000

En los costos variables se escribe: 94160

En la cuarta casilla que corresponde a costos variables se escribe: 94160.

Para la última casilla, que corresponde a los costos fijos, se escribe el valor: 161899.

Figura 4.17 Selección de configuración vehicular

Figura 4.18 Formulario del año 1

Una vez que se escribieron los datos en las casillas correspondientes del formulario del primer año, se necesita seleccionar el botón “siguiente” para acceder al formulario del año dos, como el que se muestra en la Figura 4.19.

Así como en el año 1 se llenó el formulario con la información requerida, de igual manera se llenan todos los formularios del año 2 hasta el año 11, se escriben los datos de las Tablas 4.4 a y 4.4 b, como se muestra de la Figuras 4.19 a la Figura 4.27. En la Figura 4.19 se presenta la información escrita en el formulario 2.

En uso de capacidad por viaje redondo se escribe: 55

En kilometraje anual se escribe: 120000

En los costos variables se escribe: 151554

Costos fijos se escribe: 161899

Figura 4.19 Formulario del año 2

Para el tercer formulario se presenta la información a continuación:

En uso de capacidad por viaje redondo se escribe: 55

En kilometraje anual se escribe: 120000

En los costos variables se escribe: 149058

Costos fijos se escribe: 161899.

Toda la información corresponde al año 3, como se muestra en la siguiente figura.

Figura 4.20 Formulario del año 3

Para el año 4 se presenta la siguiente información y se muestra en la Figura 4.21 el formulario con la información escrita en cada casilla:

En uso de capacidad por viaje redondo se escribe: 55

En kilometraje anual se escribe: 120000

En los costos variables se escribe: 145926

Costos fijos se escribe: 161899

Figura 4.21 Formulario del año 4

Para el año 5 se presenta a continuación la información y asimismo se muestra en la Figura 4.22 el formulario con la información:

En uso de capacidad por viaje redondo se escribe: 55

En kilometraje anual se escribe: 120000 km

En los costos variables se escribe: 103530

Costos fijos se escribe: 161899

Figura 4.22 Formulario del año 5

En el año 6 cambia la información ya que ahora se tiene el 50% del uso de la capacidad por viaje.

El kilometraje anual es de 110000 km y se escribe en la casilla correspondiente.

En los costos variables se escribe: 250000

Costos fijos se escribe: 82460

Figura 4.23 Formulario del año 6

En uso de capacidad por viaje redondo se escribe: 50

En kilometraje anual se escribe: 110000 km

En los costos variables se escribe: 130244

Costos fijos se escribe: 82460

Figura 4.24 Formulario del año 7

En uso de capacidad por viaje redondo se escribe: 50

En kilometraje anual se escribe: 110000 km

En los costos variables se escribe: 114096

Costos fijos se escribe: 82460

Figura 4.25 Formulario del año 8

En uso de capacidad por viaje redondo se escribe: 40

En kilometraje anual se escribe: 100000 km

En los costos variables se escribe: 138920

Costos fijos se escribe: 79660

Figura 4.26 Formulario del año 9

En uso de capacidad por viaje redondo se escribe: 45

En kilometraje anual se escribe: 100000 km

En los costos variables se escribe: 133070

Costos fijos se escribe: 79660

Figura 4.27 Formulario del año 10

Debido a que no se cuenta con información del año once, todas las casillas se dejarán en blanco, solo se debe hacer un clic sobre el botón siguiente (ver Figura 4.28) para acceder al formulario final del método de margen de utilidad anual.

Figura 4.28 Formulario en blanco del año 11

Una vez que se accede se debe escribir los valores de las Tablas 4.4 a y 4.4 b que corresponden a los datos de precio unitario y norma de la empresa, como se muestra en la Figura 4.29.

Figura 4.29 Formulario final del método de margen de utilidad anual

Ahora se selecciona el botón “Calcular” que aparece en la figura anterior, para que el programa compute e imprima los periodos óptimos de renovación y la gráfica correspondiente a los datos del formulario como se muestra en la Figura 4.30.

	Año1	Año2	Año3	Año4	Año5	Año6	Año7	Año8	Año9	Año10
Precio unitario($/t-km):	0.175	0.175	0.175	0.175	0.175	0.175	0.175	0.175	0.175	0.175
Norma de la empresa ($/t-km):	0.028	0.028	0.028	0.028	0.028	0.028	0.028	0.028	0.028	0.028

Calcular Imprimir Borrar Regresar

Figura 4.30 Formulario final del método 4

Figura 4.31 Resultados del método de margen de utilidad anual

En la figura anterior presentan, en el eje vertical, los costos de operación de la unidad evaluada y en el eje horizontal los años. En este ejemplo se tiene que los periodos óptimos de renovación de esta unidad son el año 6 y en al año 9, ya que como se aprecia en la gráfica son los años donde la unidad tiene una pérdida por operación (línea color azul) en relación a la norma de la empresa (línea color rojo).

4.5 Aplicación del método de costo anual de posesión

El método 5 se programó con base en los costos por día que son los fijos, variables y de inmovilización de la unidad, en el cual incluye el costo anual de mantenimiento. El periodo de renovación se obtiene cuando se tiene la menor utilidad o beneficio en costo de la unidad. A continuación se presenta un ejemplo para este método.

En una empresa se desea evaluar una unidad de carga, con un periodo de 14 años, para un vehículo tipo T3 acoplado a un semirremolque S2. El valor de adquisición del vehículo es de $360000, con un valor de rescate de $180000. Los valores de costo anual de mantenimiento, costos fijos por día, margen de utilidad por días y días de inmovilización por año, se presentan en la Tabla 4.5.

Tabla 4.5 Gastos por año para un proyecto de 14 años
a) Gastos del año 1 hasta el año 7

	Año 1	Año 2	Año 3	Año 4	Año 5	Año 6	Año 7
Costo anual de mantenimiento	22.000	47.000	49.000	39.000	33.000	109.000	31.000
Costos fijos por día	540	540	540	540	580	300	300
Margen de utilidad por día	147,84	-56,36	-44,36	-36,36	-96	89,6	345,6
Días de inmovilización por año	39	53	60	38	47	81	69

Tabla 4.5 Gastos por año para un proyecto de 14 años (continuación)
b) Gastos del año 8 hasta el año 14

Año 8	Año 9	Año 10	Año 11	Año 12	Año 13	Año 14
45.000	49.000	36.000	37.000	105.000	16.000	45.000
300	320	320	320	320	340	340
403,2	132,48	155,52	276,46	-80,64	316,8	-340,2
62	71	51	56	74	37	42

El primer paso es escribir el valor del vehículo en la casilla uno que es 360000 (Ver Figura 4.32).

En valor de rescate: se escriben 180000.

Figura 4.32 Valor del vehículo y Valor de rescate

Para los valores de las Tablas 4.5 a y 4.5 b, es necesario escribirlos en el formulario, escribiendo los datos en su fila y columna en el año que le corresponde en el formulario como se muestra en la Figura 4.33.

	Año 1	Año 2	Año 3	Año 4	Año 5	Año 6	Año 7	Año 8	Año 9	Año 10	Año 11	Año 12	Año 13	Año 14
Costo anual de mantenimiento ($):	22000	47000	49000	39000	33000	109000	31000	45000	49000	36000	37000	105000	16000	45000
Costos fijos por día ($):	540	540	540	540	580	300	300	300	320	320	320	320	340	340
Margen de utilidad por día ($):	147.84	-56.36	-44.36	-36.36	-96	89.6	345.6	403.2	132.48	155.52	276.46	-80.64	316.8	-340.2
Días de Inmovilización por año ($):	39	53	60	38	47	81	69	62	71	51	56	74	37	42

Calcular Imprimir Borrar

Figura 4.33 Formulario del método de costo anual de posesión

Una vez que se escribieron los valores en el formulario del método 5, se necesita seleccionar el botón “Calcular” que aparece en la figura anterior, para que el programa calcule e imprima en pantalla los periodos óptimos de renovación y la gráfica correspondiente a los datos del formulario como se muestra en la Figura 4.34.

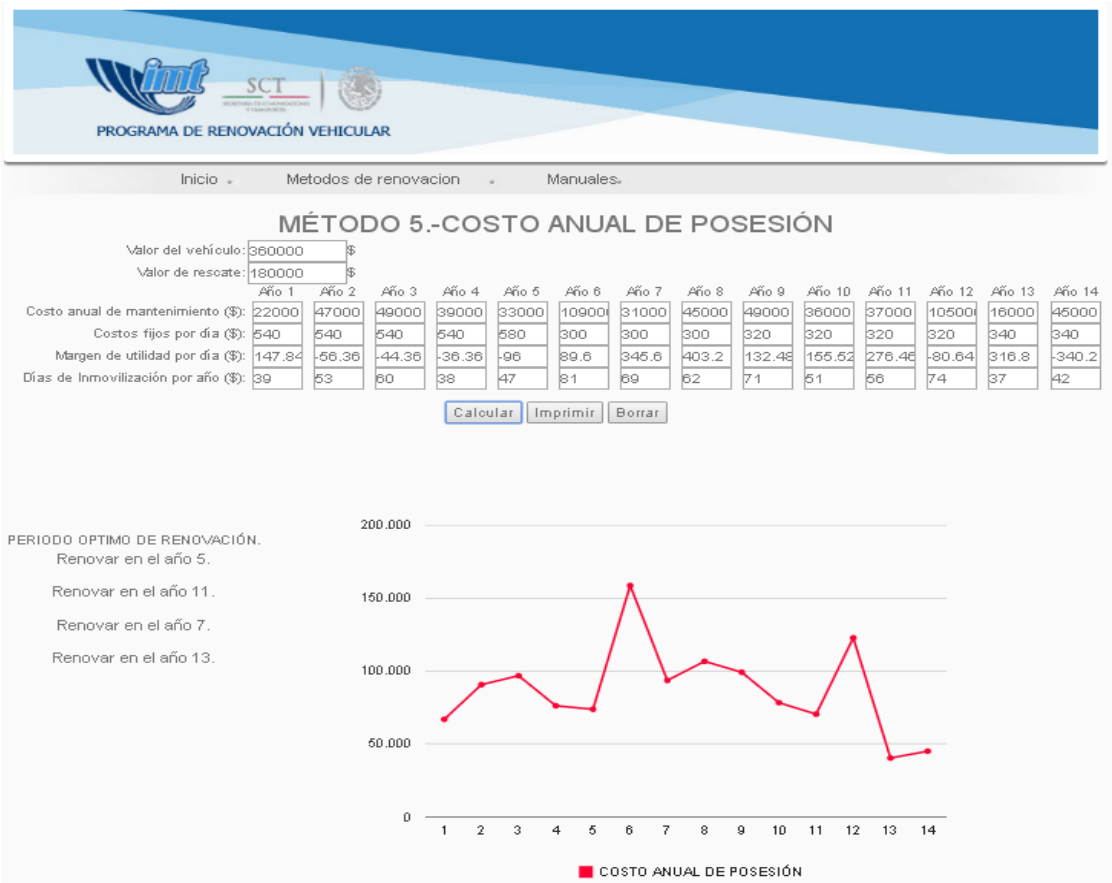


Figura 5.35 Método de costo anual de posesión

En la figura anteriror se dan a conocer los resultados del método 5, el cual presenta graficamente los gastos de operación en el eje vertical y los años en el eje horizontal, los periodos óptimos para renovar la unidad son el año 5, el año 11, el año 7 y el año 13, debido a que son los años en que se invierte mayor dinero en la unidad; por ejemplo, del año 5 al año 6 se tiene una gran inversión, por eso es el primer año de renovación.

Comentarios

Una de las principales dificultades para el propietario de un vehículo, o flota de vehículos, es identificar el momento oportuno en el que una unidad debe ser reemplazada. Para definir el término de vida de un vehículo pueden aplicarse diferentes criterios, dependiendo de la perspectiva del usuario. Algunos de los criterios se derivan de temas como mejoras en diseños, tecnologías, cambios en la regulación/legislación, o costos de operación y mantenimiento, entre otros, que afectan aspectos de rendimiento y eficiencia, contaminación, capacidades de operación o efectos de regulación normativa, nivel de seguridad activa y pasiva, modificaciones o mejoras en diseño, entre otros. Uno de los criterios de aplicación directa y cuantitativamente, es el asociado a los costos de mantenimiento y operación, que es el aspecto que sustenta el programa computacional denominado “Programa de Renovación Vehicular” aquí descrito.

Este programa partió de la intención de proporcionar una herramienta de apoyo para los usuarios de vehículos de autotransporte, considerando balances de costos para definir el periodo recomendable del remplazo de una unidad. Aunque el programa dispone únicamente de cinco métodos de corte financiero, se considera que es lo suficientemente versátil para las necesidades elementales de un amplio contexto de empresas transportistas, tanto de grandes flotillas, como de parques pequeños. La aplicación del programa se ilustra de manera gráfica, lo que facilita al usuario el seguimiento del proceso de identificación de los periodos con base en la información que él mismo suministre.

Bibliografía

1. DATOS ESTADÍSTICOS DEL SECTOR (2014) http://www.sct.gob.mx/fileadmin/DireccionesGrales/DGP/estadistica/Principales-Estadisticas/PE-2014.pdf

2. DECRETO por el que se fomenta la renovación del parque vehicular del autotransporte Marzo, 26 (2015) http://www.sct.gob.mx/fileadmin/DireccionesGrales/DGAF/Formatos_Renovación/DOF_-_Decreto_Renovaci%C3%B3n.pdf.

3. Rafael, M. (2004). Método para la configuración del tren motriz de vehículos de servicio pesado con uso eficiente de combustible. Publicación Técnica No. 260, Instituto Mexicano del Transporte Sanfandila, Qro. México.

4. Secretaría de Comunicaciones y Transportes, SCT, (2014). *Norma Oficial Mexicana NOM-012-SCT-2-2014, Sobre el peso y dimensiones máximas con los que pueden circular los vehículos de autotransporte que transitan en las vías generales de comunicación de jurisdicción federal.* DOF. Diario Oficial de la Federación, Junio 11, 2014

Anexo 1

Carga útil: peso máximo de la carga que un vehículo puede trasportar en condiciones de seguridad y para el cual fue diseñado por el fabricante o reconstructor.

Costo anual de refacciones: costo acumulado en un año de las autopartes y refacciones nuevas o restauradas, incorporadas a la unidad durante el mantenimiento.

Costo anual de mantenimiento: costo acumulado en un año pagado por la empresa para conservar la unidad en condiciones óptimas de operación. En este costo se incluyen las refacciones nuevas incorporadas a la unidad, así como los gastos del taller (luz, agua, renta), mano de obra, entre otros.

Costo anual de trasporte: conjunto de gastos fijos y gastos variables en un año generado por unidad, o por familia de vehículos.

Costos variables: gastos que paga la empresa para presentar sus servicios. Para este concepto se toman en cuenta el costo del combustible, llantas, lubricante, mantenimientos, cuotas de autopistas, reparación en carreteras por averías, entre otros.

Costos fijos: gastos que paga la empresa por año, sin importar si la empresa produce mayor o menor cantidad de servicios. Para este concepto se toman en cuenta el costo del salario del operador, viáticos, seguro de la unidad, gastos de administración, impuestos, amortización, entre otros.

Costos fijos por día: gastos tienen que pagar la empresa por día, sin importar si la empresa produce mayor o menor cantidad de servicios, como pueden ser el seguro del vehículo, salario del operador, costos financieros, etc.

Días de inmovilización por año: días acumulados en un año, en donde la unidad no se encuentra en operación, puede darse por causas atribuidas al conductor, al vehículo o a la carga que transporta.

Kilometraje anual: recorrido por la unidad en un año. La fuente más confiable para obtener el kilometraje anual es el odómetro (para la unidad) y de los hubodómetros (en los ejes de los remolques).

Margen de utilidad por días: ganancia por encima del costo de producción que la empresa cobrará al vender el servicio y, por lo tanto, será el beneficio que dejará el vehículo por día al cabo de vender el servicio.

Norma de la empresa: margen mínimo de utilidad establecido por la empresa. Para calcular la norma de la empresa en vehículos de carga, se utiliza las siguientes fórmulas:

$$Carga\ \acute{u}til\ = peso\ bruto\ vehicular - peso\ vehicular$$

$$Norma\ de\ la\ empresa = \frac{Margen\ de\ utilidad\ mínima_{anual}}{\left(carga\ útil * \frac{Capacidad\ por\ viaje\ redondo}{100}\right) * km_{anual}}$$

Para el caso de vehículos de pasajeros el precio unitario se calcula de la siguiente manera:

$$Carga\ útil\ = Cantidad\ de\ pasajeros$$

$$Norma\ de\ la\ empresa = \frac{Margen\ de\ utilidad\ mínima_{anual}}{\left(carga\ útil * \frac{Capacidad\ por\ viaje\ redondo}{100}\right) * km_{anual}}$$

Peso vehicular: peso de un vehículo o configuración vehicular con accesorio, en condiciones de operación, sin carga.

Peso bruto vehicular: suma del peso vehicular y el peso de la carga.

Precio unitario: costo en el que la empresa invierte para producir un servicio o bien anualmente. Para calcular el precio unitario de vehículos de carga, se utiliza las siguientes fórmulas:

$$Carga\ útil\ = peso\ bruto\ vehicular - peso\ vehicular$$

$$Precion\ unitario = \frac{Costos\ fijos_{anual} + Costos\ variables_{anual} + Margen\ de\ utilidad\ máxima\ _{anual}}{\left(carga\ útil * \frac{Capacidad\ por\ viaje\ redondo}{100}\right) * km_{anual}}$$

Para el caso de vehículos de pasajeros el precio unitario se calcula de la siguiente manera:

$$Carga\ útil\ = Cantidad\ de\ pasajeros\ de\ la\ unidad$$

$$Precion\ unitario = \frac{Costos\ fijos_{anual} + Costos\ variables_{anual} + Margen\ de\ utilidad\ máxima\ _{anual}}{\left(carga\ útil * \frac{Capacidad\ por\ viaje\ redondo}{100}\right) * km_{anual}}$$

Uso de la capacidad de viaje redondo: aprovechamiento de la capacidad de carga del vehículo en viaje redondo, expresado en porcentaje.

Valor del vehículo: valor de adquisición de la unidad nueva, o bien el costo de adquisición de la unidad semi-nueva.

Vida útil: duración que se le asigna a la unidad como elemento de provecho para la empresa. Para determinar la vida útil es necesario conocer ciertos factores como las especificaciones del fabricante, el deterioro que sufre por el uso y la obsolescencia por avances tecnológicos.

Valor de rescate: valor monetario que la unidad tendrá para la empresa una vez finalizado su vida útil. Surgirá de las diferencias entre el precio de venta estimado y todos los pagos necesarios para retirar la unidad de servicio.

Valor del mercado secundario: valor de reventa de la unidad. Para obtener el valor de mercado de un vehículo, se basa en la comparación de los precios con vehículos similares en venta que se encuentran en las mismas condiciones.

Carretera Querétaro-Galindo km 12+000
CP 76700, Sanfandila
Pedro Escobedo, Querétaro, México
Tel +52 (442) 216 9777 ext. 2610
Fax +52 (442) 216 9671

publicaciones@imt.mx

http://www.imt.mx/