

METODOLOGIA PARA EL REEMPLAZO DE EQUIPOS LIVIANOS CON  
DISTINTOS USOS OPERACIONALES APLICANDO VALOR PRESENTE NETO Y  
CASCADAS ENTRE CATEGORIAS

FREDYS RAFAEL ELJACH ORTEGA

UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER  
FACULTAD DE INGENIERIAS FISICO MECANICAS  
ESCUELA DE INGENIERIA MECANICA  
ESPECIALIZACIÓN EN GERENCIA DE MANTENIMIENTO  
BUCARAMANGA  
2016

METODOLOGIA PARA EL REEMPLAZO DE EQUIPOS LIVIANOS CON  
DISTINTOS USOS OPERACIONALES APLICANDO VALOR PRESENTE NETO Y  
CASCADAS ENTRE CATEGORIAS

FREDYS RAFAEL ELJACH ORTEGA

Monografía de Grado para optar el título de Especialista en Gerencia de  
Mantenimiento

Director: Alberto David Pertuz Comas  
Ingeniero Mecánico  
Doctor en Ingeniería Mecánica

UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER  
FACULTAD DE INGENIERIAS FISICO MECANICAS  
ESCUELA DE INGENIERIA MECANICA  
ESPECIALIZACION EN GERENCIA DE MANTENIMIENTO  
BUCARAMANGA  
2016

## CONTENIDO

	Pág
INTRODUCCION.....	13
1. LA IMPORTANCIA DEL REEMPLAZO DE EQUIPOS LIVIANOS .....	16
1.1 OBJETIVOS.....	16
1.1.1 Objetivo General.....	16
1.1.2 Objetivos Específicos.....	16
1.2 EI RENTING COMO OPCION AL REEMPLAZO.....	17
1.3 ESTADO DEL ARTE.....	19
2. CONCEPTOS PARA EL REEMPLAZO DE EQUIPOS .....	26
2.1 EL VALOR PRESENTE NETO.....	27
2.2 TASA INTERNA DE RETORNO .....	29
2.3 INDICADORES ECONOMICOS E IMPUESTOS .....	31
3. TIPOS VEHICULOS LIVIANOS .....	33
3.1 EL USO DE LOS EQUIPOS LIVIANOS EN LA INDUSTRIA .....	33
3.2 CATEGORIZACION DE LOS EQUIPOS LIVIANOS.....	37
3.2.1 Equipos Administrativos.....	37
3.2.2 Equipos de Soporte a la Operación .....	38
3.2.3 Costos por Categorías .....	41
3.3 DISPONIBILIDAD .....	54
4. METODOLOGIA PARA LA DECISION DE REEMPLAZO .....	57
4.1 EVALUACION DE RENTING .....	64
4.2 EL CONCEPTO DE CASCADA.....	66
4.3 COSTOS DE UNA CASCADA CONTRA CASO BASE .....	71

\_Toc458860950

5. CONCLUSIONES.....73  
BIBLIOGRAFIA.....75

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Preferencias de Uso .....	20
Figura 2. Tendencia en costo de operación y mantenimiento vs año .....	20
Figura 3. Modelo matemático .....	22
Figura 4. Costo del ciclo de vida .....	24
Figura 5. Tabla de sobre tasa impuesto de renta .....	32
Figura 6. Histograma kilómetro día 162 Equipos .....	34
Figura 7. Histograma por años de uso 162 Equipos .....	35
Figura 8. Time Series KM/Día.....	36
Figura 9. Histograma administrativo .....	37
Figura 10. Histograma uso operativo .....	39
Figura 11. Comportamiento bimodal.....	40
Figura 12. Costos de mantenimiento promedio .....	42
Figura 13. Costos de Mantenimiento 50 KM/DIA.....	45
Figura 14. Costos de Mantenimiento 100 KM/DIA .....	45
Figura 15. Costos de Mantenimiento 150 KM/DIA .....	46
Figura 16. Costos de Mantenimiento 200 KM/DIA .....	47
Figura 17. Costos mes promedio tendencia por uso .....	48
Figura 18. Tendencia por año.....	49
Figura 19. Tendencia para rango 50 KM/DIA .....	50
Figura 20. Tendencia costos 100 KM/DIA .....	51
Figura 21. Tendencia Costos 150 KM/DIA.....	52
Figura 22. Tendencia costos 200 KM/DIA .....	53

Figura 23. Disponibilidad por año .....54

Figura 24. Disponibilidad por Uso .....55

Figura 25. Distribución de disponibilidad .....56

## LISTA DE TABLAS

Tabla 1. Costos por categoría de equipos .....	41
Tabla 2. Proyección de variables macroeconómicas para 2016 .....	57
Tabla 3. Proyección variables macroeconómicas para 2017 .....	58
Tabla 4. VPN para camionetas con uso promedio 100 km /día .....	58
Tabla 5. VPN para camionetas con uso promedio 100 km /día reemplazo a 4 años .....	59
Tabla 6. VPN para camionetas con uso promedio 100 km /día reemplazo a 3 años .....	60
Tabla 7. VPN para camionetas con uso promedio 100 km /día reemplazo a 2 años .....	60
Tabla 8. Resultados consolidados caso base camionetas con uso de 100 km/día	60
Tabla 9. VPN @ 20% a 7 años para reemplazo camionetas cada 4 años con uso 100 Km/día.....	61
Tabla 10. VPN @ 20% a 7 años para reemplazo camionetas cada 5 con uso 100 Km/día. ....	61
Tabla 11. VPN @ 20% a 7 años para reemplazo camionetas cada 6 años con uso 100 Km/día.....	61
Tabla 12. Consolidado de resultados caso 100 Km/día con VPN 7 años @ 20% .	62
Tabla 13. VPN @ 20% a 7 años para reemplazo camionetas cada 5 años uso mayor a 150 Km/día.....	62
Tabla 14. VPN @ 20% a 7 años para reemplazo camionetas cada 6 años uso mayor a 150 Km/día.....	63
Tabla 15. VPN @ 20% a 7 años para reemplazo camionetas cada 4 años uso mayor a 150 Km/día.....	63
Tabla 16. VPN @ 20% a 7 años para reemplazo camionetas cada 3 años uso mayor a 150 Km/día.....	64

Tabla 17. Consolidado de resultados caso 150 Km/día con VPN 7 años @ 20% .	64
Tabla 18. Cálculo del canon Renting promedio 100 Km/día .....	65
Tabla 19. Cálculo del canon Renting 2 años operativos 3 administrativos .....	66
Tabla 20. Ejemplo de años remanentes .....	68
Tabla 21. Resultados sin cascada .....	70
Tabla 22. Ejemplo sin cascada 2 equipos.....	70
Tabla 23. Ejemplo con cascada 2 equipos .....	70
Tabla 24. VPN 5 años @20% caso 2 años administrativa 3 operativa .....	71
Tabla 25. VPN 5 años @20% caso 2 años operativa 3 administrativa .....	72

## RESUMEN

**TITULO:**

METODOLOGIA PARA EL REEMPLAZO DE EQUIPOS LIVIANOS CON DISTINTOS USOS OPERACIONALES APLICANDO VALOR PRESENTE NETO Y CASCADAS ENTRE CATEGORIAS

**AUTOR:**

FREDYS ELJACH

**PALABRAS CLAVE:**

REEMPLAZO, EQUIPOS, VALOR PRESENTE NETO, TASA INTERNA RETORNO, RENTING, CASCADA, MODELO

**CONTENIDO:**

En esta monografía se plantea una metodología para evaluar la rentabilidad en una decisión de reemplazo de equipos considerando alternativas como rentar en vez de reemplazar y la posibilidad de realizar reasignaciones de dueño de equipos o cascada. El primer paso es caracterizar la flota para entender que variables pueden ser representativas para seleccionar una categoría determinada de equipos. Para esto se analizan variables en el tiempo como son los costos de mantenimiento, disponibilidad, y uso. Luego se establecen tendencias en la información organizando por ejemplo costos por uso de equipos, disponibilidad, edad entre otros.

Una vez se tengan estos patrones ahora es posible proyectar un costo esperado en el tiempo y utilizar el concepto de valor presente neto para determinar hasta qué punto es rentable para la empresa continuar con el activo. Por medio de introducir el concepto de cascada se logra maximizar el tiempo rentable de vida de los equipos y optimizar costos mediante un adecuado seguimiento a comportamientos del uso, disponibilidad y costos. Esta cascada puede ser modelada en Excel, Visual Basic, o cualquier otro programa que logre determinar el punto más costo efectivo para reemplazar el equipo inclusive sugerir por cual otro equipo dentro de una flota podría reemplazarse.

---

\*Monografía de grado

\*\*Facultad de ingenierías Físico – Mecánicas. Especialización en Gerencia de Mantenimiento. Director: Alberto Pertuz Comas

## ABSTRACT

**TITLE:**

LIGHT EQUIPMENT WITH DIFFERENT USES REPLACEMENT METODOLOGY USING NET PRESENT VALUE AND CASCADE BETWEEN CAETOGORIES.

**AUTOR:**

FREDYS ELJACH

**KEYWORDS:**

REPLACEMENT, EQUIPMENT, NET PRESENT VALUE, INTERNAL RATE OF RETURN, RENTING, CASCADE, MODEL

**CONTENT:**

This paper presents a method for evaluating the profit of an equipment replacement decision considering alternatives like renting besides buying equipment an also the possibility to reassigned the equipment internally to another use in the same industry. The first step is to characterize the fleet and to understand what variables might be representative to select a determine equipment category. For this purpose variables such as equipment use, maintenance and operating cost, and availability have to be analyzed. The result of the analysis is to establish tendencies between these variables that can help to categorize the equipment fleet in subgroups for a better understanding.

Once the tendencies have been established and the fleet is divided by subgroups is time to use the net present value method to determine at which point is profitable to continue using the asset. By introducing the cascade concept in which a Company has the opportunity to reselect the use that the equipment was acquired for, then the Company can reduce replacement cost by selecting the best resignations for its equipment. Programs can be used to help select the best internal replacement, to determine if a renting is prefer, or if it's best to buy a new equipment instead.

---

Monograph

Physical – Mechanical Faculty. Maintenance Management Specialization.

Director: Alberto Pertuz Comas

## INTRODUCCION

Cada día las empresas deben volverse más competitivas para sobrevivir en un mercado cambiante en donde las principales variables macroeconómicas pueden de un momento a otro situarlas en condición de crisis haciendo cada vez más necesario implementar medidas creativas que logren optimizar las operaciones a costos muy bajos.

Con la implementación de nuevos combustibles y nuevas restricciones ambientales, industrias como el carbón y el petróleo cuyas materias primas han reducido sus precios, necesitan implementar herramientas que permitan minimizar los costos y mejorar su productividad.

El área de mantenimiento es uno de los principales generadores de costos en estas industrias por lo que es una necesidad el evaluar la forma como desarrollan sus actividades con fines de buscar alternativas de mejoramiento. Muchas veces los costos se incrementan sin mayor cuidado en épocas de abundancia, las empresas terminan con exceso de equipos, un costo alto de capital sin lograr los objetivos de exportación esperados, por lo que es necesario revisar continuamente la rentabilidad de los activos con fines de asegurar la sostenibilidad del negocio.

Mediante el esquema propuesto se logra el monitoreo de los equipos livianos de tal forma que aquellos de poco uso sean reasignados a una operación de mayor exigencia en el punto óptimo de su etapa productiva. El problema de reemplazo aplica para gran cantidad de empresas, sean estas del estado tales como bomberos, ambulancias, transporte de la policía, ejército, etc. Así como para usos de empresas privadas de transporte de carga, transporte de personal intermunicipal, transporte interno de mensajería, supervisión, técnicos mecánicos, patinadores, gerencia. En una empresa pueden existir diferentes necesidades de transporte para su operatividad. Existen equipos para empleados administrativos

que deban trasladarse a sus sitios de trabajo en el cual no operen vehículos convencionales. Por otro lado están aquellos equipos destinados a llevar el personal operativo a los sitios de trabajo, o actividades de vigilancia en la que se debe permanecer en el vehículo y trasladarse a diferentes zonas con el fin de inspeccionar las condiciones del sitio y vehículos livianos de transporte de carga menor, dentro de los cuales se encuentran aquellos usados para transportar herramientas y componentes dentro de la empresa. En fin el problema de reemplazo de equipos se extiende a toda industria que tenga un equipo con un ciclo de vida definido.

Para brindar solución al problema se plantea una metodología para evaluar la rentabilidad en una inversión de reemplazo que realiza la proyección de tiempo de vida de un activo considerando parámetros como kilometraje máximo, cantidad de categorías de uso, cantidad de equipos, clase de equipos. Una vez sea introducido los parámetros de operación de los equipos en el programa este mediante una sumatoria del uso diario proyecta cual sería el estimado de vida de un equipo de clase A. Esto en el programa de Excel puede obtenerse mediante una simple fórmula o en visual Basic mediante un ciclo For que haga que el equipo incremente el kilometraje cada año hasta alcanzar el máximo permitido para el cual se determinará el número de años esperado en uso para ese equipo. Luego se realiza una simulación sobre en qué punto es oportuno cambiar de uso un equipo determinado. Esto se hace mediante introducir un equipo de una categoría en otra y nuevamente se pueda determinar la nueva vida esperada. Luego se formula para lograr que el ciclo termine con el máximo número de años posibles para el uso del equipo. Los parámetros iniciales de kilometraje máximo y tiempo en uso son aquellos resultantes de una evaluación financiera del costo del ciclo de vida mediante el valor presente neto. El resultado o entregable es un paso a paso capaz de predecir el punto óptimo de reemplazo, incluso sugerir el reemplazo oportuno para un grupo determinado de equipos. El desarrollo es importante para cualquier empresa que disponga de un gran número de equipos con diferentes

usos y quiera optimizar sus costos. Adicional brindará a la empresa que lo utilice una ventaja competitiva versus sus adversarios logrando costos unitarios óptimos que se traducen en mayor rentabilidad para la empresa.

## 1. LA IMPORTANCIA DEL REEMPLAZO DE EQUIPOS LIVIANOS

El reemplazo de equipos es un tema principal en toda industria, una decisión equivocada puede resultar muy costosa para una compañía. El sacar un equipo antes de cumplir su tiempo productivo implica una fuerte inversión para su reemplazo, muchas veces las empresas retiran activos si haberle sacado el mayor provecho debido a una falta de monitoreo en cómo ha sido el desempeño del equipo en su etapa productiva.

Como resultado se obtiene un importante sobrecosto en el capital de la empresa por tomar una decisión no oportuna apalancada en un mayor sobrecosto por no reemplazar.

También sucede el caso contrario en que se decide dejar un equipo operando aun cuando este impacta en gran porcentaje la confiabilidad de la operación de la industria y resulta más costos mantener que este sea reemplazado sea por un equipo nuevo o un Renting.

El seguir una metodología de reemplazo de equipos adecuada brinda la oportunidad a la empresa de mantenerse competitiva en un mercado cada vez más exigido en donde los costos deben ser vigilados adecuadamente para mantener la rentabilidad de la empresa.

### 1.1 OBJETIVOS

**1.1.1 Objetivo General.** Presentar metodología para reemplazo de equipos livianos con diferentes tipos de operación dentro de una industria.

**1.1.2 Objetivos Específicos.** Dentro de los objetivos se encuentran:

- Definir bases de programa que realice cascada de equipos con diferentes usos, organizados en categorías.

- Seleccionar el punto óptimo de reemplazo para los equipos dentro de la organización utilizando valor presente neto.
- Presentar beneficios de la utilización de la cascada como medio para disminuir las inversiones de capital.
- Presentar todas las variables influyentes en la toma de decisiones de reemplazo de equipos.
- Investigar sobre las mejores prácticas de reemplazo de equipos livianos.
- Presentar alternativas diferentes al reemplazo de equipos, tales como Renting operativo.
- Trabajar la metodología con un ejercicio práctico.

## **1.2 EL RENTING COMO OPCION DE REEMPLAZO**

La opción de Renting en vez de comprar/reemplazar y mantener equipos está resultando muy atractiva para las empresas. Según John Ruso, y Alexandra Milena, el Renting es “un contrato de tracto sucesivo en el cual la propiedad de los vehículos está en cabeza de la compañía de << Renting>> que los adquiere para darlos en arrendamiento a clientes que los requieren para desarrollar su actividad de transporte, por un tiempo determinado, a cambio de un canon, en el que el arrendatario ejerce las facultades de uso, usufructo y goce del bien, esto es, controla operativamente el vehículo, y por lo general se conviene que el

arrendador asuma el mantenimiento y asistencia técnica durante el plazo del contrato. Puede pactarse por períodos cortos, o establecerse una relación de mediano o largo plazo<sup>1</sup>. Sin embargo, la modalidad de RENTING contemplada es a todo costo, con expectativa a largo plazo. A diferencia del leasing el Renting no requiere una empresa especializada en finanzas para prestar los servicios al no haber leyes claras que regulen su uso, finalmente concluye John y Alexandra que “el contrato de Renting no brinda seguridad jurídica a quienes quieran hacer uso de él ya que es entendido de manera disímil en las escasas menciones que de él ha hecho la justicia de nuestro país”.

El vacío jurídico que causaba inseguridad principalmente era una sentencia en la cual se prohibía contratar con empresas de transporte que no fueran de servicio público, sin embargo en el comunicado de la corte constitucional, sentencia C-033/14, se aclara que el artículo quinto de la ley 336 no es una prohibición para celebrar contratos de arrendamiento operativo o Renting. “La norma no impide la celebración de otros negocios jurídicos distintos al contrato de transporte, como el leasing (arrendamiento financiero) o el Renting (arrendamiento operativo), donde el objeto contractual es distinto al contrato de transporte (movilizar personas o cosas de un lugar a otro, a cambio de una contraprestación, generalmente pecuniaria)”<sup>2</sup>

Dada esta aclaración, siempre que se vaya a realizar una evaluación en donde sea necesario reemplazar el equipo en lo posible se debe incluir como alternativa el arrendamiento, overhaul, inclusive cuestionar la necesidad de la continuidad del activo en la operación.

---

<sup>1</sup> RUSSO, John y ORTEGA, Alexandra Milena. La incursión del contrato de RENTING en Colombia y su desarrollo en ausencia de una normativa propia. Trabajo de Grado Abogado. Bucaramanga: Universidad Industrial de Santander de Colombia. Facultad de Ciencias Humanas. Escuela de derecho, 2011. P 26-28.

<sup>2</sup> COLOMBIA. CORTE CONSTITUCIONAL. Comunicado No 02 Enero 28 y 29 2014. M.P. Nilson Pinilla Pinilla. Por la cual se adopta el Estatuto Nacional de Transporte. Artículo 5º. LEY 336 (20 Dic de 1996). EXPEDIENTE D-9753 - SENTENCIA C-033/14 (Enero 29). P 7.

### 1.3 ESTADO DEL ARTE

Los problemas de reemplazo de equipos o PFRPs por sus siglas en inglés Parallel fleet replacement problems, involucra determinar un programa óptimo de reemplazo que resulte en el mínimo costo de operar y mantener una flota de vehículos en un periodo determinado. El funcionamiento de los equipos tiende a deteriorarse por las condiciones de operación y el tiempo en uso. Dentro de las condiciones de operación se tienen aquellas que son ambientales, pericia del operador, tipo de combustible usado, cantidad de kilómetros por día, terreno que transita, entre otros.<sup>3</sup>

En la publicación “A study of replacement rules for a parallel fleet replacement problem based on user preference utilization pattern and alternative fuel considerations” muestran un programa experto que permite determinar el punto óptimo de reemplazo para un equipo con un determinado uso y tipo de combustible. El documento precisa que los usuarios tienden a optar por usar más aquellos equipos de un modelo más reciente y de menor kilometraje. Por esto involucran esta variable en su sistema de reemplazos dado que se debe tener en cuenta que al reemplazar un equipo viejo, el equipo nuevo tendrá un mayor uso que su antecesor lo que hace que su costo de operación sea mayor que el del equipo viejo. Adicional a esto dependiendo del tipo de combustible que usen los equipos también tendrá un costo operacional diferente. Por ejemplo hoy día se utilizan tipos de combustible en vehículos livianos como aquellos que operan solo a diésel, solo gasolina, un híbrido entre gas natural y gasolina, equipos eléctricos, híbridos con hidrógeno entre otros. Los más comunes usados en Colombia son aquellos a base de combustible gasolina, híbrido Gasolina-Gnv, Diesel y recientemente se han introducido al mercado colombiano los carros eléctricos pero son poco utilizados en las industrias.

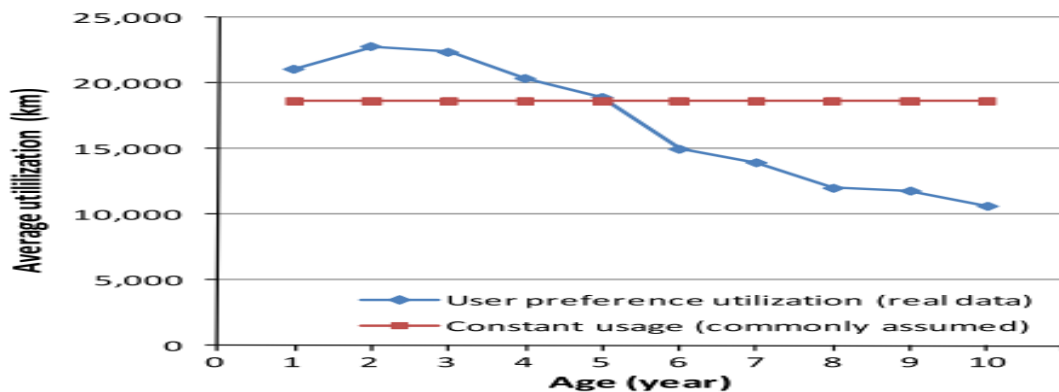
---

<sup>3</sup> PARTHANA, Parthanadee; JIRACHAI, Buddhakulsomsiri y PEERAYUTH, Charnsethikul. A study of replacement rules for a parallel fleet replacement problem based on user preference utilization pattern and alternative fuel considerations. EL SERVIER. Computers & Industrial Engineering. <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S036083521200023Xc>

El problema de reemplazo aplica para gran cantidad de empresas, sean estas del estado tales como bomberos, ambulancias, transporte de la policía, ejército, etc. Así como para usos de empresas privadas de transporte de carga, transporte de personal intermunicipal, transporte interno de mensajería, supervisión, técnicos mecánicos, patinadores, gerencia. En fin el problema de reemplazo de equipos se extiende a toda industria que tenga un equipo con un ciclo de vida definido.

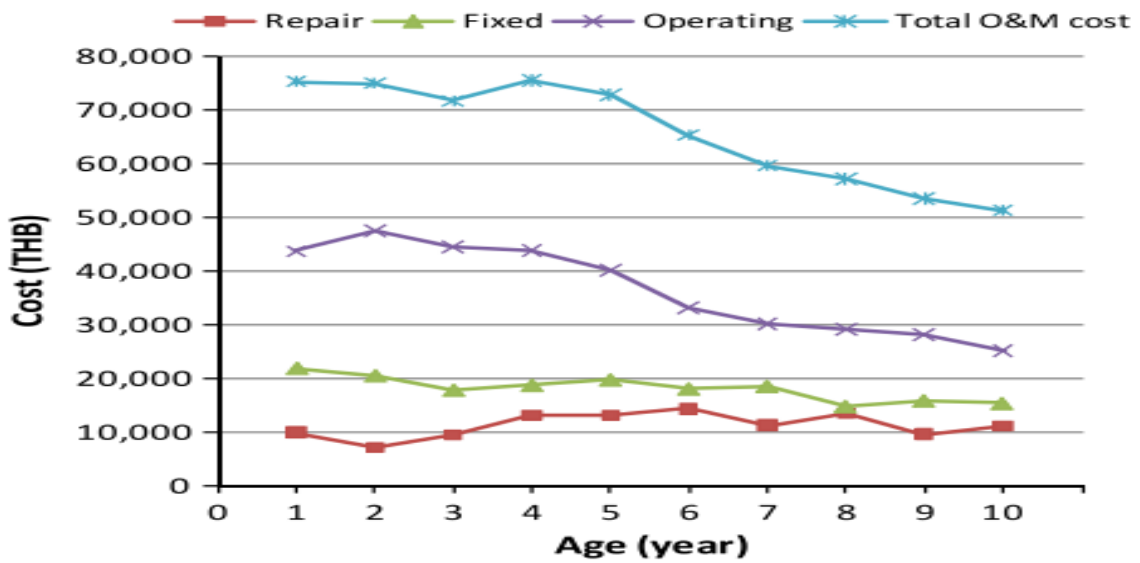
De una información de 8 años de una flota de 1000 vehículos, Parthana, Parthanadee y sus colegas substraen una muestra de una flota que utilizan 177 pasajeros como ejemplo. En la figura 1 se pretende mostrar como lo que normalmente se asume como un uso constante al momento de realizar evaluaciones de reemplazo es incorrecto, ya que dependiendo del tiempo en uso de los equipos los usuarios prefieren dejar de utilizarlos buscando formas alternas de transporte. Adicionalmente este modelo asume que el usuario tiene opciones para seleccionar a su discreción el vehículo a usar. Esto se puede percibir ya que de otra forma no habría más opción que seguir utilizando el equipo viejo.

Figura 1. Preferencias de Uso



Fuente: PARTHANA, Parthanadee; JIRACHAI, Buddhakulsomsiri y PEERAYUTH, Charnsethikul. A study of replacement rules for a parallel fleet replacement problem based on user preference utilization pattern and alternative fuel considerations. EL SERVIER. Computers & Industrial Engineering. <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S036083521200023Xc>

Figura 2. Tendencia en costo de operación y mantenimiento vs año



Fuente: PARTHANA, Parthanadee; JIRACHAI, Buddhakulsomsiri y PEERAYUTH, Charnsethikul. A study of replacement rules for a parallel fleet replacement problem based on user preference utilization pattern and alternative fuel considerations. EL SERVIER. Computers & Industrial Engineering. <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S036083521200023Xc>

De la figura 2 se observa que los costos de reparaciones y mantenimiento tienden a incrementar con el tiempo dado que un equipo viejo requiere más mantenimientos (horas hombre mecánica, eléctrica, repuestos, etc.) mientras que los costos de operación (combustibles, energía, consumibles) tienden a reducirse primordialmente porque el usuario ha decidido dejar de usar el equipo.

Para resolver el problema con todas estas variables plantean un modelo matemático que determine el tiempo de reemplazo y haga recomendaciones sobre el tipo de vehículo a utilizar.

El modelo planteado en la figura 3 corresponde a un programa experto que lo que pretende es minimizar una sumatoria con unas variables que condicionan dicha suma como son el tipo de combustible, tiempo en uso, el costo de comprar, uso anual en km, costos de mantenimiento, tipo de compra, etc. <sup>4</sup>

<sup>4</sup> PARTHANA, Parthanadee; JIRACHAI, Buddhakulsomsiri y PEERAYUTH, Charnsethikul. A study of replacement rules for a parallel fleet replacement problem based on user preference utilization pattern and alternative fuel considerations. EL SERVIER. Computers & Industrial Engineering. <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S036083521200023Xc>

Figura 3. Modelo matemático

### 3.4. Mathematical model – integer program

$$\begin{aligned} \text{Minimize } & \sum_{j=0}^{T-1} f^j \left( \sum_{i=0}^{N-1} \sum_{o=1}^O p_{oij} b_{oij} + k_j \delta_j \right) \\ & + \sum_{j=0}^{T-1} \sum_{i=0}^{N-1} \sum_{o=1}^O f^{j+1} c_{oij} v_{oij} - \sum_{j=0}^T \sum_{i=0}^N \sum_{o=1}^O f^j r_{oij} s_{oij} \end{aligned} \quad (1)$$

Subject to

$$\sum_{i=0}^{N-1} \sum_{o=1}^O u_i v_{oij} \geq d_j \quad \forall j < T \quad (2)$$

$$b_{oij} - v_{oij} = 0 \quad \forall o; i = 0; \forall j < T \quad (3)$$

$$h_{oi} + b_{oij} = v_{oij} + s_{oij} \quad \forall o; \forall 0 < i < N; j = 0 \quad (4)$$

$$v_{o,i-1,j-1} + b_{oij} = v_{oij} + s_{oij} \quad \forall o; \forall 0 < i < N; \forall 0 < j < T \quad (5)$$

$$h_{oi} - s_{oij} = 0 \quad \forall o; \forall i = N; j = 0 \quad (6)$$

$$v_{o,i-1,j-1} - s_{oij} = 0 \quad \{\forall o; \forall i = N; \forall j\} \text{ or } \{\forall o; \forall i > 0; j = T\} \quad (7)$$

$$\sum_{i=0}^{N-1} \sum_{o=1}^O b_{oij} \leq M \delta_j \quad \forall j < T \quad (8)$$

$$v_{oij}, b_{oij}, s_{oij} \in \{0, 1, 2, \dots\} \quad \forall o; \forall i; \forall j \quad (9)$$

$$\delta_j \in \{0, 1\} \quad \forall o; \forall i; \forall j \quad (10)$$

### 3.3. Decision variables

---

$v_{oij}$	integer variable representing the number of in-use vehicles with fuel option $o$ at age $i$ in the fleet in period $j$
$b_{oij}$	integer variable representing the number of purchased vehicles with fuel option $o$ at age $i$ at the beginning of period $j$
$s_{oij}$	integer variable representing the number of sold vehicles with fuel option $o$ at age $i$ at the end of period $j$
$\delta_j$	binary variable, which takes a value of 1 when there are one or more vehicles (of any type) purchased in period $j$ , or 0 otherwise

---

Fuente: PARTHANA, Parthanadee; JIRACHAI, Buddhakulsomsiri y PEERAYUTH, Charnsethikul. A study of replacement rules for a parallel fleet replacement problem based on user preference utilization pattern and alternative fuel considerations. EL SERVIER. Computers & Industrial Engineering. <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S036083521200023Xc>

Dentro de los resultados de este programa experto se concluye que para la empresa es mejor adquirir equipos usados con un bajo uso preferible a comprar únicamente equipos nuevos. Por otro lado se logra concluir que resulta más costoso asumir una política de reemplazo asumiendo que toda la flota tiene un uso constante, se recomienda trabajar estas medidas teniendo en cuenta los kilómetros recorridos por los equipos. En cuanto a lo que tiene que ver con el tipo

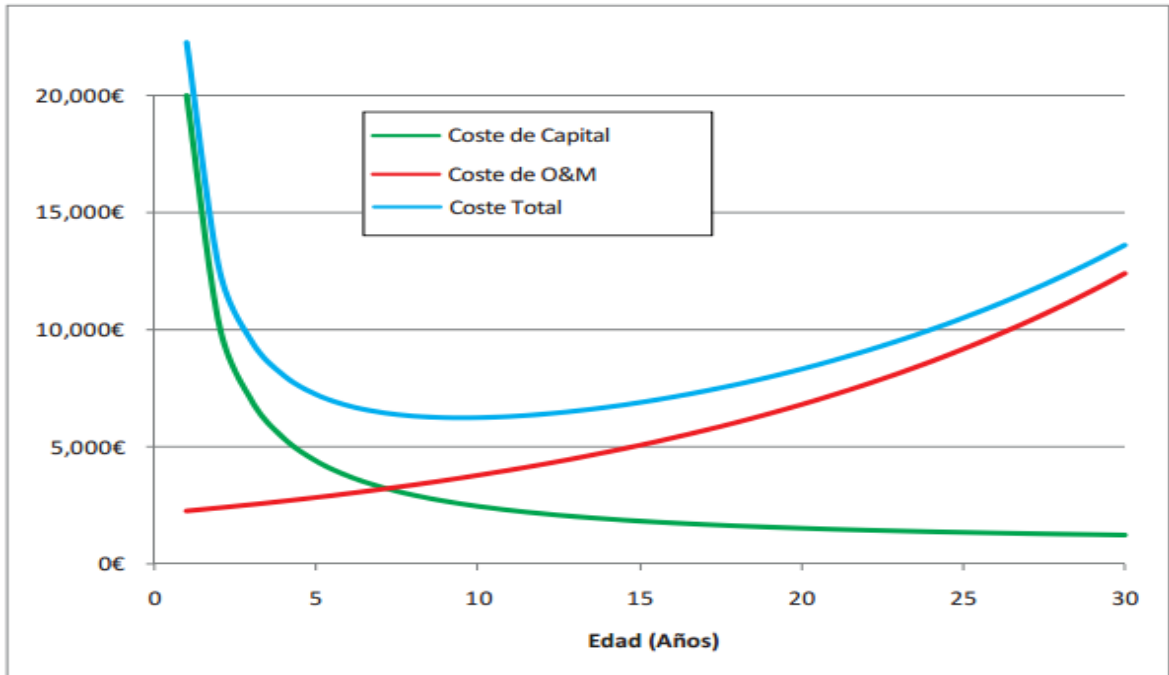
de fue a utilizar se encontró que los equipos que muestran un menor costo son aquellos que utilizan para movilizarse combustible LPG, o gas licuado lo cual va en contra de los estipulado por el Gobierno THAI en donde promocionan el uso de Gas natural Vehicular.

La metodología más utilizada y enseñada para reemplazo de equipos es la del costo del ciclo de vida. La siguiente gráfica explica el concepto en donde es evidente que el coste de mantenimiento incrementa según aumente el tiempo en uso del equipo, sin embargo más adelante se demostrará que es más determinante el nivel de exigencia en uso que la edad en los costos, mientras que los costos de capital son altos al momento de la toma de decisión de realizar una inversión. El resultante es la línea azul que es comúnmente usada para describir el ciclo de vida de un activo.

El punto en que se cruzan el costo de inversión y el costo de mantenimiento determina el punto óptimo de reemplazo se observa que a partir de este momento la gráfica ejerce un cambio de inflexión tornándose con carácter creciente los costos del equipo a medida que avanza el tiempo.

Para efectos del estudio que precede se utilizarán los conceptos de un modelo de regresión de costos ya que los modelos anteriores están definidos para un solo vehículo con un comportamiento característico o para un promedio de flota como en el caso de parallel fleet replacement.

Figura 4. Costo del ciclo de vida



Fuente: MORA, Victor Manuel, Análisis de modelos y métodos de renovación de flotas de vehículos por carretera. Enfoque hacia la renovación ecoeficiente. Trabajo de Grado, Ingeniería industrial. Universidad de Sevilla, España. Dpto. Organización Industrial y Gestión de Empresas. Escuela técnica superior de ingeniería, 2011-2012. P 88-99.

El primer paso que se sugiere es clasificación los vehículos en clases dado que los equipos dentro de una organización puede tener diferentes contextos operacionales, más adelante se ampliará sobre el tema. En este punto hay que ser muy cuidadosos con el nivel de categorización que se escoja dado que se puede llegar al punto de estar casi al mismo detalle que el que ejecutan los modelos planteados en donde se evalúa un equipo específico. Para esto es importante encontrar la categorización que represente la mayor cantidad de equipos y que presenten un comportamiento similar que asegure que se puedan clasificar.<sup>5</sup>

Para poder categorizar es importante contar con la información completa de la historia de vida de los equipos en donde se observe detalladamente el

comportamiento de costos, kilómetros recorridos, comportamiento en estacionalidad, preferencias de utilización, edad de la flota, etc. Estos por lo general son almacenados en un ERP que combina toda la información de consumo de materiales, costos, mano de obra, estadísticas operativas entre otras.

Luego se sugiere proyectar los costos según las variables macroeconómicas que les apliquen. Por lo general los repuestos incrementan según el índice de precios al productor, para productos importados. La mano de obra salario mínimo, y algunos contratos dependiendo de sus características pueden incrementar con la inflación. Más adelante se explicará de donde se toman estas proyecciones y como se aplican al modelo de reemplazo.

El siguiente paso es categorizar la información de forma tabulada de tal forma que sea sencillo manipularla, para esto se presentarán los datos promedio de uso, costo y años utilizados por categoría los cuales serán evaluados a costo de hoy a una tasa de descuento que será tratada en detalle en el siguiente capítulo.

## 2. CONCEPTOS PARA EL REEMPLAZO DE EQUIPOS

Antes de hablar de los conceptos se tratará las variables más usadas para la evaluación de reemplazo de equipos. En primer lugar se debe mencionar el interés o riesgo al cual se expone la inversión, entre mayor riesgo la oportunidad de tener un beneficio es menor puesto que la rentabilidad del negocio debe ser mayor. La decisión de la tasa de interés a utilizar la da el entorno en donde se va a evaluar el negocio y la oportunidad que se tiene de un portafolio de inversiones que puedan resultar. Para una empresa que tiene diferentes opciones de inversión debe tener una tasa referente la cual espere de sus negocios.

Otro factor importante es el tiempo de durabilidad del negocio. Para el caso de vehículos el tiempo usado es el estimado de vida útil, o tiempo de vida productivo. Este se puede sacar de la información histórica de la empresa de cómo han venido retirando sus equipos, así mismo es importante tener la información de cómo estos equipos son depreciados para obtener el beneficio tributario.

Finalmente la tercera variable más importante es el monto o cuantía a invertir se en pagos mensuales o un solo retiro que rente por el periodo definido. Por lo general esta variable es aquella que se expresa en el origen monetario preferible para la organización. Por ejemplo si se está evaluando un reemplazo de equipos en Colombia, en donde el activo en mención tiene unos gastos operacionales y de mantenimiento en pesos, la compra supone una inversión de origen monetario en dólares, si se trata de una empresa que exporta su producto y recibe los beneficios en dólares conviene realizar la evaluación con esta moneda. Para los flujos originados en pesos se debe tener en cuenta las tasas de cambio proyectadas por el tiempo de la inversión y evaluar los diferentes escenarios que puedan darse por el impacto Forex o del cambio de la divisa.

<sup>1</sup> MORA, Víctor Manuel, Análisis de modelos y métodos de renovación de flotas de vehículos por carretera. Enfoque hacia la renovación ecoeficiente. Trabajo de Grado Ingeniería industrial. España: Universidad de Sevilla, España. Dpto. Organización Industrial y Gestión de Empresas. Escuela técnica superior de ingeniería, 2011-2012. P 88-99.

## 2.1 EL VALOR PRESENTE NETO

El valor presente se requiere para establecer el valor actual de unos pagos futuros a una determinada tasa de interés también llamada tasa de descuento. El resultante va a ser los futuros pagos valorizados a una tasa de descuento traídos a precio de hoy mediante una fórmula matemática que lo que hace es deflactar este valor por el tiempo de la inversión a la tasa establecida. Para explicar estos conceptos se hace necesario de recurrir a las bases matemáticas. Empezando por la fórmula de valor futuro. Indicado por la fórmula:

$$\text{Formula 1: } VF = VP \times (1 + i)^n$$

*En donde VF= Valor Futuro, VP= Valor presente, i= tasa de interés, n= tiempo de la inversión.*

De aquí mismo se obtiene despejando VP:

$$\text{Fórmula 2: } VP = \frac{VF}{(1+i)^n}$$

Las ecuaciones anteriormente expuestas representan que el valor futuro es igual al valor presente más un porcentaje de interés que se eleva al tiempo porque cada vez que se cumple un periodo se ha generado un rendimiento puesto que el siguiente ciclo genera intereses sobre el rendimiento del periodo anterior.

A continuación se muestra el cálculo para determinar los pagos mensuales requeridos para una inversión que resulte en un valor futuro VF. Para esto se tendrá en cuenta la fórmula 1, en donde VP se considera el pago igual en cada periodo con la letra R. Para n=0 se obtiene de la fórmula 1 que el primer valor futuro es igual R, para n=1 se obtiene que el valor futuro es igual a R X (1+i).

Si se considera una serie de sumas de valores futuros para indicar los pagos iguales para n periodos se puede representar de la siguiente forma empezando desde n=0:

Paso 1

$$VF = R + R \times (1 + i)^1 + R \times (1 + i)^2 + \dots R \times (1 + i)^{n-1}$$

Multiplicando por (1+i) se obtiene:

Paso 2

$$VF \times (1 + i)^1 = R \times (1 + i)^1 + R \times (1 + i)^2 + \dots R \times (1 + i)^n$$

Restando resultante Paso (2)- Paso (1)

$$VF \times i = R \times (1 + i)^n - R$$

Despejando para VF:

$$\text{Fórmula 3: } VF = R \times \frac{(1+i)^n - 1}{i}$$

Despejando R:

$$\text{Fórmula 4: } R = VF \times \frac{i}{(1+i)^n - 1}$$

De las fórmulas anteriores se logra obtener el valor futuro de una serie de pagos iguales para distintos periodos y el cálculo del pago igual para n periodos que resulten en un VF esperado.<sup>6</sup>

Ahora se hace necesario establecer la relación entre una suma presente y una serie de pagos uniformes. Para esto simplemente se reemplaza VF de la fórmula 1 en la fórmula 3 obtenida.

$$VF = VP \times (1 + i)^n = R \times \frac{(1 + i)^n - 1}{i}$$

Despejando VP

$$\text{Formula 5: } VP = R \times \frac{(1+i)^n - 1}{i \times (1+i)^n}$$

---

<sup>6</sup> VILLARREAL, Arturo. Evaluación Financiera de proyectos de inversión. Editorial Norma, 1988. Bogotá. Pg (32-51)

Mediante la fórmula anterior resultante se puede obtener el valor presente de una suma de pagos iguales conociendo la tasa de interés, también se puede calcular los pagos iguales requeridos para una inversión inicial que se quiere rentar a una determinada tasa de oportunidad o tasa de descuento. Habiendo entendido las fórmulas disponibles para el cálculo del valor presente y valores futuros es posible continuar con la explicación del valor presente neto.

El valor presente resulta de restar el valor presente de todos los ingresos y valor presente de todos los egresos. Para esto es importante que dicho valor presente resulte a la tasa de descuento o de oportunidad que utilice la compañía para la evaluación de sus proyectos. Si el resultado llega a ser positivo indica que el negocio renta más de lo esperado, si es cero renta exactamente al valor de la tasa de oportunidad, y menor a cero implica pérdidas ya que el invertir los recursos.<sup>7</sup>

## 2.2 TASA INTERNA DE RETORNO

La tasa interna de retorno, es aquella que define el interés al que renta un negocio en cual se tienen ingresos y egresos. También se entiende como la tasa a la cual el valor presente neto es igual a cero, es decir cuando el valor presente de los ingresos es igual al valor presente de los egresos. Se considera el método más eficiente para calcular la rentabilidad de un proyecto de inversión, dado que se tiene en cuenta el momento en que ocurren los egresos e ingresos.

La expresión matemática que define lo anterior puede hallarse a través de la fórmula del valor presente neto.

**Fórmula 6:** 
$$VPN(i) = \sum_{j=0}^n \left[ \frac{1}{1+i} \right]^j \times Q_j$$

Donde  $i$  es la tasa de descuento,  $Q_j$  es la cantidad de dinero al final de un periodo  $j$  siendo esta magnitud positiva o negativa. Como se había explicado anteriormente

---

<sup>7</sup> VILLARREAL, Arturo. Evaluación Financiera de proyectos de inversión. Editorial Norma, 1988. Bogotá. Pg (32-51)

la tasa interna de retorno es aquella que hace que el valor presente neto sea igual a 0. Por lo que igualando esta ecuación a cero deja lo siguiente.

$$0 = \sum_{j=0}^n \left[ \frac{1}{1+i} \right]^j \times Q_j$$

“Esta sumatoria no es otra cosa que un polinomio de grado n donde la incógnita es  $\left[ \frac{1}{1+i} \right]$ , la TIR resulta ser una de las raíces positivas de tal polinomio. La regla de descartes indica que todo polinomio de grado n tiene un numero de raíces igual a su grado y aunque muchas de ellas coinciden, existe un máximo de raíces diferentes, igual a la cantidad de veces que se producen cambios de signos entre miembros sucesivos del polinomio”<sup>8</sup>

De esta forma dependiendo del grado del polinomio se hace posible realizar el cálculo de la TIR mediante este método sin embargo hoy día con los avances tecnológicos se recomienda usar las herramientas a la mano, tanto la TIR como el VPN se pueden desarrollar mediante fórmulas ya establecidas en programas como Excel que ayudan a tratar altos volúmenes de información en muy poco tiempo. Pero es importante entender de donde salen los resultados del análisis realizado.

Otro punto importante a tocar es cuando se requiere calcular la tasa interna de retorno mensual, o se quiere evaluar un negocio de menos de un año por lo que requerimos convertir la tasa efectiva anual en una tasa mensual. Para estos efectos es importante tener en cuenta la siguiente ecuación

$$ie = (1 + i \text{ mes})^{12} - 1 \text{ o } i \text{ mes} = [ie + 1]^{\frac{1}{12}} - 1$$

Como se observa no están fácil como dividir la tasa anual entre 12, porque para esto es necesario incluir los n periodos en la fórmula del valor futuro de donde salen las ecuaciones anteriormente expuestas.

---

<sup>8</sup> VILLARREAL, Arturo. Evaluación Financiera de proyectos de inversión. Editorial Norma, 1988. Bogotá. Pg (89-91)

## 2.3 INDICADORES ECONOMICOS E IMPUESTOS

Dentro de los análisis financieros de cálculo del ciclo de vida y evaluación de rentabilidad de proyectos se hace necesario conocer los indicadores macro económicos e impuestos que deben aplicarse para proyectar los beneficios de la inversión en el tiempo. Dentro de estos quizás el más importante es la inflación.

“ El fenómeno de la inflación se define como un aumento sustancial, persistente y sostenido del nivel general de precios a través del tiempo.”<sup>9</sup>. Esto último se refiere a que el valor de las cosas es variante en el tiempo. Para efectos de cualquier evaluación se debe tener en cuenta el costo futuro de las diferentes variables que pueden afectar el costo de vida de los activos. Por ejemplo para efectos de costos de consumibles estos por lo general incrementan a la inflación puesto que en la proyección de costos se debe tener esta variable. Sin embargo, dentro de una empresa pueden existir acuerdos de precios con proveedores puesto que en esta ocasión se hace necesario recurrir a los contratos existentes para utilizar las diferentes fórmulas de reajuste que pueden implicar la combinación de diferentes variables. Para las actividades de mano de obra en el mantenimiento de los equipos casi siempre la variable a usar es el salario mínimo. Este último está directamente relacionado con la inflación y esto se debe a que el gobierno tiende a fijar este valor de tal forma que no genere una mayor inflación futura. En resumen los indicadores económicos más comunes son el IPC (Puede ser de Colombia o del lugar de donde provengan las compras), el Salario mínimo legal vigente y la tasa de cambio del momento de la inversión.

En cuanto a los impuestos que aplican para las empresas en Colombia en primer lugar está el impuesto sobre la renta. Este grava la renta de una empresa durante un periodo fiscal. De tal forma que un mayor gasto significa una reducción en la base gravable de las empresas. También existen formas en las que el estado permite reducir la base gravable como la depreciación, en donde a pesar que como tal no es un gasto, es la forma como la empresa representa el tiempo en un

---

<sup>9</sup> <http://www.banrep.gov.co/es/contenidos/page/qu-inflaci-n>

uso de un activo adquirido. Los valores y porcentajes explicados a continuación están especificados en la ley No 1739 de dic 23 del 2014. Para el 2016 el impuesto a la renta es del 25% este pasó del 33% al 25% pero debido a esto se crearon otros impuestos como el impuesto a la renta para la equidad CREE que para el 2016 se fijó en un 9%. Básicamente este fue creado para compensar la reducción del impuesto de Renta y para apalancar proyectos de inversión social del estado. Adicionalmente la sobre tasa al CREE fue fijada en un 6%.

Figura 5. Tabla de sobre tasa impuesto de renta

TABLA SOBRETASA IMPUESTO SOBRE LA RENTA PARA LA EQUIDAD-CREE AÑO 2016			
RANGOS DE BASE GRAVABLE EN \$		TARIFA MARGINAL	SOBRETASA
Límite inferior	Límite superior		
0	<800.000.000	0,0%	(Base gravable) * 0%
>=800.000.000	En adelante	6,0%	(Base gravable - \$800.000.000) * 6,0%

El símbolo de asterisco (\*) se entiende como multiplicado por . El símbolo ( >= ) se entiende como mayor o igual que. El símbolo ( < ) se entiende como menor que.

Fuente: Ley 1739 de 23 Dic 2014, pag 13

“Este valor es calculado sobre la base gravable del impuesto sobre la renta para la equidad CREE sobre la cual el contribuyente liquidó el impuesto para el año inmediatamente anterior.” <sup>10</sup>

<sup>10</sup> Ley 1739 de 23 Dic 2014, pag 13

### **3. TIPOS VEHICULOS LIVIANOS**

En una empresa pueden existir diferentes necesidades de transporte para su operatividad. Existen equipos para empleados administrativos que deban trasladarse a sus sitios de trabajo en el cual no operen vehículos convencionales. Por otro lado están aquellos equipos destinados a llevar el personal operativo a los sitios de trabajo, o actividades de vigilancia en la que se debe permanecer en el vehículo y trasladarse a diferentes zonas con el fin de inspeccionar las condiciones del sitio.

Por otro lado existen vehículos livianos de transporte de carga menor, dentro de los cuales se encuentran aquellos usados para transportar herramientas y componentes dentro de la empresa.

#### **3.1 EL USO DE LOS EQUIPOS LIVIANOS EN LA INDUSTRIA**

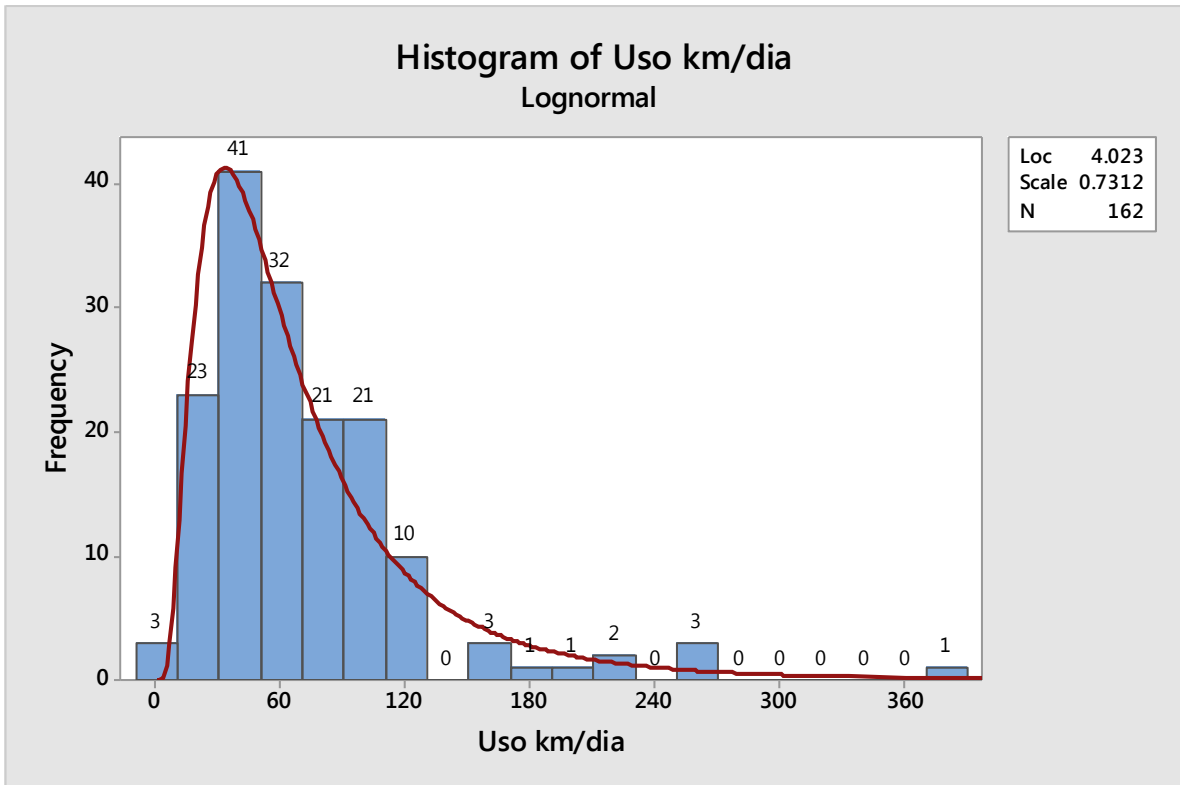
El uso de los equipos livianos se expresa en los kilómetros recorridos por este vehículo en un tiempo determinado. Se puede expresar en Kilómetros por día, mes o año. Debido a que dentro de una industria existen vehículos con diferentes funciones, existe una amplia variedad de recorridos que suceden por lo que deben seleccionarse por grupos de iguales características al momento de hacer un análisis de la información.

Este es un ejemplo de uso para una muestra de 162 equipos de una misma industria con diferentes asignaciones dentro de las cuales se encuentran: Vigilancia, Supervisión, transporte de personal, transporte de herramientas, patinador de repuestos, etc.

Como se observa en la figura 5, el uso de equipos muestra una distribución lognormal, en donde la mayor proporción de equipos está ubicada en el rango de

0-60 km/día. Sin embargo hay casos especiales en donde se pueden encontrar equipos con un uso extremo de hasta 360 km/día.

Figura 6. Histograma kilómetro día 162 Equipos

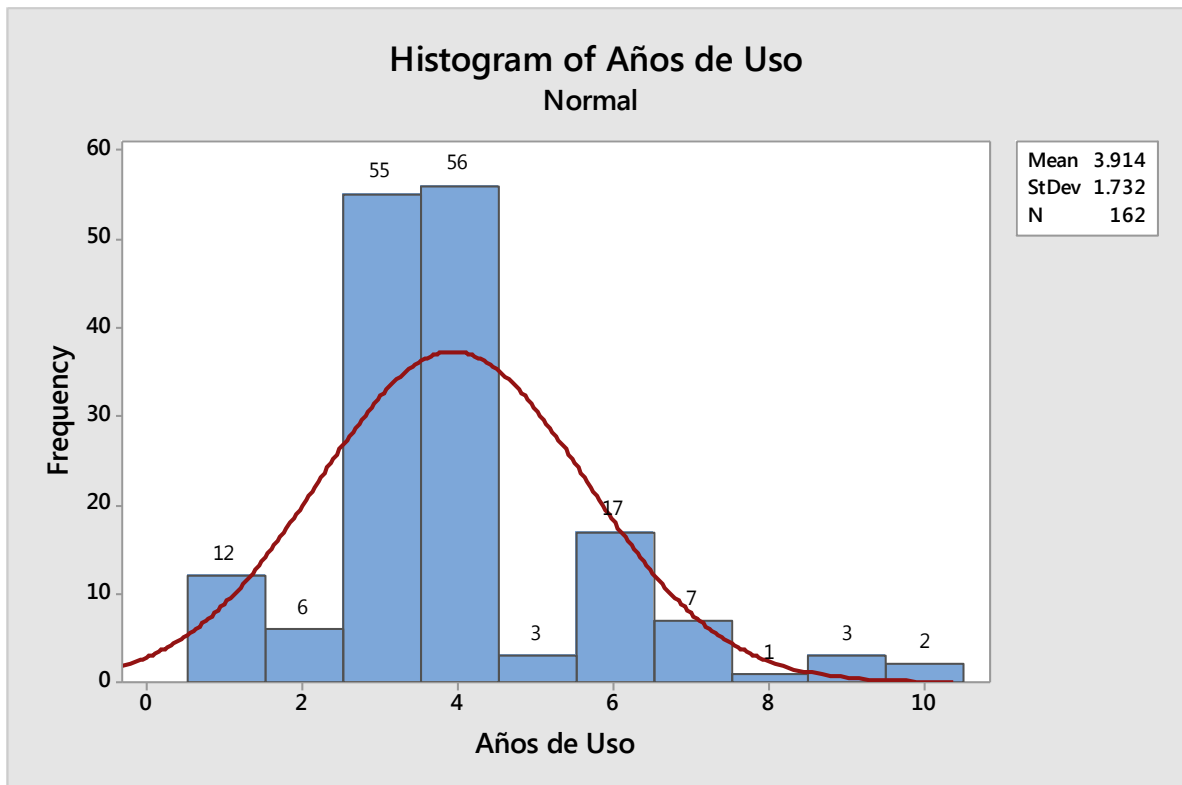


Como se observa en la figura 5, el uso de equipos muestra una distribución lognormal, en donde la mayor proporción de equipos está ubicada en el rango de 0-60 km/día. Sin embargo hay casos especiales en donde se pueden encontrar equipos con un uso extremo de hasta 360 km/día.

Lo anterior confirma que no es posible tratar a los equipos de la misma forma por lo que es necesario iniciar un proceso de categorización que permita entender la información en grupos iguales para poder hacer una recomendación sobre el global de la flota.

Otra forma de organizar los equipos es entender la edad de la flota para lo cual vale la pena ordenar la cantidad de equipos por diferentes años de la siguiente forma.

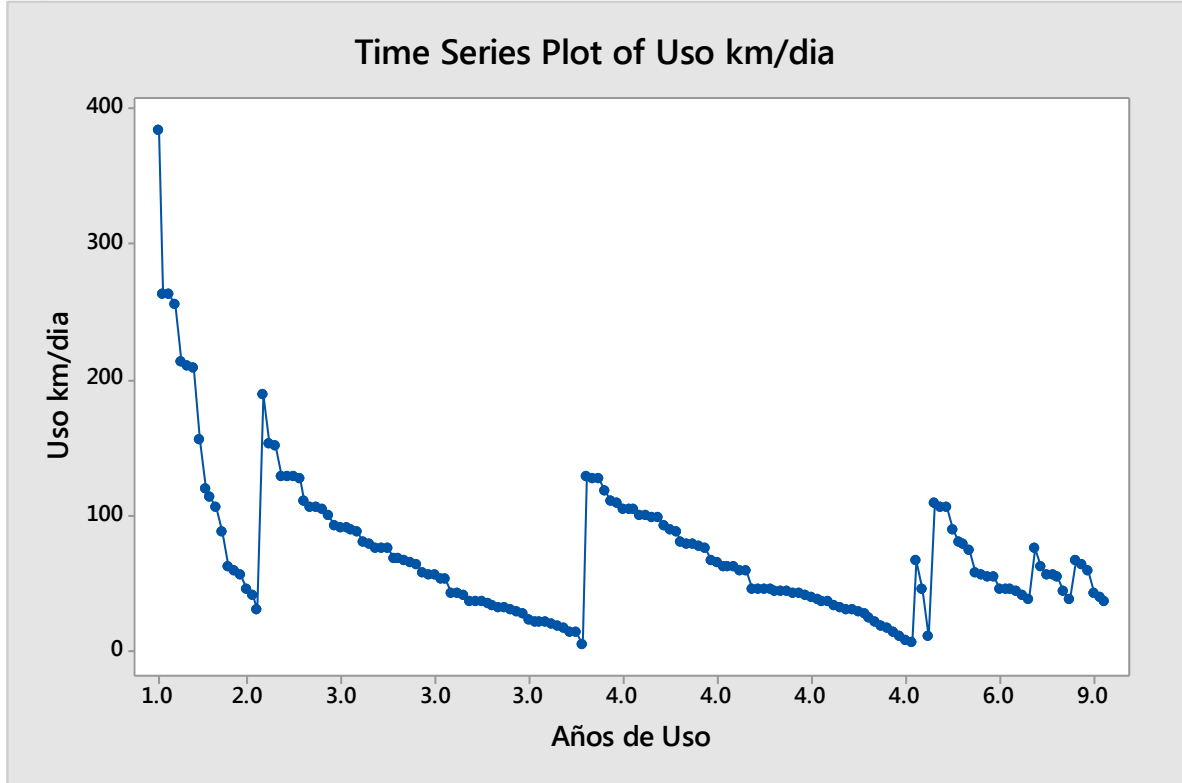
Figura 7. Histograma por años de uso 162 Equipos



En esta oportunidad se observa una distribución normal que muestra como la gran mayoría de equipos tienen entre 3 y 5 años. Se pueden encontrar equipos desde 1 año de uso hasta 10 años.

En la gráfica 7 se confirma la tendencia presentada en el modelo de reemplazo de PARTHANA, Parthanadee; JIRACHAI, Buddhakulsomsiri y PEERAYUTH, Charnsethikul. A medida que los equipos tienden a tener más años de uso disminuye sus kilómetros día. Sin embargo se observan comportamientos de etapas en las cuales hay amplio diferentes tipos de uso entre equipos de 3 años y 4 años.

Figura 8. Time Series KM/Día



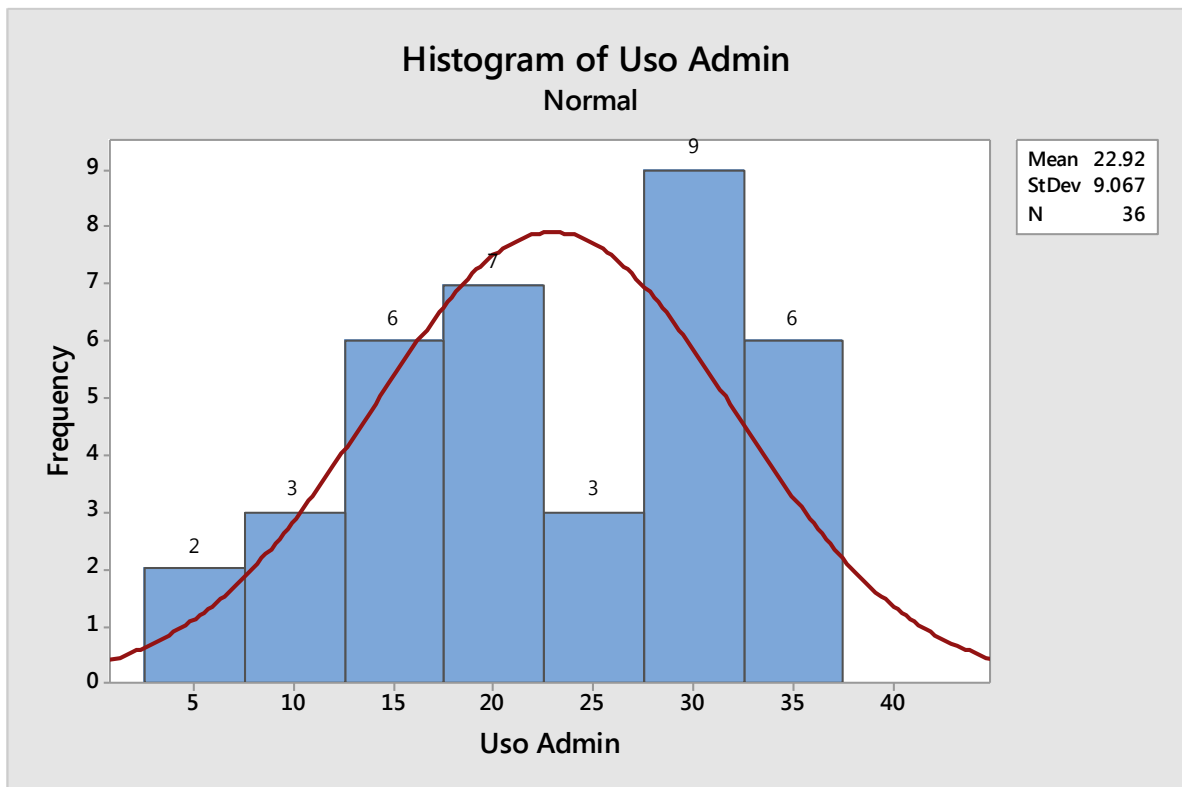
Esto va a depender mucho de la organización y de su política de uso de los equipos. Un ejemplo donde puede presentarse este comportamiento es cuando la empresa designa los dueños de los equipos quienes no tienen potestad para poder cambiarlo a su parecer, especialmente porque no hay exceso de equipos. Sin embargo es claro que para equipos de alta exigencia hay predilección por equipos nuevos que puedan brindar el rendimiento a la exigencia.

Como fue mencionado anteriormente ahora se hace necesario dividir esta muestra en categorías que presenten patrones iguales de comportamiento para entender a cabalidad el fenómeno mencionado.

### 3.2 CATEGORIZACION DE LOS EQUIPOS LIVIANOS

**3.2.1 Equipos Administrativos.** En esta categoría entran aquellos equipos que tienen poco recorrido por día y adicional se conoce que pertenecen a posiciones administrativas como son Gerencia, Vicepresidencias entre otros que no ejecutan funciones propias que exijan estar en campo demandando un uso importante del activo.

Figura 9. Histograma administrativo



Se observa como la media de uso de estos equipos esta en 22 kilómetros por día con una desviación estándar de 9 kilómetros por día. Aún existe una importante variación en esta muestra en cuanto a uso, pero no se espera una desviación mayor en costos teniendo en cuenta que estos equipos no alcanzan al kilometraje

esperado de la frecuencia de mantenimiento preventivo de 5,000 KM por lo que se hace una revisión en tiempo establecida de 6 meses. Lo que puede hacer que varíe el costo de mantenimiento es el uso, pero esto será detallado más adelante.

**3.2.2 Equipos de Soporte a la Operación.** Los equipos de Soporte a la Operación son que brindan valor agregado a la función operativa de la empresa. Dentro de estos es posible encontrar las siguientes funciones:

ASUNTOS PUBLICOS: Soporte y transporte de la supervisión, protección y las relaciones públicas en el complejo y las poblaciones vecinas.

GESTION AMBIENTAL: Soporte de supervisión y monitoreo ambiental

CAPITAL HUMANO: Soporte y transporte de los médicos, entrenamiento laboral. Actividades de higiene industrial.

LEGAL: Transporte a poblaciones para atención a conflictos y diligencias judiciales.

RESPONSABILIDAD SOCIAL: Transporte y soporte al personal en comunidades vecinas.

MANTENIMIENTO: Soporte y transporte de la supervisión en las actividades de mantenimiento de equipos de minería en campo.

MATERIALES: Soporte y transporte entre bodegas, entrega de materiales en campo, diligencia de compras en poblaciones vecinas y contratos.

PLANEACIÓN Y TECNOLOGÍA: Soporte y transporte en el mantenimiento de los sistemas de comunicaciones de equipos e infraestructura de comunicaciones general de la empresa.

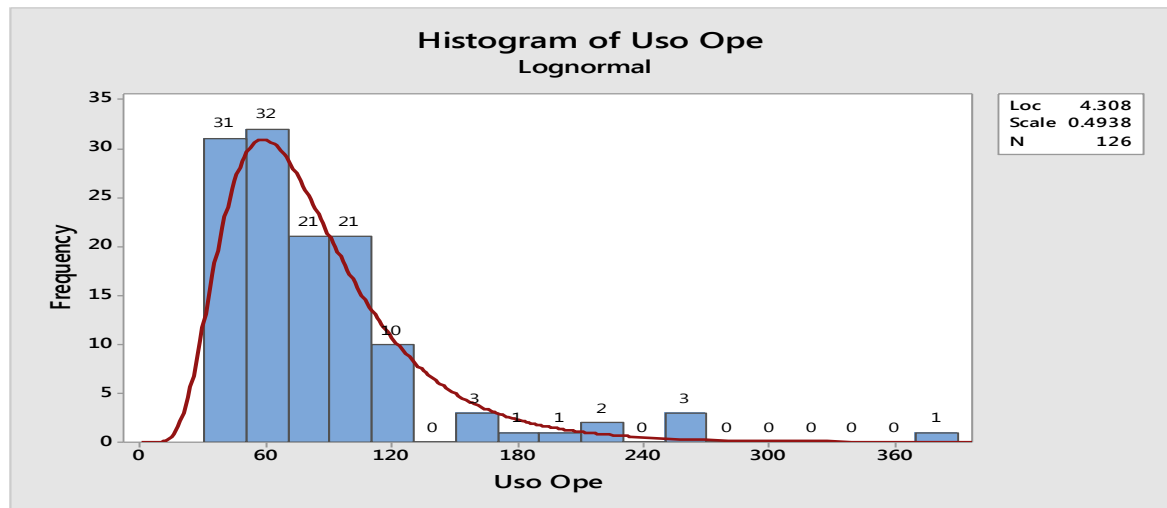
PRODUCCIÓN: Soporte y transporte de la supervisión de los procesos de pre-minería, minería, mantenimiento, taladros, perforación y voladura.

SEGURIDAD: Transporte y soporte a la supervisión, observaciones, y monitoreo de seguridad en campo, brigadistas y bomberos

SERVICIO A LA OPERACIÓN: Transporte y soporte al personal de mantenimiento de soporte al equipo minero e infraestructura y de servicios de ingeniería y desarrollo de proyectos. Transporte de supervisores de la operación y servicios especiales, transporte a la supervisión de alimentos y servicios generales.

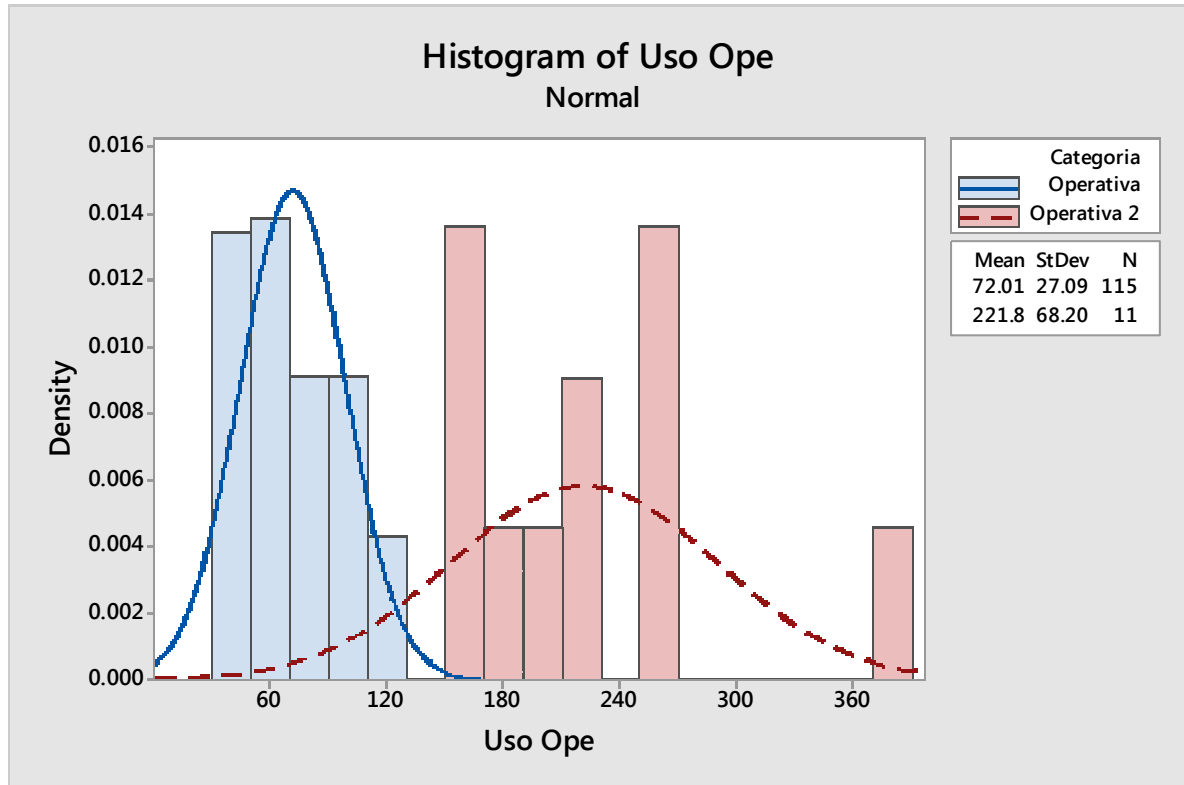
SERVICIOS TÉCNICOS: Transporte y soporte al personal técnico de planeación minera, geología y perforación.

Figura 10. Histograma uso operativo



De la figura anterior se observa que si se toman 126 equipos se tiene un comportamiento bimodal por lo que se hace necesario nuevamente dividir en más categorías.

Figura 11. Comportamiento bimodal



Es posible observar que se tienen 2 medias operativas. En la primera se verifica que en promedio los equipos recorren 77 km/día con una desviación estándar de 27 km/día y por último se obtiene la flota considerada de uso extremo en donde se observa una media de 221.8 km/día y una desviación estándar de 68.2 km/día. Este último tiene una desviación mayor puesto que para asegurar un resultado común de la muestra se posible que a un se requiera una categoría mayor.

**3.2.3 Costos por Categorías.** En la tabla siguiente se determinan los costos por las diferentes categorías posibles de realizar. En este caso se observa como entre las diferentes categorías de uso, el tiempo de vida se obtienen diferentes costos.

Tabla 1. Costos por categoría de equipos

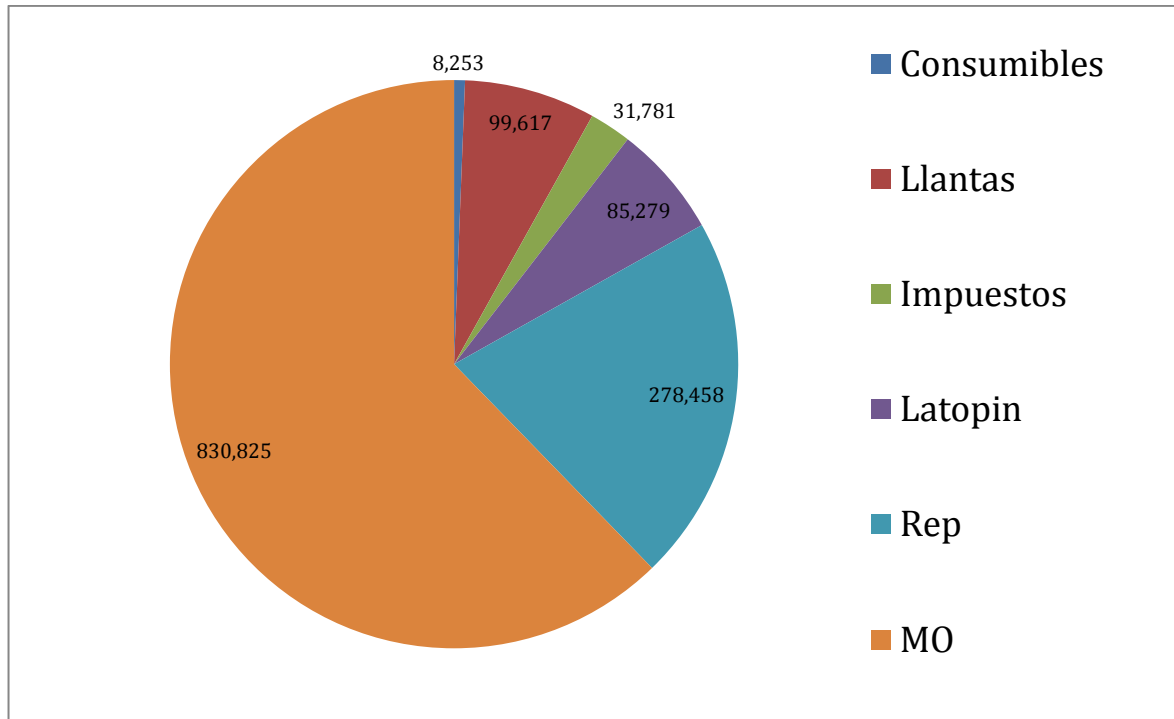
Categorías (km/día – años uso)	Count of # Equipo	Costo promedio mes
<b>50</b>	<b>53</b>	<b>\$1,169,807.27</b>
3	3	\$894,608.93
4	21	\$1,204,105.06
5	29	\$1,173,439.74
<b>100</b>	<b>58</b>	<b>\$1,223,294.03</b>
2	4	\$968,413.15
3	3	\$972,435.91
4	14	\$1,067,224.33
5	37	\$1,330,241.97
<b>150</b>	<b>27</b>	<b>\$1,537,523.87</b>
2	1	\$1,142,412.93
4	11	\$1,364,957.28
5	15	\$1,690,413.44
<b>200</b>	<b>24</b>	<b>\$1,789,819.49</b>
2	7	\$1,564,421.43
4	9	\$1,684,767.42
5	8	\$2,105,226.36
<b>Grand Total</b>	<b>162</b>	<b>\$1,342,096.61</b>

Para el caso de equipos que se usan 50 km/día se encuentra una muestra de 53 equipos que en promedio gastan COP 1,169,807 por mes. Sin embargo dentro de estos equipos se encuentran vehículos de 3 a 5 años. En este caso el equipo con menos de 4 años tiene un costo por debajo de 1 millón, pero el de 5 años tiene un costo menor al de 4 años.

Los equipos que en promedio recorren 100 km/día tienen un costo ligeramente superior a aquellos de 50 km/día. Nuevamente se observa que equipos con un tiempo en uso inferior a 4 años se obtiene un costo mensual promedio inferior a 1

Millón de Pesos. En esta ocasión si es posible determinar una clara relación entre la edad del equipo y el costo de mantenimiento. Se puede determinar que a medida que el equipo envejece y se use más el costo de mantenimiento es mayor.

Figura 12. Costos de mantenimiento promedio



De la gráfica anterior puede apreciarse que la mayor parte de los costos de mantenimiento para esta empresa específica los representa la Mano de obra por la cual se paga un valor fijo. Este costo representa un 62% del total de los costos de mantenimiento. Un 20% lo representa el costo en partes para el mantenimiento. Mientras que los costos de llantas consumibles e impuestos no son tan representativos. Dentro de estos costos también pueden encontrarse daños operacionales aquellos como latonería y pintura, stop y farolas rotas, antena de radio dañadas, panorámicos fisurados, radios fm/am, perdida de tapa de tanque de líquido refrigerante, tapa limpia vidrios, tapa de radiador, daño en empaque de culata, daños de motor, entre otros. Estos en gran parte se reflejan en gran parte

en los costos de latonería y pintura. A pesar que son casos atípicos si se está considerando un cambio de estrategia para pasar a arrendamiento deben de tenerse en cuenta y tener claro cuánto es este valor. Sobre todo porque en todo Renting los costos por daños operacionales son cubiertos por una póliza, pero el cliente de cubrir una parte del costo del daño por lo general el 10% y en algunos casos es una cuota mínima de un Salario mínimo legal vigente. Por esto al momento de evaluar ambos negocios deben ser considerados la frecuencia de accidentes y daños.

Los costos de consumibles son aquellos que incluyen pedido de filtros, cables, tornillería, baterías, y en general componentes menores de los vehículos de alto consumo y bajo costo.

En llantas se obtienen los costos de reemplazo de llantas que en revisión del desempeño se ha demostrado que en promedio tienen un rendimiento de 36 mil kilómetros antes de requerir cambio.

Dentro del costo de impuestos se ubica el impuesto de rodamiento que debe pagarse anualmente por los vehículos.

En latonería y pintura se incluyen los costos de impermeabilización para evitar corrosión del chasis, de reparaciones menores como ajustes de defensas, estribos, mantenimiento de cerraduras, reparaciones de exosto entre otros que son requeridos para equipos que trabajan en condiciones extremas de desempeño. Los picos en este rubro se presentan cuando hay un accidente o una necesidad de overhaul que por lo general solicitan los equipos entre 4 y 5 años de uso y que tiene una inversión de aproximadamente COP 7M lo que hace el costo promedio de estos equipos sea mayor.

En cuanto a repuestos se incluye todos los componentes de suspensión, sistema de aire acondicionado, sistema eléctrico, chasis y demás sistemas funcionales del

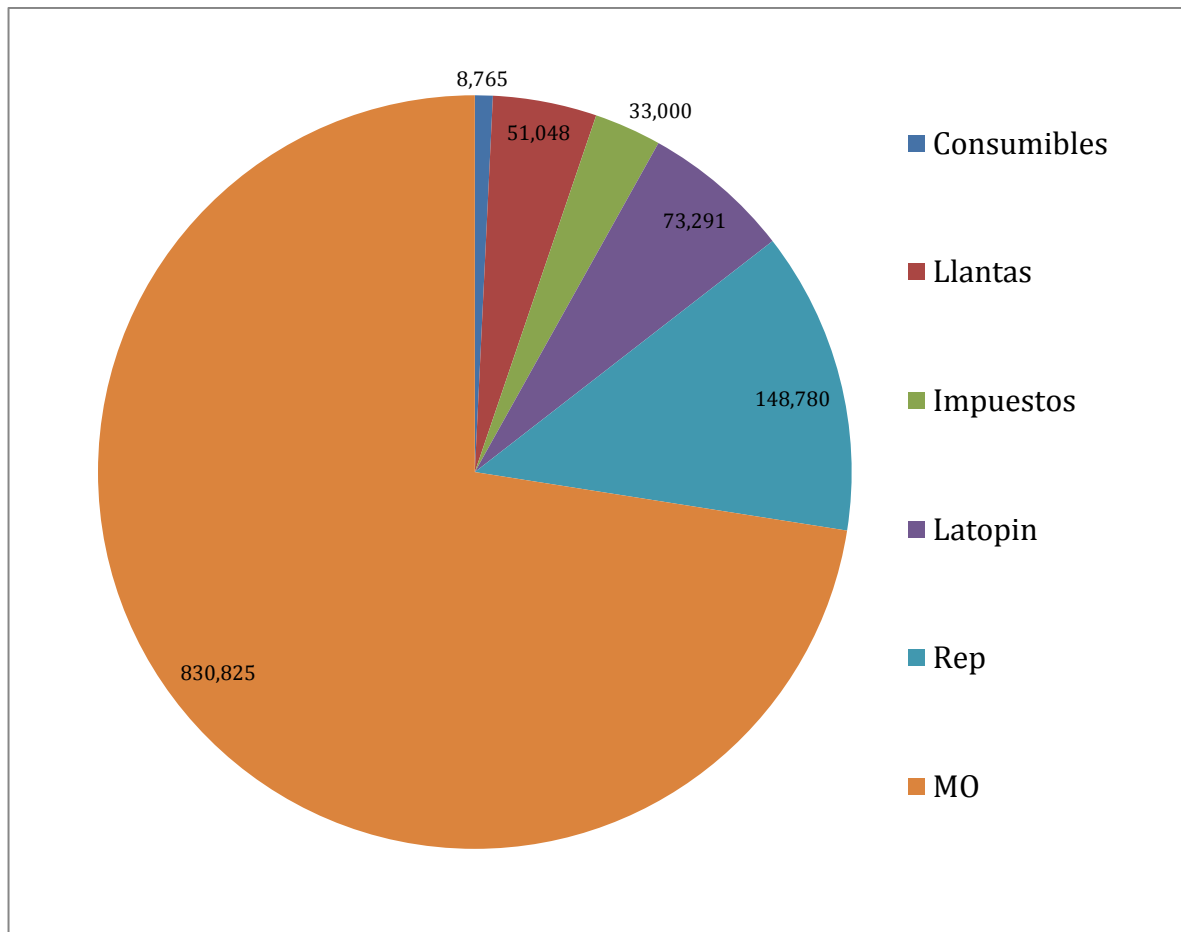
equipo. La gran mayoría de los componentes de las camionetas tipo pick up son elementos de desgaste y que se acelera su necesidad de reemplazo dependiendo de las condiciones de operación del equipo. Adicionalmente se incluye aquellos componentes necesarios para realizar overhaul de motor y transmisión que por lo general se solicita después de 200 mil km de uso del equipo. Cuando también por lo general se recomienda reemplazar antes de invertir en el negocio.

La mano de obra tiene que ver con el valor técnico, mecánico y de soldadura invertido en las reparaciones del equipo. Depende de la modalidad de contrato que tenga la empresa este valor puede fijarse variable por hora hombre trabajada o como en el caso de la empresa en cuestión se trabaja sobre un valor fijo por equipo que incluye todos los costos asociados a los técnicos que se encargaran de atender el equipo. Dependiendo del nivel de exigencia que tenga el equipo puede resultar o no más costo efectiva este tipo de contrato de mantenimiento.

Para efectos de entender mejor los costos se presentan como se distribuye el Pie para las diferentes categorías:

Para los vehículos que recorren entre 0-50km/día se observa que el costo de mano de obra representa el 72% de los costos. Esto ocurre por la modalidad de contrato de la empresa evaluada en donde se paga una tarifa fija por cada vehículo de valor de COP 830,825. Dentro de esta categoría se encuentran aquellos equipos con labores administrativas gerenciales que realmente no utilizan el equipo más que para traslados de casa a oficina y oficina a casa o para inspecciones no recurrentes. Estos equipos deben ser revisados en cada empresa ya que representan un gasto no justificado y deben revisarse estrategias para seguir presentando el servicio sea con vehículos tipo Van de ejecutivos que recoja a todos o servicio especializado para transporte tipo taxi.

Figura 13. Costos de Mantenimiento 50 KM/DIA



Los equipos que en promedio recorren entre 50-100 km /día, el costo de mano de obra representa el 67% de los costos mientras que los repuestos son el 16%. Este grupo es el que se encuentra más cercano a los costos promedio de la totalidad de la flota y podría utilizarse para determinar un comportamiento que pueda ser representativo a la hora de tomar decisiones sin embargo se recomienda siempre trabajar al detalle de cada flota por cada categoría para tener una medida más precisa para tomar una decisión de reemplazo.

Figura 14. Costos de Mantenimiento 100 KM/DIA

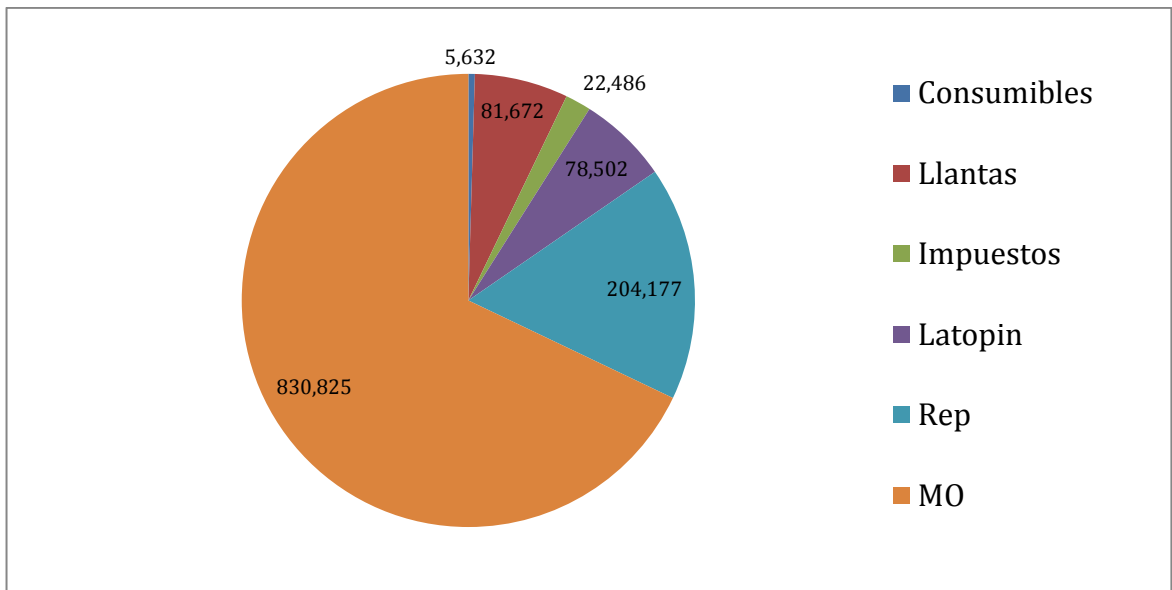
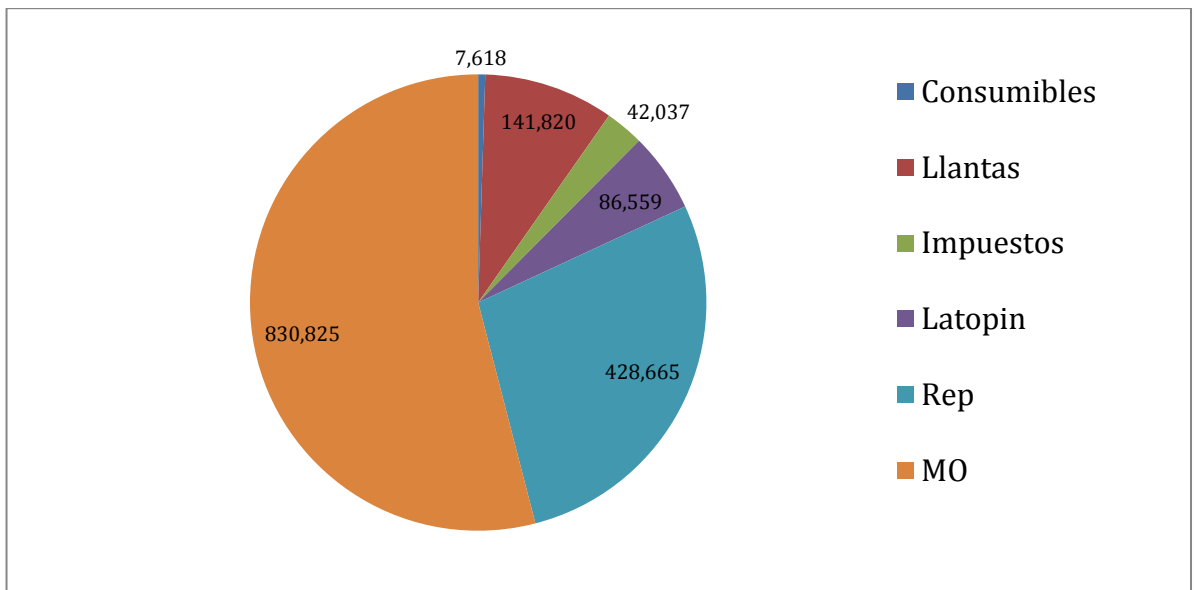


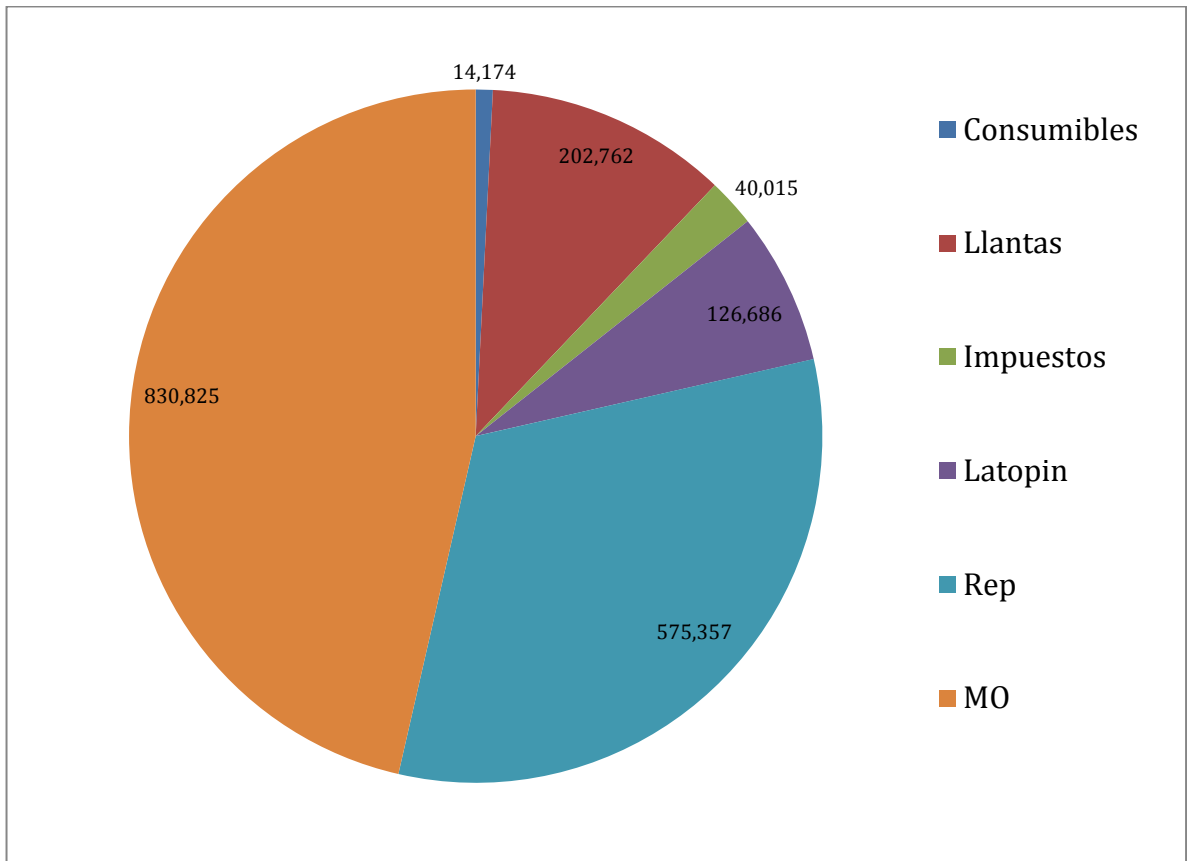
Figura 15. Costos de Mantenimiento 150 KM/DIA



En cuanto a los equipos que recorren entre 100-150 km día, por lo general se encuentran equipos asociados a producción, patinadores de repuestos, equipos de trabajo de mantenimiento entre otros. Se observa que el costo de mano de obra representa el 54% mientras que el costo de partes es del 28%. Esto ocurre

principalmente por mayor cantidad de mantenimientos requeridos dada la frecuencia establecidas para la empresa de referencia los 5000 kilómetros para cambio de aceite, y los componentes que se encuentren para cambio durante la inspección preventiva.

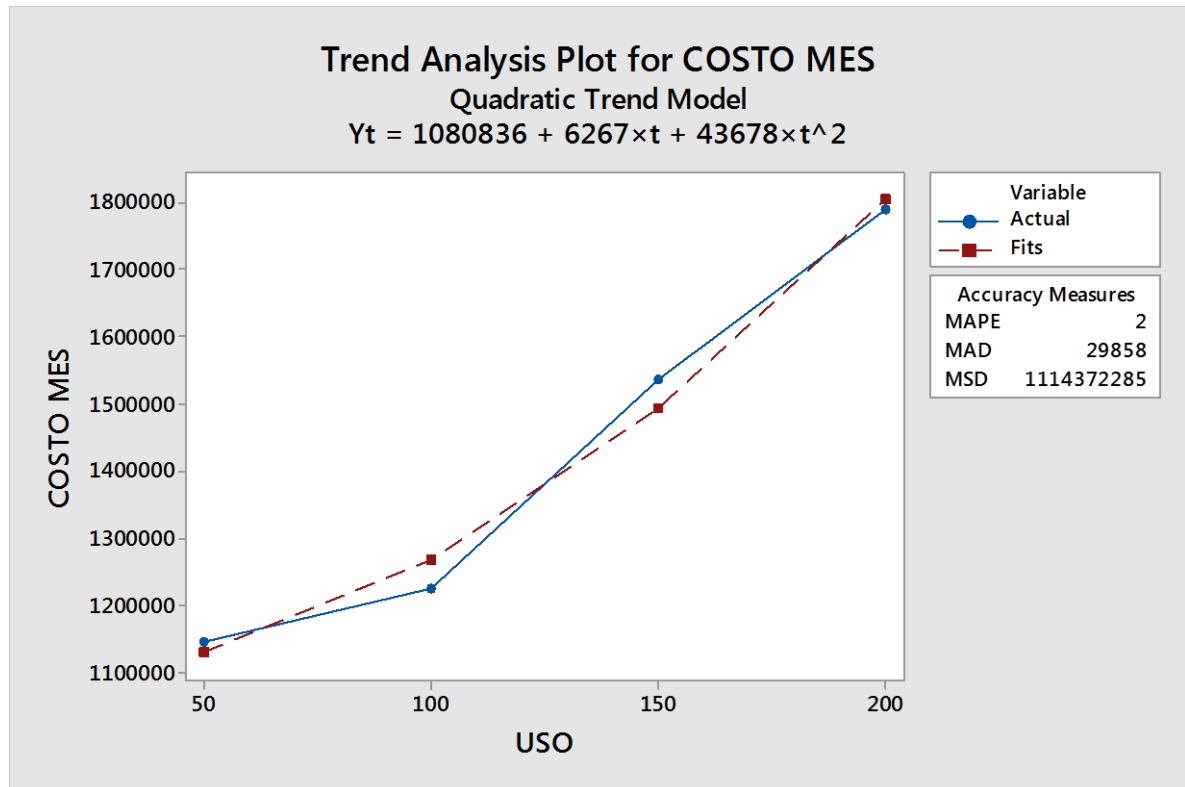
Figura 16. Costos de Mantenimiento 200 KM/DIA



En general se observa que a medida que el equipo es usado más, todos los costos variables incrementan. Finalmente para el caso de equipos de más de 200 km/día, acá se encuentran equipos que durante la mayor parte del turno están siendo conducidos, y en estos casos se encuentran los equipos que funcionan como taxis, su función es transportar el personal de un lado a otro y siempre están

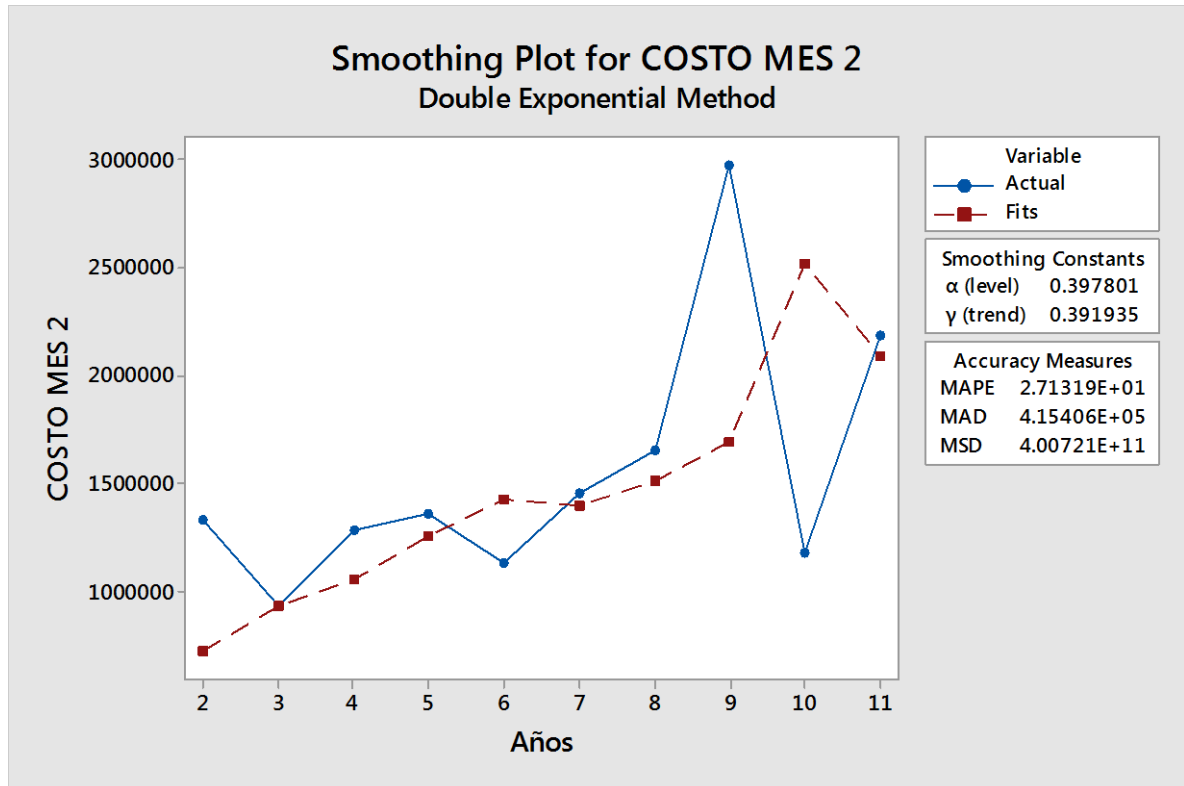
rodando. Estos son los equipos de mayor exigencia por ende son mayores sus costos de mantenimiento ya que tienen una rutina especial para garantizar la confiabilidad de los equipos.

Figura 17. Costos mes promedio tendencia por uso



Haciendo el análisis de tendencia se encuentra que los datos encajan en un modelo de tendencia cuadrático en donde a medida que se incrementa el uso del equipo tienen a aumentar los costos de mantenimientos cuadráticamente. El error al modelo referenciado por la función  $Y(t) = 1080836 + 6267 \times t + 43678 \times t^2$  es del 2% y es viable para poder tomar proyectar posibles costos de una flota de diferentes edades. Sin embargo es importante entender el comportamiento individual.

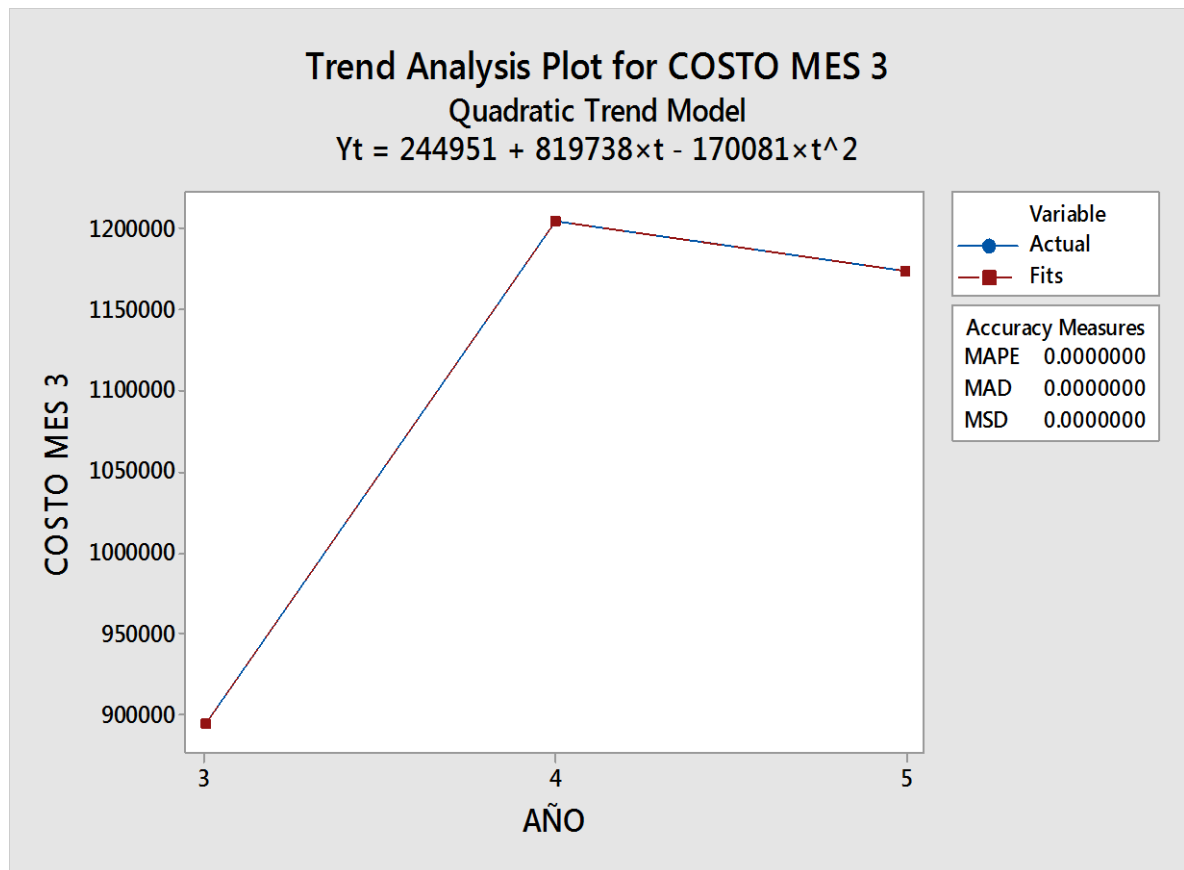
Figura 18. Tendencia por año



En la anterior gráfica se representa el costo promedio mes de mantenimiento por año de uso del vehículo. A pesar que se observa una tendencia creciente no es posible determinar un modelo probabilístico adecuado a razón que la variable uso es la determinante en la tendencia de los costos como se evidencio anteriormente. En general los componentes de un vehículo tienden gradualmente a deteriorarse con el tiempo, pero quizás el más importante es el chasis. En diferentes evaluaciones de equipos desempeñados en la condición extrema de la empresa en cuestión, se evidencia reparaciones de tipo overhaul de latonería y pintura entre 5 y 6 años. Es por esto que a partir del cuarto año hay un incremento considerable en los costos y luego a los 9 años se encuentra otro pico ya que muy probable que fue requerida otra intervención mayor.

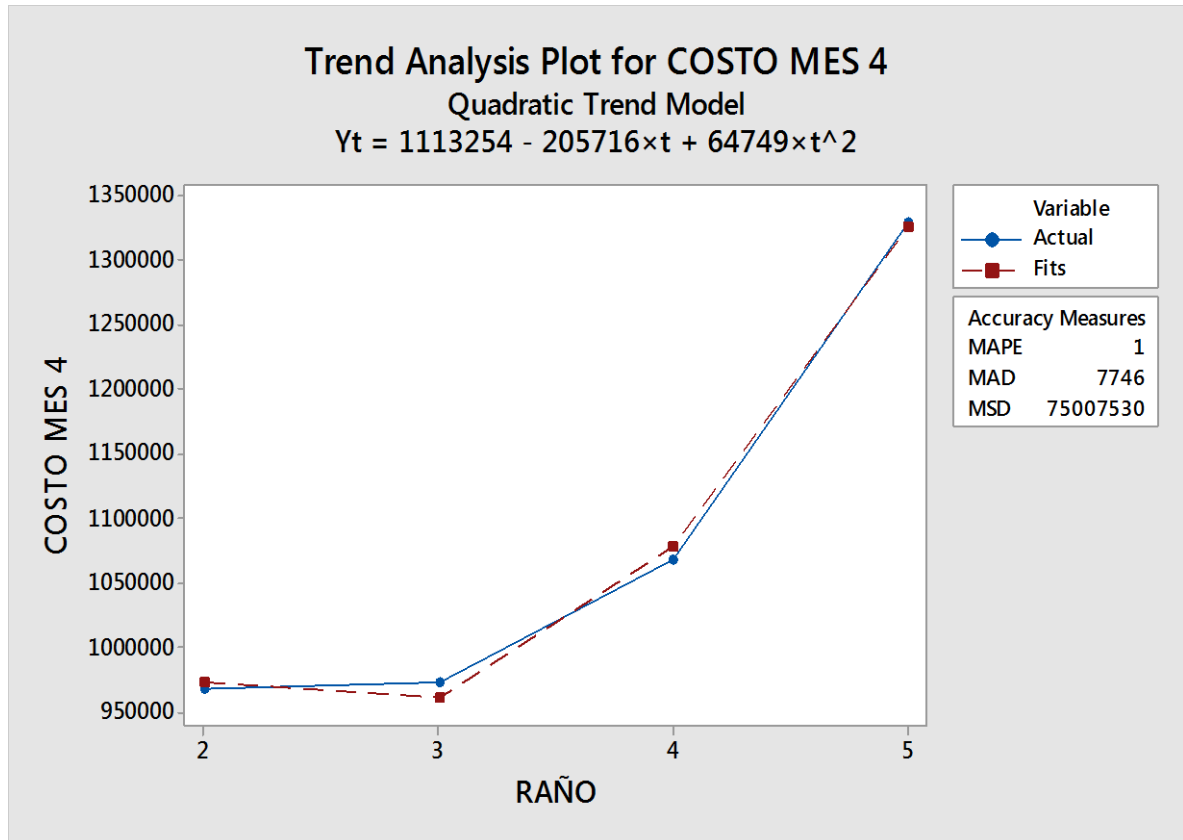
Este tipo de intervenciones consisten en cambio completo de pisos de cabina y vagón, cambio de parales de puertas, puentes, cara de vaca entre otros componentes de latonería del vehículo.

Figura 19. Tendencia para rango 50 KM/DIA



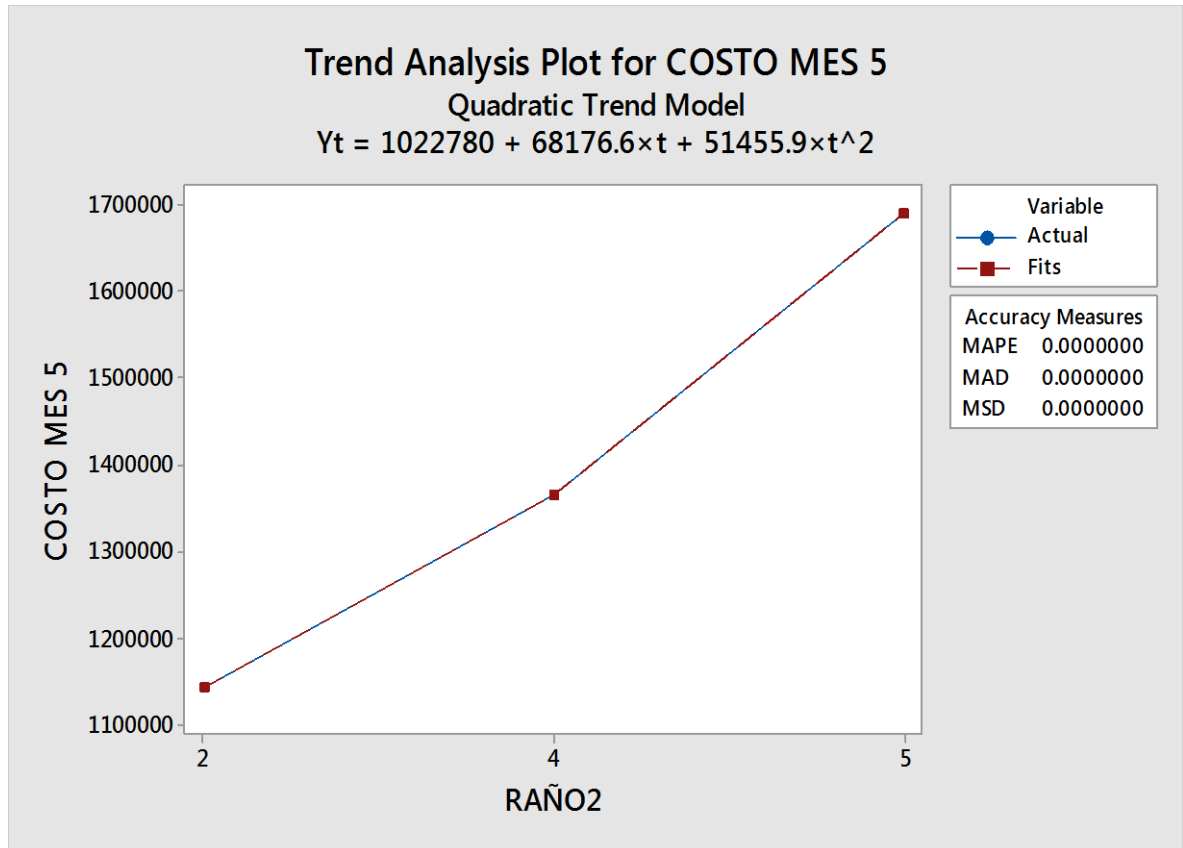
En la gráfica expuesta se muestra la tendencia del costo de mantenimiento dependiendo de los años operados por los vehículos para equipos que recorren 50 km /día. Se observa que el modelo encaja perfectamente en un modelo probabilístico cuadrático y como se explicó anteriormente entre 4 y 5 años los costos se incrementan debido a fallas estructurales del equipo propias del desempeño en condiciones climáticas adversas.

Figura 20. Tendencia costos 100 KM/DIA



Esta gráfica es la más adecuada para representar el comportamiento de la totalidad de la flota ya que en promedio de uso de los equipos oscila en el rango de 50-100 km/día. Nuevamente sigue mostrando una tendencia cuadrática en donde el costo de mantenimiento es menor entre los primeros años de uso mientras que se observa un incremento importante después del cuarto año de uso en donde nuevamente entran las reparaciones estructurales del equipo. Esta fórmula de reemplazo puede ser la indicada para evaluar las alternativas de reemplazar, mantener o rentar un equipo. Para tener información más detallada se evaluarán todas las alternativas.

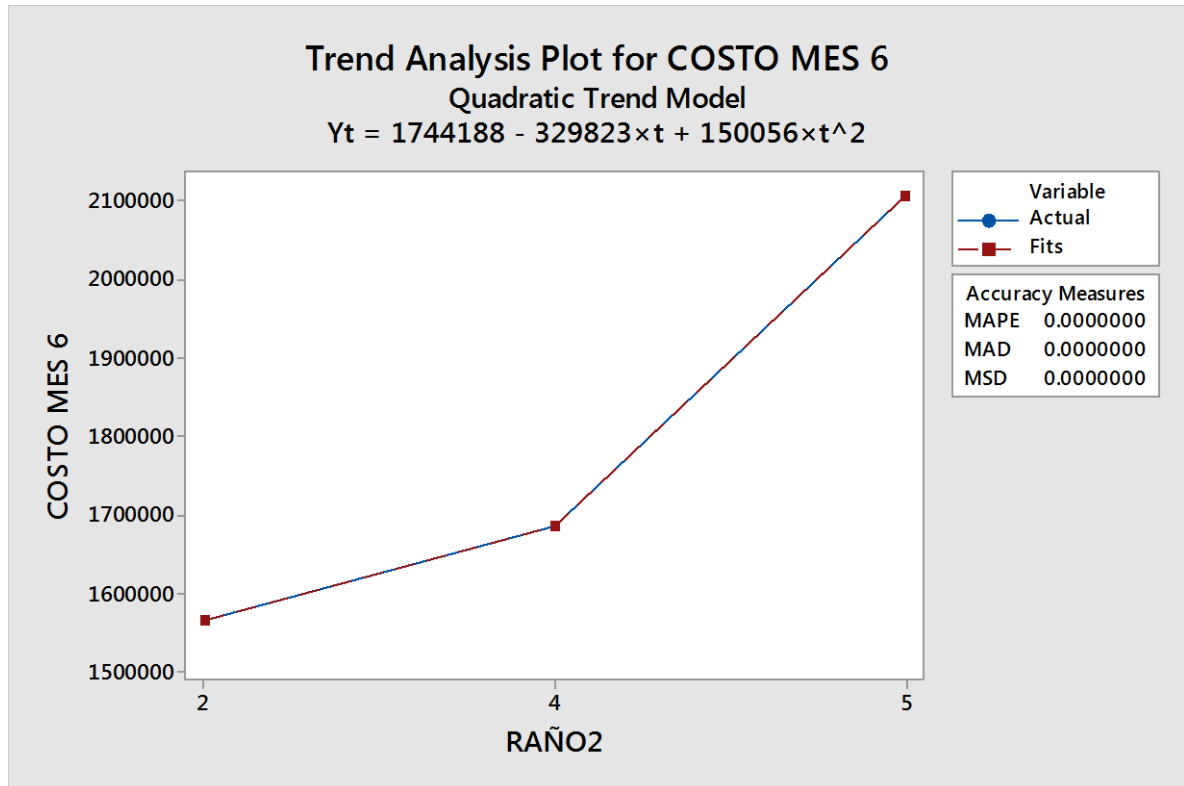
Figura 21 Tendencia Costos 150 KM/DIA



Para equipos entre 100-150 km/día se observa que igualmente puede representarse mediante una tendencia cuadrática con la principal diferencia que el costo inicial de partida es superior al de 100 km/día y esto se explica por las frecuencias establecidas preventivas y los correctivos normales requeridos por desgaste de los componentes de la camioneta.

Finalmente el último grupo estudiado es el de equipos de rango de más de 150 km /día. Esto representa los equipos con mayor exigencia en la operación que por ende requieren mantenimientos más frecuentes. Por lo menos una vez al mes deben tener una intervención y en ocasiones hasta cada 2 semanas, y los más críticos en uso cada semana es necesario algún tipo de intervención. Se observa

Figura 22. Tendencia costos 200 KM/DIA

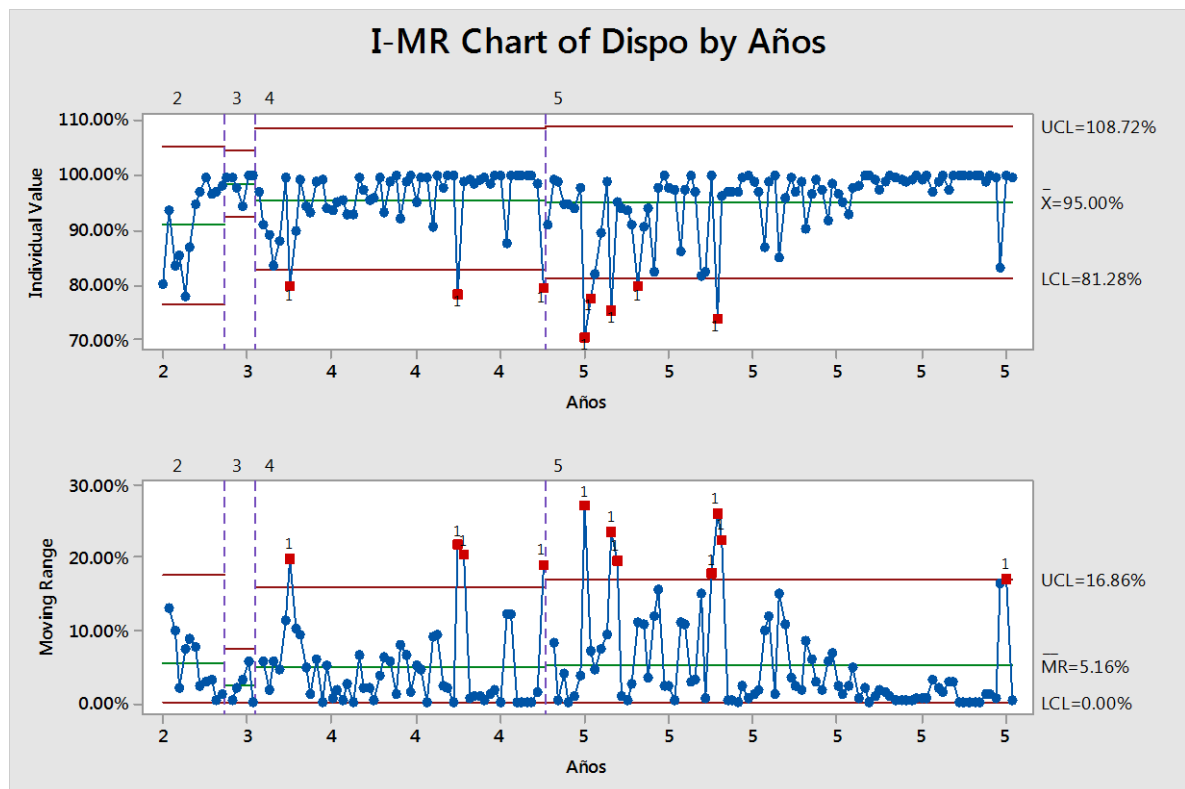


que cumplen también con una tendencia probabilística cuadrática, y que rápidamente se incrementa el costo del 4 al 5 año. La razón es que estos vehículos en su quinto año no solo requieren intervención en latonería y pintura. Además estos equipos alcanzan 200 mil kilómetros en este tiempo en donde la camioneta empieza a mostrar señales como consumo alto de combustible o humo negro en el escape y revisando se muestra desgaste en anillos del motor por lo que requiere una intervención de tipo overahaul, igualmente se requiere estandarización y mantenimiento a la caja de velocidades. Esto hace que pueda resultar intuitivo el pensar que una decisión de reemplazo surja antes que los equipos lleguen a tal punto. Dependiendo de variables macroeconómicas como la tasa de cambio puede inclusive agravar la situación incrementando el costo de mantenimiento. Ante una devaluación como la que Colombia hoy día a mantenido y que inicio desde mediados del año pasado los costos de productos importados

han subido a tal punto que el incremento en partes ha sido de hasta un 30% en los últimos 6 meses. Esto incrementa la necesidad de tomar una decisión oportuna de reemplazo.

### 3.3 DISPONIBILIDAD

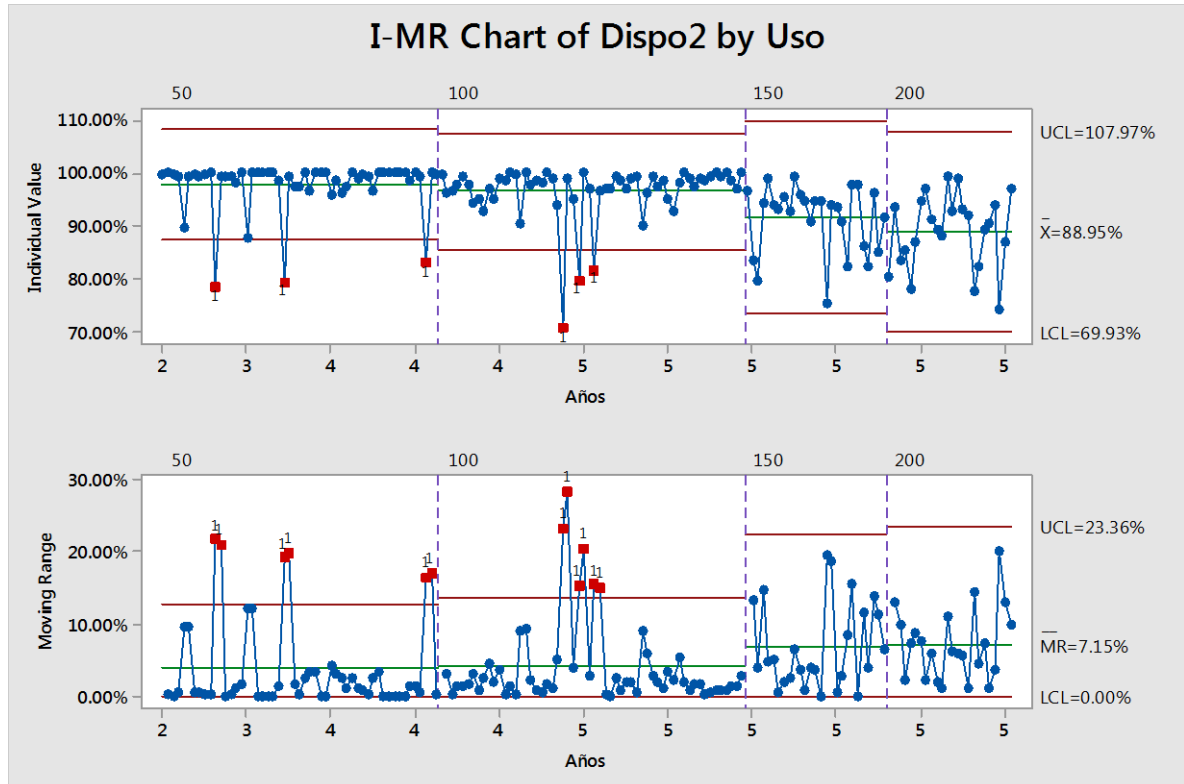
Figura 23. Disponibilidad por año



De la gráfica anterior se puede observar equipos con 2 años de uso tienen la peor disponibilidad y esto se debe a que en este grupo la mayor cantidad de equipos están recorren más de 200 km/día. Los equipos de 3 años muestran el mejor desempeño y vale la pena mencionar que estos vehículos operan entre 0-100 km por día por lo que tiene baja exigencia lo cual correlaciona con el excelente desempeño. Adicional a no usarse mucho requieren mantenimientos menos frecuentes. Los equipos entre 4 y 5 años representan la gran mayoría de los equipos y a pesar de que en promedio tienen una buena disponibilidad hay varios

puntos fuera de control que demuestra que ha habido afectaciones en el proceso que fueron trasladadas a las áreas operativas.

Figura 24. Disponibilidad por Uso

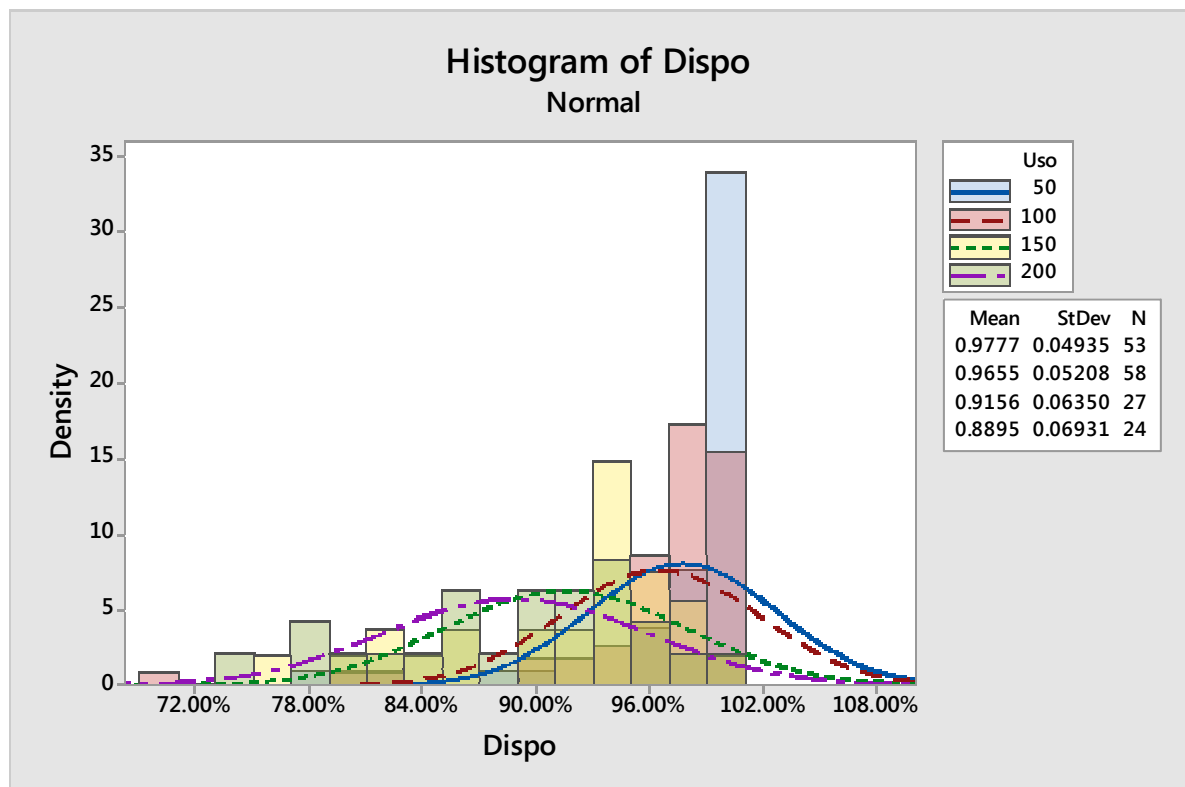


En cuanto a la disponibilidad por uso se muestra claramente que a medida que aumenta el uso de los equipos la disponibilidad tiende a deteriorarse. Los equipos que se usan más de 200 mil km/día presentan una disponibilidad del 88.9%. Pero esto es algo de esperarse dado que un vehículo con esta exigencia recorre al mes 6000 km por lo que por lo menos 1 mantenimiento preventivo debe hacerse. Estos mantenimientos tienen duración de 12 horas para 5000 mil km, 24 horas para 20 mil kilómetros y 48 horas para 42 mil km. Esto quiere decir que en el mejor de los casos, cuando tenga una rutina de 5000 km el equipo podrá tener una disponibilidad del 98.3%, esto es 12 horas down de 720 horas posibles

durante el mes. Pero durante la ejecución del mantenimiento por lo general ocurren complicaciones que hacen que este tiempo sea mayor. Por ejemplo en tiempo de lluvia se generan picos de daños operacionales por lo que existen tiempos a espera de ser atendido que afectan directamente la disponibilidad.

En la gráfica a continuación se analizan las disponibilidades para los diferentes tipos de uso y se observa una disponibilidad del 97.7% para 53 equipos que se usan 50 km/día, 96.55% para 58 equipos que se usan entre 50-100 km/día. Ya en los equipos de más de 100 km/día se ven disponibilidades del 91% al 88% como fue explicado anteriormente por la exigencia de estos vehículos.

Figura 25. Distribución de disponibilidad



#### 4. METODOLOGIA PARA LA DECISION DE REEMPLAZO

Dentro de la primera propuesta para el modelo de reemplazo se empieza por comparar si es mejor comprar un equipo nuevo y mantenerlo o evaluar diferentes alternativas como el Renting. Esto puede desarrollarse a través de un modelo financiero que con ayuda de la herramienta Excel permitirá evaluar diferentes escenarios correspondientes a las diferentes categorías antes vistas.

Para iniciar el modelo principalmente se deben traer las variables macroeconómicas que influyen en la toma de decisión. Estas pueden ser consultadas en la página de banco de la república en donde analistas locales y extranjeros trimestralmente están haciendo pronósticos de las principales variables que mueven los costos en el país.

Tabla 2. Proyección de variables macroeconómicas para 2016

	Crecimiento del PIB real (porcentaje)	Inflación IPC	Tasa de Cambio Nominal fin de	DTF Nominal (porcentaje)	Déficit Fiscal (porcentaje del PIB)	Tasa de desempleo en trece ciudades (porcentaje)
<b>Analistas Locales</b>						
Alianza Valores <sup>#1</sup>	2.00	7.12	3,600	7.00	3.90	13.20
ANIF	2.50	6.20	n.d	7.20	3.40	9.20
Banco de Bogotá	3.00	5.80	3,050	7.32	3.60	9.50
Bancolombia	2.60	5.40	3,250	7.24	3.60	10.30
BBVA Colombia <sup>#1</sup>	2.00	6.20	3,100	7.67	3.90	10.00
BTG Pactual	2.30	5.88	3,260	n.d	3.60	9.80
Corficolombiana	2.70	5.30	2,750	6.50	3.60	9.30
Corpbanca <sup>#2</sup>	2.50	6.30	3,025	7.32	3.40	11.20
Corredores Davivienda <sup>#1,3</sup>	2.60	6.80	3,100	6.75	3.60	9.89
Credicorp Capital <sup>#4</sup>	2.30	5.30	2,900	6.50	3.10	10.30
Davivienda <sup>#1</sup>	2.60	6.80	3,100	6.75	3.60	9.89
Fedesarrollo	2.50	6.00	n.d	7.75	3.00	n.d
Ultraserfinco <sup>#5</sup>	2.80	6.10	2,950	6.70	n.d	9.58
<b>Promedio</b>	<b>2.49</b>	<b>6.09</b>	<b>3,098.64</b>	<b>7.06</b>	<b>3.53</b>	<b>10.18</b>
<b>Analistas Externos</b>						
Citibank-Colombia	2.40	5.00	2900	6.80	3.60	10.00
Deutsche Bank	2.40	6.20	3,253	n.d	4.00	9.70
Goldman Sachs	2.20	5.40	3,600	n.d	3.80	n.d
JP Morgan	2.20	6.60	3,100	n.d	3.60	n.d
<b>Promedio</b>	<b>2.30</b>	<b>5.80</b>	<b>3,213.25</b>	<b>6.80</b>	<b>3.75</b>	<b>9.85</b>

Fuente: <http://www.banrep.gov.co/es/encuesta-proyecciones-macroeconomicas>

Tabla 3. Proyección variables macroeconómicas para 2017

	Crecimiento del PIB real (porcentaje)	Inflación IPC	Tasa de Cambio Nominal fin de
<b>Analistas Locales</b>			
Alianza Valores	2.50	5.30	3,800
ANIF	3.40	4.00	n.d
Banco de Bogotá	3.50	3.50	3,100
Bancolombia	2.90	3.16	3,140
BBVA Colombia	3.00	4.10	2,800
BTG Pactual	3.10	3.70	3,350
Corficolombiana	3.20	3.70	2,500
Corpbanca <sup>11</sup>	3.70	4.08	2,930
Corredores Davivienda <sup>12</sup>	3.70	4.00	n.d
Credicorp Capital <sup>13</sup>	3.20	3.30	2,600
Davivienda	3.70	4.00	n.d
Fedesarrollo	3.00	4.00	n.d
Ultraserfinco <sup>14</sup>	3.20	4.17	2,850
<b>Promedio</b>	<b>3.24</b>	<b>3.92</b>	<b>3,007.78</b>
<b>Analistas Externos</b>			
Citibank-Colombia	3.00	3.70	2,900
Deutsche Bank	3.10	4.00	n.d
Goldman Sachs	2.70	3.50	3,660
JP Morgan	3.20	n.d	3,200
<b>Promedio</b>	<b>3.00</b>	<b>3.73</b>	<b>3,253.33</b>

Fuente: <http://www.banrep.gov.co/es/encuesta-proyecciones-macroeconomicas>

Es posible trabajar con las variables promedio e inclusive trabajar sensibilidades sobre los efectos que pueden tener un cambio en la tasa o en la inflación.

Utilizando los modelos probabilísticos analizados en el punto anterior se puede evaluar alternativas de inversión para cada categoría de equipo que ayude a tomar una decisión sobre hasta qué punto es rentable seguir manteniendo los equipos en las condiciones actuales del mercado.

La primera categoría a analizar es la de equipos de 100 km/día, siendo aquellos que caracterizan el comportamiento promedio de la flota. Iniciamos con evaluar el costo que tiene un equipo de 100 km/día en cada año para proyectarlo en un flujo de la siguiente forma:

Tabla 4. VPN para camionetas con uso promedio 100 km /día

IPC	1	6.09	3.73	3.73	3.73
	2	3	4	5	
FLUJO DE CAJA SITUACION ACTUAL	2016	2017	2018	2019	2020
Detalle de Gasto	Total ano	Total ano	Total ano	Total ano	Total ano
Total Pesos	\$11,667,444	\$11,529,816	\$12,946,164	\$15,916,488	\$20,440,788
Inversión	\$ 80,000,000				
Total flujo	\$91,667,444	\$ 12,231,981.79	\$ 13,429,055.92	\$ 16,510,173.00	\$ 21,203,229.39
<b>VPN</b>					
\$109,138,597.10					

Como se observa los flujos se proyectan según la fórmula hallada de comportamiento mensual se calcula el costo anual equivalente y este a su vez se incrementa cada año en el IPC esperado de cada año.

Con esto es posible determinar a costo de hoy lo que representa la forma como está operando la empresa analizada. Esto quiere decir que la inversión de comprar un equipo de COP 80M y mantenerlo por 5 años representa un valor presente neto descontado al 20% COP 109M. El valor del 20% es una tasa supuesta de rentabilidad de la empresa o tasa de oportunidad como ya fue explicada anteriormente, si la empresa decidiera no invertir en estos equipos podría optar por otro negocio que rindiera un 20%.

Se evaluarán diferentes escenarios con el fin de determinar si la empresa está tomando la decisión acertada al momento de esperar hasta 5 años para reemplazar. Para empezar se revisará el caso que la empresa decidiera reemplazar en 4 años en vez de cada 5.

Tabla 5. VPN para camionetas con uso promedio 100 km /día reemplazo a 4 años

IPC	6.09	3.73	3.73	3.73	
	1	2	3	4	5
FLUJO DE CAJA SITUACION ACTUAL	2016	2017	2018	2019	2020
Detalle de Gasto	Total ano	Total ano	Total ano	Total ano	Total ano
Total Pesos	\$11,667,444	\$11,529,816	\$12,946,164	\$15,916,488	\$11,667,444
Inversión	\$ 80,000,000				\$ 80,000,000
Total flujo	\$91,667,444	\$ 12,231,981.79	\$ 13,429,055.92	\$ 16,510,173.00	\$ 92,102,639.66
<b>VPN</b>					
\$137,631,479.96					

Para este caso el VPN a 5 años y una tasa de descuento del 20% se obtiene un VPN DE COP 137M.

Ahora para el caso de 3 años se obtiene un VPN @20% evaluado a 5 años de COP\$141.8M siendo este inclusive superior al reemplazo cada 4 años.

Tabla 6. VPN para camionetas con uso promedio 100 km /día reemplazo a 3 años

IPC		6.09		3.73		3.73		3.73	
		1	2	3	4			5	
FLUJO DE CAJA SITUACION ACTUAL		2016	2017	2018	2019	2020			
Detalle de Gasto		Total ano	Total ano	Total ano	Total ano	Total ano			
Total Pesos		\$11,667,444	\$11,529,816	\$12,946,164	\$11,529,816	\$11,667,444			
Inversión	\$	80,000,000		80,000,000					
Total flujo		\$91,667,444	\$ 12,231,981.79	\$ 13,429,055.92	\$ 91,959,878.14	\$ 12,102,639.66			
<b>VPN</b>									
\$141,867,127.37									

Tabla 7. VPN para camionetas con uso promedio 100 km /día reemplazo a 2 años

IPC		6.09		3.73		3.73		3.73	
		1	2	3	4			5	
FLUJO DE CAJA SITUACION ACTUAL		2016	2017	2018	2019	2020			
Detalle de Gasto		Total ano	Total ano	Total ano	Total ano	Total ano			
Total Pesos		\$11,667,444	\$11,529,816	\$11,667,444	\$11,529,816	\$11,667,444			
Inversión	\$	80,000,000		80,000,000					
Total flujo		\$91,667,444	\$ 12,231,981.79	\$ 92,102,639.66	\$ 11,959,878.14	\$ 12,102,639.66			
<b>VPN</b>									
\$148,815,574.75									

Ahora es posible armar una tabla con los diferentes casos para ver el valor presente neto incremental de cada alternativa.

Tabla 8. Resultados consolidados caso base camionetas con uso de 100 km/día

Tiempo de Reemplazo	5 años	4 años	3 años	2 años
VPN 5 AÑOS @ 20% COP\$M	109	137	141	148
VPN Incremental		28	32	39

La tabla anterior muestra como el reemplazar antes de 5 años no es una opción dado que resulta más costoso. Para el caso de 4 años resulta COP 28M menos rentable, para 3 años 32 y este resultado sigue incrementando conforme se reduzca el tiempo de reemplazo. Ahora es pertinente evaluar qué pasa si se opta por reemplazar un poco más tarde. Es decir, comparar entre reemplazar por ejemplo a 6 años en vez de 5. Nótese que cuando se dice que se reemplaza cada 5 años es que al finalizar el quinto año se hace nuevamente la inversión que realmente se desembolsaría en el sexto año. Por esto para realizar la comparación a siete años y se evaluarán las alternativas para reemplazar a 4, 5 y 6 años.

Tabla 9. VPN @ 20% a 7 años para reemplazo camionetas cada 4 años con uso 100 Km/día

IPC	1	6.09	3.73	3.73	3.73	3.73	3.73	3.73
	1	2	3	4	5	6	7	
AÑOS	2016	2017	2018	2019	2020	2020	2020	
CONCEPTOS	Total ano	Total ano	Total ano	Total ano	Total ano	Total ano	Total ano	Total ano
Total Pesos	\$11,667,444	\$11,529,816	\$12,946,164	\$15,916,488	\$11,667,444	\$11,529,816	\$12,946,164	
Inversión	\$ 80,000,000				\$ 80,000,000			
Total flujo	\$91,667,444	\$ 12,231,981.79	\$ 13,429,055.92	\$ 16,510,173.00	\$ 92,102,639.66	\$ 11,959,878.14	\$ 13,429,055.92	
<b>VPN</b>								
\$145,384,621.99								

Tabla 10. VPN @ 20% a 7 años para reemplazo camionetas cada 5 con uso 100 Km/día

IPC	1	6.09	3.73	3.73	3.73	3.73	3.73	3.73
	1	2	3	4	5	6	7	
AÑOS	2016	2017	2018	2019	2020	2020	2020	
CONCEPTOS	Total ano	Total ano	Total ano	Total ano	Total ano	Total ano	Total ano	Total ano
Total Pesos	\$11,667,444	\$11,529,816	\$12,946,164	\$15,916,488	\$20,440,788	\$11,667,444	\$12,946,164	
Inversión	\$ 80,000,000					\$ 80,000,000		
Total flujo	\$91,667,444	\$ 12,231,981.79	\$ 13,429,055.92	\$ 16,510,173.00	\$ 21,203,229.39	\$ 92,102,639.66	\$ 13,429,055.92	
<b>VPN</b>								
\$143,731,387.82								

Tabla 11. VPN @ 20% a 7 años para reemplazo camionetas cada 6 años con uso 100 Km/día

IPC	1	6.09	3.73	3.73	3.73	3.73	3.73	3.73
	1	2	3	4	5	6	7	
AÑOS	2016	2017	2018	2019	2020	2020	2020	
CONCEPTOS	Total ano	Total ano	Total ano	Total ano	Total ano	Total ano	Total ano	Total ano
Total Pesos	\$11,667,444	\$11,529,816	\$12,946,164	\$15,916,488	\$20,440,788	\$26,519,064	\$11,667,444	
Inversión	\$ 80,000,000						\$ 80,000,000	
Total flujo	\$91,667,444	\$ 12,231,981.79	\$ 13,429,055.92	\$ 16,510,173.00	\$ 21,203,229.39	\$ 27,508,225.09	\$ 92,102,639.66	
<b>VPN</b>								
\$144,055,202.41								

Lo anterior es posible resumirlo en la siguiente tabla en donde claramente se muestra que la opción de reemplazar a 5 años es la mejor opción dado que implica un menor costo en el tiempo evaluado. Sin embargo cabe mencionar que la diferencia entre tomar una u otra decisión es de tan solo COP 1M en 7 años por lo que realmente entran otras variables de peso a la hora de tomar la decisión de reemplazo tales como la disponibilidad.

Tabla 12. Consolidado de resultados caso 100 Km/día con VPN 7 años @ 20%

Tiempo de Reemplazo	5 años	4 años	6 años
VPN 7 AÑOS @ 20% COP\$M	143	145	144
VPN Incremental		2	1

Como fue demostrado en el punto 3, la disponibilidad de los equipos tiende a volverse más dispersa o fuera de control con respecto al equipo tiene más años de uso. Se encuentra mayor cantidad de puntos fuera de la carta de control. Es sucede principalmente por equipos que antes del tiempo de reemplazo llegaron al punto de una intervención de tipo overhaul de latonería y pintura o motor. Las cuales duran promedio 15 y 10 días respectivamente e impactan de manera importante la disponibilidad. Debido al volumen de la flota la empresa decide por reemplazar en grupos grandes de equipo para poder acceder a precios diferenciales en los equipos. Por esta razón durante el tiempo de negociación de equipos hay vehículos que llegan al punto de requerir intervenciones mayores.

Ahora se procede a evaluar los equipos con uso más extremo, aquellos que recorren más de 150 km /día. Para este caso de una vez se va a evaluar el valor presente neto esta vez a 7 años.

Se empieza por revisar el caso base en que los equipos se reemplacen a 5 años.

Tabla 13. VPN @ 20% a 7 años para reemplazo camionetas cada 5 años uso mayor a 150 Km/día

IPC	1	2	3	4	5	6	7
AÑOS	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022
CONCEPTOS	Total año	Total año	Total año	Total año	Total año	Total año	Total año
Total Pesos	\$18,773,016	\$20,217,120	\$25,262,568	\$33,909,360	\$46,157,496	\$18,773,016	\$20,217,120
Inversión	\$ 80,000,000					\$ 80,000,000	
Total flujo	\$98,773,016	\$ 21,448,342.61	\$ 26,204,861.79	\$ 35,174,179.13	\$ 47,879,170.60	\$ 99,473,249.50	\$ 20,971,218.58
<b>VPN</b>							
\$187,740,873.10							

Para este caso se obtiene un VPN COP \$187M en 7 años descontado al 20%. Se asume que los equipos se compran cada 5 años es decir la compra siguiente es a inicios del sexto año.

### Caso reemplazo a 6 años:

Para el caso de equipos que se reemplacen cada 6 años se obtiene un VPN COP \$197M haciendo evidente que una compra un año más tarde no es conveniente para esta empresa.

Tabla 14. VPN @ 20% a 7 años para reemplazo camionetas cada 6 años uso mayor a 150 Km/día

IPC	1	6.09	3.73	3.73	3.73	3.73	3.73
AÑOS	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022
CONCEPTOS	Total ano	Total ano	Total ano	Total ano	Total ano	Total ano	Total ano
Total Pesos	\$18,773,016	\$20,217,120	\$25,262,568	\$33,909,360	\$46,157,496	\$62,006,976	\$18,773,016
Inversión	\$ 80,000,000						\$ 80,000,000
Total flujo	\$98,773,016	\$ 21,448,342.61	\$ 26,204,861.79	\$ 35,174,179.13	\$ 47,879,170.60	\$ 64,319,836.20	\$ 99,473,249.50
<b>VPN</b>							
	\$197,876,542.21						

### Caso reemplazo a 4 años:

En esta oportunidad se evidencia un valor presente neto inferior al evaluado para 5 años de VPN = COP \$183M.

Tabla 15. VPN @ 20% a 7 años para reemplazo camionetas cada 4 años uso mayor a 150 Km/día

IPC	1	6.09	3.73	3.73	3.73	3.73	3.73
AÑOS	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022
CONCEPTOS	Total ano	Total ano	Total ano	Total ano	Total ano	Total ano	Total ano
Total Pesos	\$18,773,016	\$20,217,120	\$25,262,568	\$33,909,360	\$18,773,016	\$20,217,120	\$25,262,568
Inversión	\$ 80,000,000				\$ 80,000,000		
Total flujo	\$98,773,016	\$ 21,448,342.61	\$ 26,204,861.79	\$ 35,174,179.13	\$ 99,473,249.50	\$ 20,971,218.58	\$ 26,204,861.79
<b>VPN</b>							
	\$183,645,818.70						

### Caso reemplazo a 3 años:

Al evaluar el caso contra 3 años también resulta ligeramente mejor opción que el caso base de reemplazar a 5 años. Con un VPN = COP \$187.3M.

Tabla 16. VPN @ 20% a 7 años para reemplazo camionetas cada 3 años uso mayor a 150 Km/día

IPC	1	2	3	4	5	6	7
	6.09	3.73	3.73	3.73	3.73	3.73	3.73
AÑOS	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022
CONCEPTOS	Total ano	Total ano	Total ano	Total ano	Total ano	Total ano	Total ano
Total Pesos	\$18,773,016	\$20,217,120	\$25,262,568	\$18,773,016	\$20,217,120	\$25,262,568	\$33,909,360
Inversión	\$ 80,000,000			80000000			
Total flujo	\$98,773,016	\$ 21,448,342.61	\$ 26,204,861.79	\$ 99,473,249.50	\$ 20,971,218.58	\$ 26,204,861.79	\$ 35,174,179.13
<b>VPN</b>							
\$187,361,946.64							

Lo anterior es posible resumir en la siguiente tabla en donde se evidencia que la opción de reemplazar cada 5 años para equipos que recorren más de 150 km/día no es una opción recomendada.

La mejor opción resulta reemplazar los equipos cada 4 años lo cual proporciona una ventaja comparativa en costo versus reemplazar cada 5 años. Por otro lado el reemplazar cada 3 años resulta igual de costoso que reemplazar cada 5 años y esto se debe principalmente a que la inversión de capital debería hacerse más frecuente.

Tabla 17. Consolidado de resultados caso 150 Km/día con VPN 7 años @ 20%

Tiempo de Reemplazo	5 años	4 años	6 años	3 años
VPN 7 AÑOS @ 20% COP\$M	187	183	197	187
VPN Incremental		-4	10	0

#### 4.1 EVALUACION DE RENTING

Si se quisiera evaluar una alternativa a la compra, como por ejemplo el rentar equipos, lo primero es escoger la modalidad de arrendamiento que genere menor riesgo para la empresa. El Renting tiene varias modalidades dentro de las cuales para efectos de simplicidad de la evaluación e incluso de una futura administración de un contrato de este tipo, se considerará la opción de Renting a todo costo. Esto incluye todos los mantenimientos preventivos y correctivos requeridos para lograr la disponibilidad que por contrato se pacte. Por lo general el Renting ofrece equipos sustitutos para cumplir con el requerimiento de disponibilidad por lo que esto genera un beneficio adicional. Si dentro de la flota propia actual se tienen

equipos de back up que son el equivalente a los sustitutos este beneficio se tendría adicional. Por ejemplo en promedio la flota en evaluación mostro un 95% de disponibilidad, pero esto logrado teniendo algunos equipos que mientras se presta el mantenimiento preventivo son entregados a los usuarios para que no se vean impactados en disponibilidad. Algunos de estos equipos se encuentran en el rango de bajo uso porque son operados por administradores de flota en las diferentes áreas y este los facilita a la operación cuando se requieren. Lo esto implica es que dependiendo del contrato de arrendamiento se puede inclusive reducir la flota y esto se incluiría dentro de los beneficios económicos del Renting.

Para efectos de este caso lo mejor es partir de la mejor evaluación obtenida en los análisis de costos. En este caso es el de las camionetas que operan 100 km /día y se reemplazan cada 5 años. El valor presente neto de este caso fue de COP \$109M en 5 años descontado al 20% lo cual mensualmente equivale a COP \$ 1.8M. Pues ahora es preciso encontrar un valor de Canon de arrendamiento que permita obtener un VPN menor o igual a COP \$109M evaluado al 20% de tasa de oportunidad. Existen dos formas de negociar el precio de este canon, por medio de una tarifa fija mes o una tarifa que incremente según IPC.

Revisando el caso de tarifa fija mes por 5 años mediante un goal seek en Excel es posible hallar el Canon hoy que represente COP 1.8M de VPN@20% en 5 años.

Tabla 18. Cálculo del canon Renting promedio 100 Km/día

<b>Canon Cop M</b>	<b>3.04</b>				
<b>Años</b>	<b>2016</b>	<b>2017</b>	<b>2018</b>	<b>2019</b>	<b>2020</b>
Costo anual	36.4	36.4	36.4	36.4	36.4
<u>Vpn@12% 5 años</u>	\$109.00				

La anterior demuestra que para la flota promedio el máximo Canon que podría ofrecer el Renting para que haga rentable irse por ese negocio es de COP \$3.04M.

Ahora dentro del análisis no se incluyen los costos de mantenimiento de instalaciones, energía y agua de mantener estas 162 camionetas. Pero este brinda un valor de referencia para negociar.

Ahora si se quisiera evaluar un Renting que sirva para camionetas operativas y administrativas. Nuevamente se requiere tomar el resultado obtenido en la evaluación financiera con un VPN @20% a 5 años de COP \$119M.

Tabla 19. Cálculo del canon Renting 2 años operativos 3 administrativos

<b>Canon Cop M</b>	<b>3.32</b>				
<b>Años</b>	<b>2016</b>	<b>2017</b>	<b>2018</b>	<b>2019</b>	<b>2020</b>
Costo anual	39.8	39.8	39.8	39.8	39.8
<u>Vpn@12% 5 años</u>	\$119.00				

Para este tipo de operación con fines de asegurar que se pueda atender la totalidad de la flota con una fórmula de reemplazos como la que especificamos anteriormente en donde los equipos duran 2 años operativos y luego pasan al personal administrativo el máximo canon esperado seria de COP \$3.32M.

#### 4.2 EL CONCEPTO DE CASCADA

El concepto de cascada funciona cuando la empresa tiene la potestad de escoger en donde operan los equipos. Existe una dinámica normalmente usada en donde los equipos nuevos se entregan primero a los niveles directivos para posteriormente luego de 2 años de uso sean entregados a la operación. Esto va a ser revisado mediante la implementación de una lógica que permita evaluar el

comportamiento de los equipos si estos son reasignados a otra área con diferente exigencia operativa.

En principio se requiere definir las variables de entrada dentro de las cuales se encuentran las que por medio de análisis de costos y rendimiento de los equipos resultan del mejor comportamiento esperado. Dentro de estas variables están:

**Cantidad de categorías** que se requieren definir (Este punto es de preferencia del usuario, entre más categorías permite ser más preciso el análisis pero para un programa dificulta el cálculo y tiende a volver lento el resultado esperado. )

**Kilometraje máximo:** Dentro de los análisis realizados se ha encontrado que los equipos después de 200 mil kilómetros requieren overhauls de latonería y pintura y mecánicos

**Años Máximos:** En las evaluaciones de costo fue evidente que después de 5 años de uso los costos se incrementan exponencialmente por trabajos propios del deterioro estructural del equipo.

**Cantidad de equipos:** Este punto se puede determinar con un simple contador que determine las filas que tienen información en una base de datos.

El primer paso que deberá hacer el programa es dividir los equipos entre la cantidad de categorías definidas por el usuario que interactúe con el problema. El programa debe leer de una base de datos que contenga la siguiente información.

**Edad del equipo:** Tiempo en uso medido en años

**Uso:** Medido en KM/día

**Kilometraje acumulado:** Medido en kilómetros

**Código del Equipo:** Código que caracteriza cada equipo como parte funcional de una organización.

Con estos datos el programa podrá calcular el tiempo remanente de vida de cada equipo de la siguiente forma:

$$\text{Tiempo remanente en años} = (\text{km max} - \text{km acumulado}) / \text{Uso/días año}$$

Una vez realizado esto ya existirán equipos que hayan cumplido el tiempo para reemplazar los cuales serán identificados con tiempo cero. Esto quiere decir que en cero años deberán ser reemplazados, como se muestra en la tabla 20 un ejemplo de cuantos equipos deberían ser reemplazados en el año en curso.

Tabla 20. Ejemplo de años remanentes

# Equipo	Est Acum	Años C	Uso Día 1	Remanentes
equipo1	140,208	1	384	-
equipo8	205,911	3	188	-
equipo12	187,238	4	128	-
equipo16	185,406	4	127	-
equipo17	185,023	4	127	-
equipo24	237,325	6	108	-
equipo27	231,015	6	105	-
equipo29	229,961	6	105	-
equipo45	193,270	6	88	-
equipo62	190,778	7	75	-
equipo68	192,132	8	66	-
equipo72	207,430	9	63	-
equipo82	190,663	9	58	-
equipo2	95,943	1	263	1
equipo3	95,592	1	262	1
equipo4	92,899	1	255	1
equipo10	167,070	3	153	1

Los equipos deberán adicionalmente organizarse en clases de uso, esto se puede organizar fácilmente en una tabla de Excel que organice los datos en un histograma. Inclusive se podría especificar la cantidad de subdivisiones que se requieren utilizar de la siguiente forma:

Calcula el mínimo de los datos =  $\text{MIN}(\text{Info!F3:F164})$  en el rango de Info!F3:F164 se encuentra la información de uso de los equipos.

Calcula el máximo de los datos =  $\text{MAX}(\text{Info!\$F\$3:\$F\$164})$

**Rango:** Calcula el rango de los equipos Mediante la resta de  $\text{MAX}(\text{Info!\$F\$3:\$F\$164}) - \text{MIN}(\text{Info!F3:F164})$ .

Ahora para determinar la cantidad de categorías de uso seleccionadas por el usuario se requiere dividir el rango de equipos entre la cantidad seleccionada de la siguiente forma:

$\text{Marca} = \text{Rango} / \text{Cantidad de categorías}$  lo cual generará el intervalo de cambio entre rangos por lo que ahora se puede construir el histograma con el mínimo de los datos de uso más la marca, lo cual generaría el primer rango de equipos que cumplan con este criterio.

Para esto se utiliza la formula countif, la cual permite contar los equipos cumpliendo una condición que para este propósito es que sea mayor que el mínimo y menor que el mínimo más la marca. De esta forma se construye el histograma con las categorías que defina el usuario.

Ahora se requiere que mediante la combinación de una lógica If y For se busque la categorización que le permita obtener el número de equipos a reemplazar. Sin embargo es importante establecer un parámetro de prevalencia en una categoría. Esto porque por más que la empresa tenga control sobre la escogencia de uso de sus equipos el cambiarle la camioneta a un operador en menos de 6 meses se pierde el sentido de responsabilidad sobre el vehículo y por otro lado dificulta el control de los recursos.

Para la flota en análisis sin hacer cascada la cantidad de equipos a reemplazar sugerida en 4 años sería la correspondiente al siguiente flujo:

Tabla 21. Resultados sin cascada

	2016	2017	2018	2019	TOTAL
<b>Sin cascada</b>	35	20	27	11	93

Aplicando la cascada se logra una reducción de un 33% de las compras proyectadas con el método de inicio operativa y luego de 2 años pasa a ser administrativa. Para el caso anterior el ahorro en compra de equipos es de 27 equipos que no deberían ser reemplazados antes de tiempo.

Con fines de explicar de sencillamente cómo funciona la cascada se analizará un ejemplo con 2 equipos. Uno con un uso operativo de 200 km /día y otro con un uso administrativo de 50 km/día. Para estos equipos que ambos empezaron a operar en cero kilómetros su comportamiento sería el siguiente:

Tabla 22. Ejemplo sin cascada 2 equipos

USO km/día	KM a diferentes Años de uso				
	1	2	3	4	5
<b>200</b>	73000	146000	219000	73000	146000
<b>50</b>	18250	36500	54750	73000	91250

Nótese que para este caso el equipo con uso de 200 km/día requiere cambio a los 3 años de uso, por lo que al final de los 5 años la empresa tendría que recurrir en una inversión de 3 equipos.

Tabla 23. Ejemplo con cascada 2 equipos

USO km/día	KM a diferentes Años de uso				
	1	2	3	4	5
<b>200</b>	73000	36500	109500	182500	255500
<b>50</b>	18250	146000	164250	182500	200750

Ahora este mismo caso va a evaluarse considerando que a finales del segundo año se hace una cascada. Esto es que el equipo que fue usado con una exigencia de 200 km/día y al cabo de 2 años alcanza un kilometraje acumulado de 146 mil KM, se le entrega al operador con exigencia de 50 km/día. Al mismo tiempo el equipo que en sus primeros 2 años administrativos alcanzó 36.5 mil KM se entrega al operador con alta exigencia. Como se observa en los flujos ambos equipos alcanzan los 200 mil kilómetros en los 5 años. En esta ocasión la empresa solo tuvo que invertir en 2 equipos durante el mismo periodo de tiempo.

#### 4.3 COSTOS DE UNA CASCADA CONTRA CASO BASE

Con el fin de evaluar los beneficios de implementar una cascada en cuanto a menor inversión y gastos operacionales se puede calcular el valor presente neto de la alternativa de cascada versus el caso base que es dejar los equipos operando hasta que duren 5 años para ser reemplazados.

Se puede empezar por revisar la forma como opera la empresa opera actualmente y considerar este el caso base. En donde los equipos operan los primeros años en niveles administrativos con un uso promedio de 50 km/día, y posteriormente se entregan a una operación de la más alta exigencia. En principio se considera que un equipo que en sus 2 primeros años opere a una condición leve de 50 km/día en su segundo año para el tercer año el costo de operación del vehículo al pasarlo a condiciones operativas se puede asemejar a un costo de un equipo de 2 años.

Tabla 24. VPN 5 años @20% caso 2 años administrativa 3 operativa

IPC	1	2	3	4	5
AÑOS	2016	2017	2018	2019	2020
CONCEPTOS	Total ano	Total ano	Total ano	Total ano	Total ano
Total Pesos	\$10,735,296	\$14,449,236	\$20,217,120	\$25,262,568	\$33,909,360
Inversión	\$ 80,000,000				\$ -
Total flujo	\$90,735,296	\$ 15,329,194.47	\$ 20,971,218.58	\$ 26,204,861.79	\$ 35,174,179.13
<b>VPN</b>					
\$125,167,231.65					

En esta ocasión se observa un VPN COP \$125M. Si bien es inferior al costo si se hubiesen dejado los equipos todo el tiempo en condición operativa, aún sigue

siendo más costosa que si se dejara el equipo en un uso promedio de 100 km / día lo cual da un valor presente a 5 años de COP \$109M.

Tabla 25. VPN 5 años @20% caso 2 años operativa 3 administrativa

IPC		6.09		3.73		3.73		3.73			
		1	2	3	4	5					
AÑOS		2016		2017		2018		2019		2020	
CONCEPTOS		Total ano		Total ano		Total ano		Total ano		Total ano	
Total Pesos		\$18,773,016	\$20,930,256	\$14,449,236	\$14,081,232	\$14,449,236					
Inversión	\$	80,000,000								\$	-
Total flujo		\$98,773,016	\$ 22,204,908.59	\$ 14,988,192.50	\$ 14,606,461.95	\$ 14,988,192.50					
<b>VPN</b>											
		\$119,472,074.36									

Esta resulta una opción más adecuada que genera menores costes de mantenimiento. Por otro lado se gana el beneficio de lograr una disponibilidad mayor de las camionetas en su tiempo operativo. Esto genera menor impacto a la empresa. El resultado es un menor coste a 5 años con un VPN descontado al 20% de COP \$119M. Sigue siendo mayor el caso de uso promedio pero es el más cercano y que asegura mitigar el alto impacto de las camionetas netamente operativas.

## 5. CONCLUSIONES

Para esta empresa resulta mejor aplicar una estrategia de reemplazo en el cual los equipos nuevos se ubiquen en condiciones de alta exigencia en sus primeros 2 años para que luego puedan pasar a una categoría de menor uso. Esto le representará no solo un menor costo de operación de los equipos, a su vez logrará un mejor nivel de servicio para la organización brindando una mayor disponibilidad.

El estudio de flotas por medio de categorización presenta una alternativa de análisis más certera que logra caracterizar la flota al punto de poder aplicar modelos predictivos de costos que permitan evitar gastos futuros que resulten menos rentables que la opción de reemplazo.

El Renting es una opción viable para cualquier empresa siempre y cuando el costo de arrendamiento traído a valor presente neto sea menor que todos los costos influyentes en el mantenimiento y compra del equipo traídos a valor presente a la misma tasa de oportunidad y evaluado durante el mismo tiempo de proyección de gastos.

El considerar el concepto de re-categorización o cascada permite a la empresa obtener beneficios adicionales por menor inversión de capital y costos de mantenimiento.

El valor presente neto es una opción confiable para comparar resultados de alternativas de gasto e inversión cuando se evalúa contra una tasa de oportunidad de una empresa determinada.

Se observó preferencia por dar mayor uso a equipos más nuevos lo cual se comprobó que es una práctica costo efectiva, sin embargo se determina que en

empresas con gran cantidad de flotas existen comportamientos diferentes en distintos rangos de uso y edad de flota que hacen que aun equipos con mayor tiempo operativo sean exigidos con un alto uso.

Se encuentra que la empresa pierde dinero cuando opera equipos con más de 5 años con alta exigencia haciendo conveniente un reemplazo inmediato de los equipos en esta condición o una reasignación a áreas con menor exigencia.

El aplicar cascada en la organización puede lograr optimizar el plan de compras futuras asegurando el mayor aprovechamiento de los equipos durante su etapa productiva.

## BIBLIOGRAFIA

COLOMBIA. CORTE CONSTITUCIONAL. Comunicado No 02 Enero 28 y 29 2014. M.P. Nilson Pinilla Pinilla. Por la cual se adopta el Estatuto Nacional de Transporte. Artículo 5º. LEY 336 (20 Dic de 1996). EXPEDIENTE D-9753 - SENTENCIA C-033/14 (Enero 29). P 7.

MORA, Victor Manuel, Análisis de modelos y métodos de renovación de flotas de vehículos por carretera. Enfoque hacia la renovación ecoeficiente. Trabajo de Grado, Ingeniería industrial. Universidad de Sevilla, España. Dpto. Organización Industrial y Gestión de Empresas. Escuela técnica superior de ingeniería, 2011-2012. P 88-99. <http://bibing.us.es/proyectos/abreproy/5096>

PARTHANA, Parthanadee; JIRACHAI, Buddhakulsomsiri y PEERAYUTH, Charnsethikul. A study of replacement rules for a parallel fleet replacement problem based on user preference utilization pattern and alternative fuel considerations. EL SERVIER. Computers & Industrial Engineering. <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S036083521200023Xc>

RUSSO, John y ORTEGA, Alexandra Milena. La incursión del contrato de RENTING en Colombia y su desarrollo en ausencia de una normativa propia. Trabajo de Grado Abogado. Bucaramanga: Universidad Industrial de Santander de Colombia. Facultad de Ciencias Humanas. Escuela de derecho, 2011. P 26-28.

VILLARREAL, Arturo. Evaluación Financiera de proyectos de inversión. Editorial Norma, 1988. Bogotá. Pg (32-51).