



**FACULTAD DE CIENCIAS ADMINISTRATIVAS Y RECURSOS HUMANOS
SECCIÓN DE POSGRADO**

**REEMPLAZO DE FLOTA DE BUSES ARTICULADOS A GAS
NATURAL EN EMPRESAS DE TRANSPORTE URBANO QUE
OPERAN EN CORREDORES SEGREGADOS EN LIMA-PERÚ**

PRESENTADA POR

**RAUL ANTONIO DUEÑAS VILLANUEVA
LUIS ENRIQUE ORTECHO RODRÍGUEZ**

ASESOR

JOSÉ OVIDIO FLORES

TESIS

**PARA OPTAR EL GRADO ACADÉMICO DE MAESTRIA EN ADMINISTRACIÓN
DE NEGOCIOS - MBA**

LIMA – PERÚ

2020



CC BY-NC

Reconocimiento – No comercial

El autor permite transformar (traducir, adaptar o compilar) a partir de esta obra con fines no comerciales, y aunque en las nuevas creaciones deban reconocerse la autoría y no puedan ser utilizadas de manera comercial, no tienen que estar bajo una licencia con los mismos términos.

<http://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0/>



**FACULTAD DE CIENCIAS ADMINISTRATIVAS Y RECURSOS HUMANOS
SECCIÓN DE POSGRADO**

TESIS

**REEMPLAZO DE FLOTA DE BUSES ARTICULADOS A GAS
NATURAL EN EMPRESAS DE TRANSPORTE URBANO QUE
OPERAN EN CORREDORES SEGREGADOS EN LIMA-PERÚ**

**PARA OPTAR
EL GRADO ACADÉMICO DE MAESTRIA EN ADMINISTRACIÓN
DE NEGOCIOS - MBA**

**PRESENTADO POR:
RAUL ANTONIO DUEÑAS VILLANUEVA
LUIS ENRIQUE ORTECHO RODRÍGUEZ**

**ASESOR:
Dr. JOSÉ OVIDIO FLORES**

LIMA, PERU

2020

ÍNDICE DE CONTENIDO

| | |
|--|------------|
| RESUMEN | v |
| ABSTRACT | vi |
| INTRODUCCIÓN | vii |
| CAPITULO I : MARCO TEORICO | 1 |
| 1.1 Antecedentes de la investigación | 1 |
| 1.2 Bases teóricas | 4 |
| 1.2.1 Aspectos estadísticos | 4 |
| 1.2.2 Aspectos económicos | 5 |
| 1.2.3 Enfoques para el análisis de costos de ciclo de vida | 8 |
| 1.2.4 Simulación de Montecarlo | 12 |
| 1.3 Definición de términos básicos | 13 |
| CAPITULO II : HIPÓTESIS Y VARIABLES | 15 |
| 2.1 Formulación de hipótesis principal y derivadas | 15 |
| 2.2 Variables y definición operacional | 15 |
| 2.2.1. Variable independiente | 15 |
| 2.2.2. Variable dependiente | 16 |
| 2.3. Modelo de relaciones teóricas con las hipótesis | 16 |
| 2.4. Operacionalización de variables | 16 |
| CAPITULO III : METODOLOGÍA | 18 |

| | | |
|---|--|-----------|
| 3.1 | Diseño metodológico | 18 |
| 3.2 | Diseño muestral | 18 |
| 3.3 | Técnicas de recopilación de datos | 18 |
| 3.4 | Técnicas estadísticas para el procesamiento de la información | 19 |
| CAPITULO IV : RESULTADOS | | 21 |
| 4.1 | Análisis costo anual promedio | 21 |
| 4.2 | Análisis método Montecarlo | 23 |
| 4.3 | Análisis de la distribución ajustada para los años de operación | 25 |
| 4.4 | Análisis de la distribución ajustada a los kilómetros recorridos | 27 |
| 4.5 | Análisis de la distribución ajustada para el CAP | 29 |
| 4.6 | Análisis de año óptimo de reemplazo | 31 |
| 4.7 | Análisis Km óptimo de reemplazo | 35 |
| 4.8 | Cálculo de ecuación de superficie año, kilometraje y CAP | 37 |
| 4.9 | Otros métodos de cálculo | 40 |
| CAPITULO V : DISCUSIÓN DE RESULTADOS | | 44 |
| CONCLUSIONES | | 47 |
| RECOMENDACIONES | | 49 |
| REFERENCIAS | | 50 |
| ANEXOS | | 55 |

ÍNDICE DE FIGURAS

| | |
|---|------|
| Figura 1. Distribución del PBI por sectores económicos del Perú..... | viii |
| Figura 2. Transporte publico utilizado 2016..... | ix |
| Figura 3. Método reposición de activos..... | 9 |
| Figura 4. Costo promedio anual | 10 |
| Figura 5. Distribución de kilometraje y años de servicio de 5 buses | 23 |
| Figura 6. Distribuciones de variable años | 26 |
| Figura 7. Distribuciones de Kilometraje Acumulado | 28 |
| Figura 8. Distribuciones para el CAP | 30 |
| Figura 9. Distribución de año de remplazo. Escenario1. | 32 |
| Figura 10. Distribución de año de remplazo. Escenario 2 | 34 |
| Figura 11. Frecuencia de kilómetros primer escenario..... | 36 |
| Figura 12. Frecuencia de Kilómetros Escenario 2..... | 37 |
| Figura 13. Superficie CAP vs Año y Kilómetros, | 39 |
| Figura 14. Reposición de activos del estudio | 41 |
| Figura 15. Costo promedio anual del estudio | 42 |

ÍNDICE DE TABLAS

| | |
|--|----|
| Tabla 1. Porcentajes de depreciación según Sunat | 7 |
| Tabla 2. Relaciones teóricas con las hipótesis..... | 16 |
| Tabla 3. Operacionalización de variables..... | 17 |
| Tabla 4. Costos de operación de un bus en dólares | 22 |
| Tabla 5. Datos de ajuste para variable años | 25 |
| Tabla 6. Datos de Ajuste de Weibull para la Variable años..... | 26 |
| Tabla 7. Kilometraje total por año..... | 27 |
| Tabla 8. Datos de ajuste y parámetros de Weibull para la variable kilómetros | 28 |
| Tabla 9. Prueba de bondad del ajuste..... | 29 |
| Tabla 10. Parámetros de distribución del CAP | 30 |
| Tabla 11. Datos para el diseño de experimentos de los años. Escenario1 | 31 |
| Tabla 12. Datos del escenario 2..... | 33 |
| Tabla 13. Datos del escenario 2..... | 38 |
| Tabla 14. Datos método de reposición de activos..... | 40 |
| Tabla 15. Datos del costo promedio anual del estudio..... | 42 |

RESUMEN

La presente investigación se realizó con el objetivo de determinar el momento óptimo de reemplazo para una flota de buses a gas natural en un corredor segregado en Lima-Perú. La metodología de investigación aplicada es de tipo causal y de diseño experimental y, está basada en la aplicación del análisis cuantitativo de costo de ciclo de vida de buses de transporte urbano. Por el análisis de diferentes escenarios de manera compleja, se usó el ajuste de Weibull para los datos generados aleatoriamente, se aplicó la simulación del método de Montecarlo para ver diferentes escenarios. Este estudio se realizó empleando el presupuesto de costo proyectado de 16 años, y su relación con los años de operación y kilometrajes recorridos; la información de un concesionario del Metropolitano fue utilizada, se seleccionó una muestra de 80 buses articulados de 18 metros. Según los resultados obtenidos en análisis cuantitativo de costo de ciclo de vida, el año óptimo para el reemplazo de la flota es el año 14. Asimismo, utilizando el método Montecarlo se evaluaron dos escenarios, se observó que el punto óptimo es 14 años de operación con un recorrido 1, 000,000 km. Se concluye que entre estos dos escenarios permite la evaluación del momento de reemplazo apropiado y un análisis general de costos durante la vida útil de la flota.

Palabras clave: reemplazo de flota; mejoramiento de costos de operación y mantenimiento; análisis de costos del ciclo de vida; simulación de Montecarlo.

ABSTRACT

This research was carried out with the objective of determining the optimal replacement time for a fleet of natural gas buses in a segregated corridor in Lima-Perú. The applied research methodology was of a causal and experimental design type and is based on the application of the quantitative analysis of the life cycle cost of urban transport buses, Weibull adjustment was used for randomly generated data and the Monte Carlo method simulation was applied to see different scenarios. This study was evaluated with a projected budget of 16 years, to evaluate the cost, years and mileage. The investigation was conducted using data from one of the four Metropolitan dealers. It was applied to a sample of 80 articulated buses of 18 meters. According to the results obtained in quantitative analysis of cost of living, the optimal year for fleet replacement is year 14. Also, using the Monte Carlo method where 10,000 simulations were used, it was observed that the optimum point is 14 years to 1,000,000 km. It is concluded that between these two models it allows not only the evaluation of the appropriate replacement time, but also a general cost analysis during the life of the fleet, which indicates the age, the mileage of use and the unit cost per kilometer in an organized place and simultaneously throughout the life of the vehicle.

Key words: fleet replacement, operation and maintenance cost improvement, life cycle cost analysis, Montecarlo simulation.

INTRODUCCIÓN

La decisión de reemplazar una flota de buses para transporte público es un tema dejado de lado. Los buses se trabajaban indiscriminadamente pensando que se puede sacar la máxima utilidad mientras más trabaje sin considerar los costos involucrados dentro de su operación y mantenimiento, en ciertas ocasiones se utiliza un modelo analítico que nos indica cuando el costo por kilómetro es elevado tomando en cuenta el valor de rescate pero no muestran todos los posibles escenarios que pueden alterar los proyectos de inversión a futuro y permita encontrar el punto más óptimo que evite tener menos pérdidas económicas.

Para el análisis cuantitativo de los datos se utilizaron métodos experimentales, en una población de 80 buses articulados de un sistema de corredores segregados en Lima Perú, que opera con gas natural. Igualmente se utilizaron métodos de regresión de mínimos cuadrados en el análisis del comportamiento casusa efecto de los factores analizados, años y kilómetros con sus respectivos costos, finalmente se utilizaron simulaciones de Montecarlo para validar los mejores escenarios.

Se da una explicación de la problemática que originó el estudio realizado y su impacto en la industria del transporte urbano de pasajeros, posterior a ello se revisaron las investigaciones más importantes a nivel mundial de este tema, teniendo en cuenta sus similitudes y diferencias, con estos resultados. También

se analizó el comportamiento de los países de origen de las investigaciones que sirvieron de referencia.

El transporte en nuestro país es un sector importante dentro del PBI nacional, pues junto a las actividades de almacenamiento, correo y mensajería representó el 5.5% del PBI en el año 2017 (INEI, 2019) Figura 1.

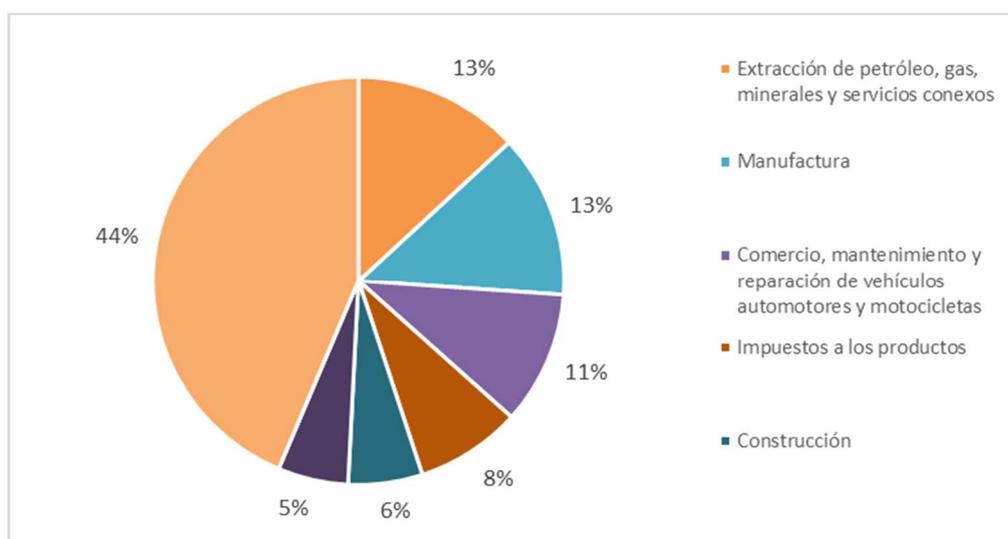


Figura 1. Distribución del PBI por sectores económicos del Perú.

Fuente: INEI (2019).

Según los últimos estudios la antigüedad promedio de las unidades que transitan entre Lima y Callao es de 12.5 años, siendo el promedio de la flota de Lima Metropolitana de 10.98 años, y en el Callao con mayor antigüedad, llegan a los 15 años (Rios, 2019).

La decisión de reemplazo o continuar utilizando un bus representa un punto importante en la estrategia de crecimiento de una empresa. Un reemplazo postergado más tiempo del razonable puede elevar los costos de producción debido a una serie de problemas fáciles de identificar. Un reemplazo prematuro puede ocasionar el desvío de recursos que pudieran tener otras prioridades para

la empresa, además de los costos de oportunidad que implican no trabajar con adecuadas estructuras, óptimos costos y riesgos (Duran, Sojo, & Fuenmayor, 2019).

La gran mayoría de la población (82%) utiliza el transporte público (Figura 2), especialmente las personas de los niveles de menos recursos económicos, a diferencia del transporte en taxi. Según el tipo de vehículo que se utiliza en el transporte público masivo, en la mayoría de los casos usan los buses y las combis 89.2%, el Metropolitano en un 10.5% y en menor medida se encuentra el uso del mototaxi 12.2%, cuyo servicio se encuentra restringido, por lo general, dentro de un distrito, servicio especialmente utilizado por personas de menores recursos (CPI, 2019).

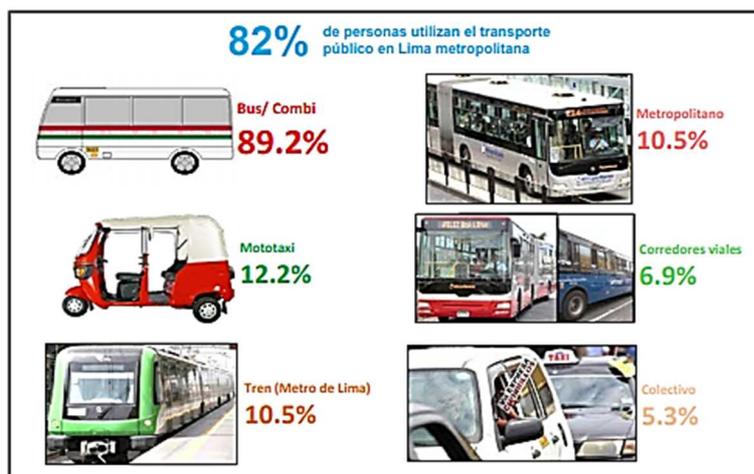


Figura 2. Transporte publico utilizado 2016.

Fuente: CPI (2016)

El metropolitano es un servicio administrado por la municipalidad de Lima, el cual se ha concesionado a cuatro operadores ganadores de la licitación que se rigen por el contrato de concesión (Anexo 1), este contrato detalla los requisitos necesarios para su operación en el corredor segregado, estas son

Perú Masivo, Lima Vías, Lima bus, Transvial, las cuales administran sus propias gestiones de operaciones y mantenimiento en talleres y oficinas independientes, aunque en un patio común.

Según las declaraciones de los concesionarios del metropolitano: Las empresas afirman que en cuatro años iniciando desde el 2010 sus costos de operación (remuneraciones de personal, mantenimiento de buses y precio del gas natural) se incrementaron entre 14% y 16%. Así lo manifestó el abogado de los concesionarios Natale Amprimo, que patrocina a tres de las operadoras (Campuzano, 2019).

La presente investigación se orienta a resolver el siguiente problema general:
¿Cuál es el momento óptimo de reemplazo de flota en empresas de transporte urbano en Lima-Perú?

También se plantean los siguientes problemas específicos que permitirán resolver el problema general:

- ¿Cuál es la influencia de los kilómetros recorridos en el momento óptimo de reemplazo para una flota de buses troncales a gas natural en un corredor segregado en Lima-Perú?
- ¿Cuál es la influencia de los años de uso en el momento óptimo de reemplazo para una flota de buses troncales a gas natural en un corredor segregado en Lima-Perú?
- ¿Es consistente el método Montecarlo en comparación a los métodos estadísticos y económicos alternativos para estimar el tiempo de reemplazo de una flota de buses?

Los objetivos planteados para resolver esta investigación son:

Objetivo Principal

Determinar el momento óptimo de reemplazo para una flota de buses troncales a gas natural en un corredor segregado en Lima-Perú en función de múltiples criterios.

Objetivos Específicos

- Determinar la influencia de los kilómetros recorridos en el momento óptimo de reemplazo para una flota de buses troncales a gas natural en un corredor segregado en Lima-Perú.
- Determinar la influencia de los años de uso en el momento óptimo de reemplazo para una flota de buses troncales a gas natural en un corredor segregado en Lima-Perú.
- Comparar el método Montecarlo con los métodos estadísticos y económicos alternativos para una mejor evaluación de costos.

Importancia de la investigación

Esta investigación se justifica por su importancia para la industria de transporte urbano por tanto no considerar los costos no previstos llevan al fracaso los proyectos de inversión, en este tipo de empresas de transporte urbano como los corredores segregados que tiene un contrato con la municipalidad con cláusulas de duración en años de operación y kilometrajes recorridos, es por ello necesario evaluar si es aconsejable una ampliación del contrato, por el retraso del inicio formal de la concesión y se requiera ampliar el tiempo de utilización de los buses, en ese momento se requiere tener evaluado

si es preferible para la empresa concesionaria reemplace la flota o es posible continuar con las unidades que ya están operando sin que estas generen pérdidas económicas por los sobre costos en fallas de operaciones que afectarían la calidad del servicio dado al público usuario.

El contrato de concesión del Metropolitano debió comenzar junto con su inicio de operación, el 28 de julio del año 2010, la concesión del Metropolitano está pactada a doce años que aún no empieza a regir, durante la segunda gestión del alcalde Luis Castañeda Lossio. El Instituto Metropolitano Protransporte de Lima (Protransporte) acordó con las empresas operadoras que el plazo de concesión de 12 años empezará a computarse desde la entrega de las infraestructuras completas de la ruta troncal y patios de estacionamiento y mantenimiento. El contrato establece que la fecha de funcionamiento total se inicia con la entrega de la infraestructura completa de la ruta troncal, es decir, hasta Carabayllo. En el año 2018 se tenía previsto culminar la ruta troncal del Metropolitano, pero pese al incremento del presupuesto dado por la municipalidad de Lima no se priorizó. Hasta la fecha el Metropolitano se mantiene en etapa preoperativa y con cuatro alzas en los pasajes (Juape, 2019).

El hecho que aún no inicie el contrato llevará a que se renegocie, por lo que las empresas concesionarias deberán evaluar la vida útil de las unidades con la cantidad de años y kilómetros que ya tienen, para cumplir las condiciones de finalización que se pacte y que sea rentable para la empresa concesionaria.

Esta investigación es viable debido a que se cuenta con la información referente a la proyección de gastos de operación y mantenimiento con relación al tiempo de contrato y escenarios donde se inicia posteriormente dicho contrato

por los que es posible evaluar la variable operativa óptima para el reemplazo de la flota, y la simulación se realizará con el programa Minitab 19.

Debido a que existen cuatro concesionarios que administran los buses del metropolitano, el estudio está limitado a uno de los modelos de gestión, con base a sus planes de operación y mantenimiento, esto podría mostrar diferencias en montos y tiempos en los resultados finales en cada operador, por lo cual no resultarán apropiados para hacer extrapolaciones a los restantes concesionarios.

CAPITULO I : MARCO TEORICO

1.1 Antecedentes de la investigación

Los estudios e investigaciones realizados de mayor relevancia o importancia para el problema sobre el tiempo de reemplazo de los activos, que ha sido abordado por diversos autores son los siguientes:

Keles & Hartman (2004) realizaron un estudio con 600 buses en Europa que son económicamente interdependientes y operan en paralelo, es decir, las decisiones de mantenimiento y reemplazo de flota se analizan para cada bus dentro de un grupo de buses de marcas diferentes para un tiempo específico. Los activos están vinculados económicamente a restricciones presupuestarias, Los autores usaron la metodología de Función Objetivo con el apoyo de lenguajes de programación con el programa CPLEX 8.0 para AMPL de IBM, se realizó una simulación de 30 años; descontando todos los costos a tiempo cero usando una tasa de interés anual del 10 %, el resultado fue un modelo de análisis con base en los menores costos históricos incurridos.

Seif & Rabbani (2014) realizaron un estudio basado en las tasas de falla de los componentes de una máquina, el costo de ciclo de vida se evaluó, se modeló matemáticamente y se incorporó al reemplazo de la máquina. El problema se modeló minimizando los costos totales incurridos durante un horizonte de planificación de varios periodos para las máquinas del mismo tipo

con diferentes edades con el uso de funciones objetivo. Las variables de decisión son el número de máquinas para comprar o rescatar en cada periodo. Los resultados mostraron tres tendencias en el costo de ciclo de vida que fueron las tendencias normal, exponencial y distribución de Weibull. Funciones basadas en este nuevo enfoque para el cálculo del costo del ciclo de vida, la investigación concluyó que es mejor cambiar piezas nuevas en ciertos ciclos de trabajo.

Suzanne & Durango-Cohen (2005) realizaron un estudio en el que formularon una versión estocástica del problema y analizaron la estructura de las políticas óptimas bajo clases generales de funciones de costo de reemplazo. Se analizó el problema de sustitución de la máquina en paralelo que consistió en encontrar una política de reemplazo de costo mínimo para una población finita de máquinas económicamente interdependientes. Para este análisis se utilizó el método de proceso de Markov (Proceso aleatorio que depende del tiempo), se validaron políticas como el cambio de equipos más antiguos por equipos nuevos y evaluando el costo de mantenimiento y operación, es así como se llega a la conclusión de que la decisión de reemplazo debe ser en función de los márgenes y no de la economía de escala.

Ping-Teng (2005) realizó un modelamiento utilizando lógica difusa para el análisis de reemplazo estratégico de activos, primero identificó los factores de interés difusos. Con las funciones generales difusas para los parámetros y los factores de interés difusos, realizó un análisis de la vida económica estratégica. Estas funciones fueron construidas con el costo inicial, el valor de recuperación, el volumen de ventas, la ganancia bruta y el costo operativo relacionado con la edad y el uso. Como resultado el modelo propuesto, estableció una relación

dinámica con el costo del equipo y la obsolescencia del mercado por lo que sirve de soporte para tomar decisiones al momento de reemplazo de equipos.

El estudio con mayor relevancia para esta investigación es el de Riechi, Macián, Tormos Avila (2017), quienes investigaron el tiempo de vida óptimo para una flota de transporte de buses en España, con la salvedad que todos los buses eran de modelos semejantes con rutas de operación semejantes, para en análisis inicial usaron el cálculo aritmético del costo de ciclo de vida, posterior a ello emplearon la simulación de Montecarlo para evaluar los diferentes escenarios y determinar el tiempo de operación y el kilometraje recorrido más oportuno de reemplazo de la flota, con esto se llegó a demostrar que es posible establecer rangos de tiempo de operación y kilometraje de recorrido óptimos para las empresas a fin de reemplazar los buses.

De Sá (2018), realizó un estudio de la determinación del momento óptimo de reemplazo en flotas de buses de transporte urbano en España y Brasil. Con datos reales de la flota, desarrolló e implementó la metodología combinada entre el costo del ciclo de vida y la Simulación de Montecarlo considerando tanto la edad y el kilometraje promedio anual. En esta investigación, se demostró que la inclusión de variables aleatorias en el proceso de determinación de la edad óptima de cambio, junto con la mejor tasa de utilización de vehículos en función del kilometraje promedio, aporta ventajas al proceso de reemplazo convencional, al permitir una perspectiva más confiable de los futuros escenarios, mediante el análisis probabilístico dependiente de las variables económicas y técnicas.

1.2 Bases teóricas

A continuación, se definen algunos conceptos importantes para el desarrollo de esta investigación:

1.2.1 Aspectos estadísticos

- Coeficiente de determinación (R^2): el coeficiente de determinación se define como la proporción de la varianza total de la variable explicada por la regresión. El coeficiente de determinación, también llamado R cuadrado, refleja la bondad del ajuste de un modelo a la variable que pretender explicar (Economipedia, 2020).
- Significancia el valor p (o nivel de significación observado): es el nivel de significación más pequeño al cual H_0 (hipótesis nula) sería rechazada cuando se utiliza un procedimiento de prueba especificado con un conjunto de datos dado. El valor p es la probabilidad calculada asumiendo que H_0 es verdadera. Mientras más pequeño es el valor de p , más contradictorios son los datos a H_0 (Devore, 2008). Como regla de decisión se toma los siguientes valores: regla de decisión: Si $p \leq 0.05$ se rechaza H_0 . Si $p > 0.05$ No se rechaza H_0 (Chihuahua, 2019).
- Anderson-Darling (AD): mide qué tan bien siguen los datos una distribución en particular. Por lo general, mientras mejor se ajuste la distribución a los datos, menor será el estadístico AD. El estadístico AD se utiliza para calcular el valor p para la prueba de bondad de ajuste, que ayuda a determinar qué distribución se ajusta mejor a los datos. Las hipótesis para la prueba de Anderson-Darling son:
 - H_0 : Los datos siguen una distribución especificada.

- H_1 : Los datos no siguen una distribución especificada.

Si el valor p para la prueba de Anderson-Darling es menor que el nivel de significancia seleccionado (por lo general 0.05 ó 0.10), concluya que los datos no siguen la distribución especificada (Minitab, 2020).

- El valor p : es una medida que nos permite verificar que la hipótesis nula es falsa. Mientras menor sea el valor p , más fuerte será la evidencia para rechazar la hipótesis nula (Minitab, 2020).
- La prueba de relación de verosimilitud: es una prueba de hipótesis, que se conoce por sus siglas en inglés LRT P que compara la bondad de ajuste de dos modelos, un modelo no restringido con todos los parámetros libres y su modelo correspondiente restringido por la hipótesis nula a menos parámetros, para determinar cuál ofrece un mejor ajuste para los datos de muestra. Si el valor de esta relación es relativamente pequeño, usted concluye que el modelo no restringido se ajusta a los datos de muestra mejor que el modelo más simple restringido por la hipótesis nula (Minitab, 2020).

1.2.2 Aspectos económicos

Costos: El costo hace referencia al conjunto de salidas de dinero en que se incurre para producir un bien o servicio, como son: la materia prima, insumos, mano de obra. El costo incluye todo elemento y salida de dinero que terminan haciendo parte del producto final o servicio prestado de forma directa (Gerencie.com, 2019).

Ciclo de vida de un activo: El ciclo de vida de los activos nace desde la idea misma de realizar una actividad que involucrará activos en su desarrollo, pasa

por las etapas de anteproyecto, proyecto, diseño, compra o manufactura, instalación, prueba, puesta en marcha, operación y mantenimiento, hasta su eventual reciclaje, descarte o disposición final (Reliabilityweb.com, 2019).

Costo de ciclo de vida de un activo físico: El costo de ciclo de vida convencional es la evaluación de todos los costos asociados con el ciclo de vida de un activo, es el que está cubierto directamente por el usuario principal en el ciclo de vida del activo; la evaluación se centra en los costos reales externos e internos, a veces incluso sin el fin de su vida útil o costos de operación por uso si estos son asumidos por otros. Un análisis convencional de costo de ciclo de vida generalmente va juntamente con el costo del ciclo de vida del activo. La perspectiva es principalmente la de primer actor de mercado, el fabricante, el usuario o consumidor (Ciroth, y otros, 2008).

Depreciación: La depreciación es la reducción o el desgaste del valor de un bien o de una propiedad debido al paso del tiempo, al uso o a la obsolescencia. Las empresas contabilizan estas pérdidas del valor o desgastes como un coste adicional y diferenciamos con ello tres tipos de depreciación: depreciación física, depreciación funcional y por obsolescencia. La depreciación se calcula utilizando el tiempo de utilidad del bien o de la propiedad (en años, normalmente) y la cantidad mensual o anual en la que se deprecia. Existen diferentes métodos de cálculo de la depreciación, el método más simple es la depreciación lineal y supone el método de cálculo de la depreciación más común (Simple, 2019).

Para el cálculo de la depreciación lineal se emplea los valores dados por la Sunat (ver Anexo 2) en el INFORME N° 196-2006-SUNAT/2B0000 (Tabla 1).

Tabla 1. Porcentajes de depreciación según Sunat

| Bienes | Porcentaje anual máximo de depreciación |
|--|---|
| 1. Ganado de trabajo y reproducción; redes de pesca | 25% |
| 2. Vehículos de transporte terrestre (excepto ferrocarriles); hornos en general | 20% |
| 3. Maquinaria y equipo utilizados por las actividades minera, petrolera y de construcción, excepto muebles, enseres y equipos de oficina | 20% |
| 4. Equipos de procesamiento de datos | 25% |
| 5. Maquinaria y equipo adquirido a partir del 1.1.1991 | 10% |
| 6. Otros bienes del activo fijo | 10% |

Fuente: Sunat (2006)

- Valor de rescate: Es el valor que podría tener un proyecto después de varios años de operación (Meza, 2013).
- Valor de reventa (VR): Se usará la ecuación 1 desarrollada por la empresa estudiada y utilizada por la investigación de Riechi, Macián, Tormos, & Avila (2017) en España:

$$VR = R + \left[\left(\frac{Vc - R}{N} \right) * 0.7778 * Rv \right] \dots \dots \dots [1]$$

Donde: .7778 depende del factor de condición, en este caso se tomó la sugerencia del estudio realizado por Riechi, Macián, Tormos, & Avila (2017). Rv se define como el tiempo de vida residual y R representa el valor residual y N representa el tiempo de análisis del estudio a realizar. Vc es el costo del bus.

- Tasa de interés: Para el encontrar la tasa de interés (i) o tasa de rendimiento requerida, se necesita calcular la tasa interna de rendimiento

(TIR) de un proyecto, esta se comparará con la tasa de rendimiento requerida de la empresa. Si la tasa de interés es menor que la TIR el proyecto se considera aceptable; si la tasa de interés es igual al TIR, la aceptación o el rechazo de la inversión es indiferente; y si la tasa de interés es mayor que el TIR, entonces el proyecto se rechaza, la tasa de interés al ser aplicada a proyectos recibe otras denominaciones como tasa de rendimiento, tasa de descuento entre otras.

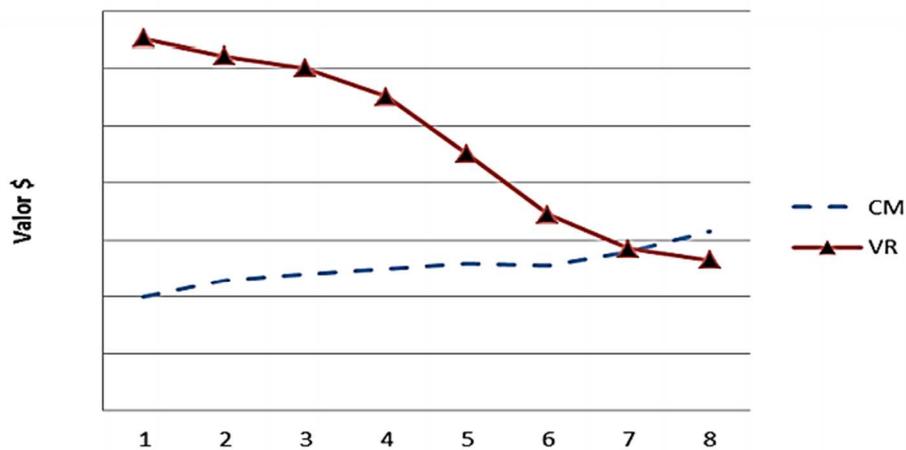
- La tasa interna de rendimiento (TIR) es la técnica que se utiliza con mayor repetición para evaluar la inversión de capital. Una razón de su popularidad es que se considera una tasa de rendimiento (Hansen & Mowen, 2006)

1.2.3 Enfoques para el análisis de costos de ciclo de vida

Se tienen diferentes formas evaluación para el cálculo de ciclo de vida aquí los más reconocidos

Métodos contables

Método de reposición de activos: Se compara el valor de rescate o comercial de la unidad en el mercado de reventa contra el costo acumulado de mantenimiento de cada vehículo (Fig.3), se analiza que si el costo acumulado de mantenimiento supera el valor comercial de la unidad (valor de rescate), este método es muy utilizado en Estados Unidos es el momento óptimo para su reemplazo. Este método presenta una limitante por no considerar costos operativos en su cálculo (Arredondo, 2014).



Valor residual (VR) = Valor comercial de reventa

Costo acumulado de mantenimiento (CM)

Figura 3. Método reposición de activos

Fuente: Arredondo (2014)

Método de costo promedio anual: El Costo Promedio Anual (CPA) está definido como el costo acumulado de depreciación más el costo de mantenimiento acumulado ente el número de años de utilización del vehículo se calcula como indica la ecuación 6., este método fue adoptado por varias empresas de origen europeo, Presenta limitaciones como :Las variables de operación y mantenimiento son las siguientes: Kilometraje anual constante o con baja variación, Flota homogénea, Programa de mantenimiento preventivo establecido. Estas condiciones nos permiten obtener curvas de costo de mantenimiento y del costo promedio anual muy regulares en su comportamiento. Este método no integra las variables necesarias (costos reales de operación) para brindar un tiempo de reemplazo integral (Arredondo, 2014).

$$CPA = \frac{Depreciacion\ Acumulada + Mantenimiento\ acumulado}{Periodo\ de\ años} \dots\dots [6]$$

Otra variable de análisis para este método es el costo anual de depreciación y mantenimiento, que se calcula como indica la ecuación 7.

$$CA = \text{Depreciación anual} + \text{Mantenimiento anual} \dots [7]$$

Cuando CA-CPA empieza a ser positivo es el momento óptimo de reemplazo (Fig.4). Este método presenta la misma limitante que el método de reposición de activos al no considerar los costos operativos (Arredondo, 2014).

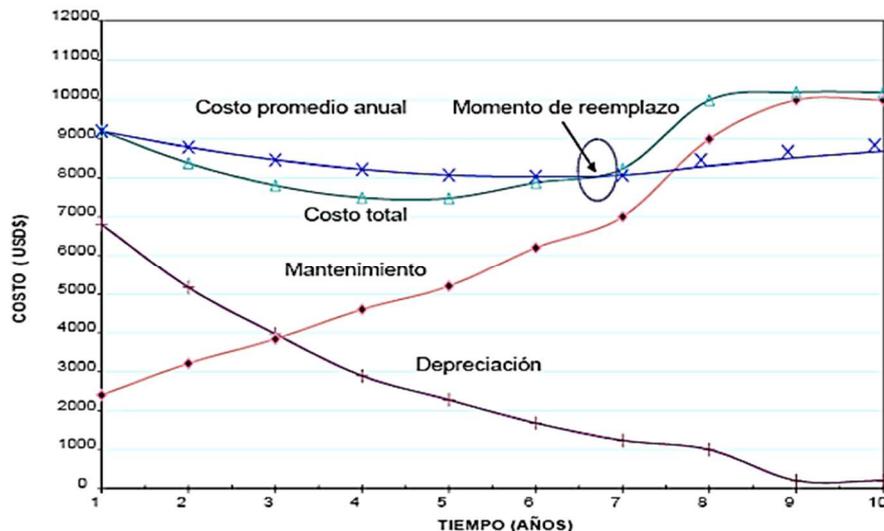


Figura 4. Costo promedio anual
Fuente: Arredondo (2014)

Métodos extracontables

Costo unitario anual (CUA) o costo anual promedio (CAP): Según Riechi, Macián, Tormos, & Avila, 2017o conocido en inglés como average annual cost (AAC), muy utilizado en la Unión Europea, indica el costo acumulado hasta la vida útil del vehículo, se divide por su tiempo de vida,

de modo que de manera convencional el costo anual promedio mínimo determinará el tiempo óptimo para la renovación del vehículo, se define su cálculo como indica la ecuación 5 (Riechi, Macián, Tormos, & Avila, 2017):

$$CAP = \frac{[\sum Inversion + \sum Mantenimiento + \sum Operacion - Valor de reventa]}{n(Años)} \dots\dots [5]$$

Otros métodos para la renovación de los buses que utilizan las empresas de transporte van a depender de la información que cuente la empresa y el grado de complejidad que quieran analizar para estos análisis es importante conocer el valor de rescate del vehículo.

Métodos de optimización

Método del margen de utilidad: elaborado por el Transport and Road Research Laboratory (TRRL) de Inglaterra. Clasifica a los vehículos por orden decreciente de utilidad de operación anual y en descartar los que no cumplan con el objetivo de producción definido por la empresa por ejemplo la utilidad promedio por unidad. Solo considera la rentabilidad del equipo. No toma en cuenta los años de operación por tanto no es un limitante para su renovación.

Método del costo de posesión: Desarrollado por la consultoría Intralog de Francia, asociado con el Instituto Nacional de Investigación en Transporte y Seguridad y la Agencia para la Protección Ambiental y el Dominio de la Energía. Es la suma de los costos anuales de depreciación, de mantenimiento y de inmovilización. En donde el costo

anual de inmovilización es la suma de los costos fijos que sobrelleva la unidad mientras está parada sin producir; y la pérdida económica que implica que el vehículo o trabaje (costo de oportunidad).

Enfoque de la investigación: El método de minimización de costos con el costo anual promedio (CAP), es uno de los primeros enfoques para el reemplazo de equipos y es bien aceptado en la academia y la construcción, industrias agrícolas y forestales. (Fan & Jin, 2011) y siendo que el costo de oportunidad es muy variable y para todas las empresas concesionarias no es el mismo se utilizó el método CAP.

1.2.4 Simulación de Montecarlo

La simulación de Montecarlo o método de Montecarlo le debe el nombre al famoso casino del principado de Mónaco. La ruleta es el juego de casino más famoso y también el ejemplo más sencillo de mecanismo que permite generar números aleatorios. La clave de este método está en entender el término 'simulación'. Realizar una simulación consiste en repetir o duplicar las características y comportamientos de un sistema real. Así pues, el objetivo principal de la simulación de Montecarlo es intentar imitar el comportamiento de variables reales para, en la medida de lo posible, analizar o predecir cómo van a evolucionar. A través de la simulación se pueden resolver desde problemas muy sencillos hasta problemas muy complejos (Lopez, 2019).

Para la realización de una simulación de Montecarlo podemos resumir los pasos en los siguientes:

- Identificar la ecuación de transferencia

Se requiere un modelo cuantitativo o fórmula del fenómeno a evaluar. La expresión matemática de su proceso se denomina “ecuación de transferencia”. Puede ser una fórmula conocida o determinada por algún método matemático.

- Definir los parámetros de entrada

Se debe determinar cómo se distribuyen los datos analizados. Algunas pueden seguir la distribución normal, triangular o uniforme. Posteriormente debe determinar los parámetros de distribución para cada entrada.

- Crear datos aleatorios

Debe crearse un conjunto muy grande de datos aleatorios para variable, en el orden de los 100,000 casos. Estos simulan los valores que se observarían durante un período prolongado.

- Simular y analizar la salida del proceso

Con los datos aleatorios, utilizará la ecuación de transferencia para calcular los resultados simulados. Con ello obtendrá una indicación fiable de lo que el proceso generará con el tiempo, en diferentes escenarios de acuerdo con los datos aleatorios ingresados (Minitab, 2020).

1.3 Definición de términos básicos

- Costo: Importe de adquisición de bienes o servicios.
- Gastos: Son desembolsos de dinero no recuperables que se realizan con el objeto de obtener rentas.
- Pérdida: Resultado negativo obtenido en un período o ejercicio económico, generado cuando los gastos son mayores que las rentas.

- Valor: Precio en dinero que se asigna a los diferentes bienes y servicios (Cevallos, Davila, & Mantilla, 2015).
- Tasa de interés: Rentabilidad obtenida en una operación financiera que se capitaliza de forma simple, es decir, teniendo en cuenta tan sólo el capital principal.
- Activo: El activo no corriente o activo fijo, en nuestro caso los buses son activos formados por la totalidad de los activos que no se hacen efectivos en un periodo superior a un año.
- Costos: Se define como costo al valor que se da al consumo de factores de producción dentro de la realización del servicio como actividad económica.
- Depreciación: Es la pérdida de valor de un activo debido al transcurrir del tiempo.
- Ciclo de vida de un activo: El ciclo de vida de los activos involucra el anteproyecto, proyecto, diseño, compra o manufactura, instalación, prueba, puesta en marcha, operación y mantenimiento, hasta su disposición final (Reliabilityweb.com, 2019).
- Valor de rescate: Es la cantidad que la empresa espera obtener de un activo al final de su vida útil (Conpropia S.A.S., 2019).
- Costo total acumulado: Resultado del costo total de inversión más los costos de mantenimiento y los costos operativos. Todos los costos fueron acumulados hasta ese año menos el valor de reventa de ese año.
- Costo total promedio: Indica el costo acumulado dividido por el tiempo de vida recorrido hasta ese momento (Riechi, Macián, Tormos, & Avila, 2017).

CAPITULO II : HIPÓTESIS Y VARIABLES

2.1 Formulación de hipótesis principal y derivadas

Esta investigación se fundamenta en la siguiente hipótesis general:

- El uso por recorrido y el tiempo determinan el momento óptimo de reemplazo para una flota de buses troncales a gas natural en un corredor segregado en Lima-Perú.

Para validar la hipótesis general se definen tres hipótesis específicas:

- La cantidad de kilómetros recorridos influyen en el momento óptimo de reemplazo para una flota de buses troncales a gas natural en un corredor segregado en Lima-Perú.
- La cantidad de años de uso influyen en el momento óptimo de reemplazo para una flota de buses troncales a gas natural en un corredor segregado en Lima-Perú.
- Es consistente el método Montecarlo en comparación a los métodos estadísticos y económicos alternativos para estimar el tiempo de reemplazo de una flota de buses.

2.2 Variables y definición operacional

2.2.1. Variable independiente

- Antigüedad de la flota (Años)
- Kilometraje de la flota

2.2.2. Variable dependiente

- Momento óptimo de reemplazo de la flota de buses
- Costo anual promedio de operación (CAP)

2.3. Modelo de relaciones teóricas con las hipótesis

La Tabla 2 recoge las investigaciones revisadas y su relación con las hipótesis planteadas.

Tabla 2. Relaciones teóricas con las hipótesis

| Referencias | Años | Km | MORF | CAP |
|--------------------------------|-------------|-----------|-------------|------------|
| Keles & Hartman (2004) | X | X | X | X |
| Suzanne & Durango-Cohen (2005) | X | | X | X |
| Ping-Teng (2005) | X | | X | X |
| Seif & Rabbani (2014) | X | X | X | X |
| Riechi, Macián y Tormos (2017) | X | X | X | X |
| De Sá (2018) | X | X | X | X |

Antigüedad de la flota (Años), Kilometraje de la flota (Km), Momento óptimo de reemplazo de la flota de buses (MORF), Costo anual promedio de operación (CAP)

Fuente: elaboración propia

2.4. Operacionalización de variables

En la Tabla 3 se presenta la operacionalización de las variables.

Tabla 3. Operacionalización de variables

| Variables | Definición Operacional | Tipo de variable | Unidad de medida |
|--|--|------------------|------------------|
| Antigüedad de la flota | Intervalo de tiempo transcurrido desde la adquisición de la flota hasta el momento de la evaluación | Cuantitativa | Años |
| Kilometraje de la flota (Km) | Distancia acumulada recorrida por la flota desde su adquisición hasta el momento de la evaluación | Cuantitativa | Kilómetros |
| Momento óptimo de reemplazo de la flota de buses | Fin de la vida útil operacional que se caracteriza porque ya no es factible, conveniente ni aceptable absorber técnica ni económicamente la operación, mantención, reparación y/o modernización de la unidad de transporte (Avilés, 1996; Emiliano, Alvelos, Telhada, & Lanzer, 2020) | Cuantitativa | Años, Kilómetros |
| Costo anual promedio de operación | Indica el costo acumulado hasta la vida útil del vehículo, se divide por su tiempo de vida, de modo que de manera convencional el costo anual promedio mínimo determinará el tiempo óptimo para la renovación del vehículo (Riechi, Macián, Tormos, & Avila, 2017) | Cuantitativa | Dólares |

Fuente: elaboración propia

CAPITULO III : METODOLOGÍA

3.1 Diseño metodológico

La presente investigación está basada en la aplicación del análisis de costo del ciclo de vida de los buses articulados de transporte urbano que transitan en un corredor exclusivo en Lima, por tanto, es cuantitativo y se utilizó la simulación de Montecarlo para ver diferentes escenarios. Este estudio se realizó evaluando un presupuesto proyectado de 16 años de operación iniciando en el año 0, este estudio permitió realizar una evaluación del costo de operación con los años de operación y kilometrajes recorridos. La investigación se realizó utilizando los datos de uno de los cuatro concesionarios del Metropolitano. El Tipo de investigación utilizado es explicativo y longitudinal, con diseño de investigación

3.2 Diseño muestral

La recolección de datos de kilómetros recorridos, años, costos de operaciones y mantenimiento se realizó en una de las compañías concesionarias del sistema metropolitano, ubicado en el distrito de comas que cuenta con 80 buses articulados con combustión de gas natural. Para el estudio se tomó toda la población, quedando conformada la muestra por 80 buses articulados de 18 metros con combustión a gas natural.

3.3 Técnicas de recopilación de datos

Se utilizaron datos de presupuestos y kilómetros proyectados elaborados para una simulación de gasto proyectada a 16 años, son datos de una de las

empresas que operan el sistema metropolitano de Lima. El periodo de recolección de datos es de 16 años.

3.4 Técnicas estadísticas para el procesamiento de la información

Se realizó una comparación de resultados utilizando el análisis del menor costo promedio anual. La forma en que se analizaron los costos fue utilizando 1,000 muestras aleatorias tanto para analizar la influencia del tiempo, en años y los kilometrajes que alcanzan la flota en los 16 años establecidos, para encontrar el momento óptimo de reemplazo. Con una se obtuvo el momento de reemplazo a priori, se realizó el análisis de las tres variables en un modelo tridimensional. Como no se cuenta con una fórmula que relacione CAP con años y CAP con kilómetros, se utilizó el programa Excel para buscar una regresión y una fórmula de aproximación. Con la fórmula de aproximación más adecuada se utilizó el programa Minitab y se generó un experimento para obtener la fórmula de aproximación de CAP dependiente de años y kilometrajes, con una simulación de 10,000 datos aleatorios, lo que permitió un mejor análisis.

Para procesar la información en el caso del análisis CAP con años de uso y CAP con kilómetros de recorrido se utilizó inicialmente el método de regresión y ajuste de curva para obtener la distribución que más se aproxime a su comportamiento en cada caso. Posteriormente se utilizó la herramienta de generación de valores aleatorios del Minitab¹⁹ utilizando la distribución obtenida, con los datos generados de años, kilómetros y costos que se ajustan mejor a cada variable según su distribución se genera la ecuación de correspondencia; posteriormente se generará el análisis gráfico tanto de años y kilometraje para obtener el escenario más adecuado para elaborar la gráfica de manta en Minitab que nos

relacione las tres variables. En resumen, se emplearon como herramientas el modelamiento con costo de ciclo de vida y la simulación de Montecarlo.

CAPITULO IV : RESULTADOS

El análisis se realizó de forma comparativa, primero se realizó el análisis utilizando el costo del ciclo de vida convencional (ciclo de costo de vida) con la fórmula básica analizando el costo anual promedio (CAP). Posteriormente se realizó un análisis utilizando el método de simulación de costo de ciclo de vida con el método de Montecarlo para finalmente poder realizar la comparación de los dos escenarios propuestos.

4.1 Análisis costo anual promedio

Con los datos de operación proyectadas del servicio de uno de los operadores, se generaron los costos de operaciones y mantenimiento (ver anexos 3 y 5) y de acuerdo con la fórmula de costo de ciclo de vida se obtuvo los siguientes datos para 16 años de operación (Tabla 4).

De acuerdo a la Tabla 4, el año óptimo para el reemplazo de acuerdo con el análisis estocástico de CAP mínimo de la flota está en dos periodos los cuales son: el año 4 cuyo valor es \$211,833 sin embargo después de los 12 años de contrato el momento óptimo es el 14 de acuerdo con la fórmula de CAP cuyo valor es \$218,185.

Tabla 4. Costos de operación de un bus en dólares

| Año | Km Acumulado | Σ Costo de compra | Depreciación | Σ Costo de Mantenimiento | Σ Costo de Operación | VR Valor de Rescate | CTA | CAP | CAP/Km |
|-----------|----------------|-------------------|---------------|--------------------------|----------------------|---------------------|------------------|----------------|-------------|
| 1 | 61,643 | 380,000 | 76,000 | 11,781 | 155,724 | 304,452 | 243,053 | 243,053 | 3.94 |
| 2 | 123,391 | 380,000 | 76,000 | 29,387 | 314,985 | 287,924 | 436,448 | 218,224 | 3.53 |
| 3 | 185,236 | 380,000 | 76,000 | 50,404 | 477,891 | 271,396 | 636,899 | 212,300 | 3.43 |
| 4 | 246,650 | 380,000 | 76,000 | 75,715 | 644,553 | 254,867 | 845,401 | 211,350 | 3.44 |
| 5 | 308,617 | 380,000 | 76,000 | 102,418 | 815,084 | 238,339 | 1,059,163 | 211,833 | 3.42 |
| 6 | 370,540 | 380,000 | 0 | 130,800 | 989,602 | 221,811 | 1,278,591 | 213,099 | 3.44 |
| 7 | 435,217 | 380,000 | 0 | 159,158 | 1,168,227 | 205,283 | 1,502,102 | 214,586 | 3.32 |
| 8 | 497,965 | 380,000 | 0 | 188,912 | 1,351,085 | 188,754 | 1,731,243 | 216,405 | 3.45 |
| 9 | 560,944 | 380,000 | 0 | 221,656 | 1,538,304 | 172,226 | 1,967,734 | 218,637 | 3.47 |
| 10 | 625,356 | 380,000 | 0 | 253,962 | 1,730,016 | 155,698 | 2,208,280 | 220,828 | 3.43 |
| 11 | 688,094 | 380,000 | 0 | 283,405 | 1,888,358 | 139,170 | 2,412,593 | 219,327 | 3.50 |
| 12 | 753,417 | 380,000 | 0 | 313,345 | 2,051,471 | 122,641 | 2,622,175 | 218,515 | 3.35 |
| 13 | 818,064 | 380,000 | 0 | 345,607 | 2,219,567 | 106,113 | 2,839,061 | 218,389 | 3.38 |
| 14 | 883,661 | 380,000 | 0 | 371,446 | 2,392,730 | 89,585 | 3,054,591 | 218,185 | 3.33 |
| 15 | 948,465 | 380,000 | 0 | 432,035 | 2,571,114 | 73,057 | 3,310,092 | 220,673 | 3.41 |
| 16 | 1,012,000 | 380,000 | 0 | 487,083 | 2,754,878 | 56,528 | 3,565,433 | 222,840 | 3.51 |

Fuente: elaboración propia con base a la información de un operador de metropolitano

4.2 Análisis método Montecarlo

Los kilómetros recorridos por las unidades de este sistema tienen variabilidad por la estipulación de la llegada al millón de kilómetros (Figura 5), estos cambian su uso en un momento para cumplir ese objetivo, según el contrato de concesión para dar de baja a los buses para esto se analizaron cinco unidades en el paso de del tiempo que muestra la variabilidad de esta flota, por el tipo de recorrido de los buses, los que inician con recorrido completo durante los primeros años bajan su intensidad de trabajo después de la mitad del tiempo de contrato para que puedan llegar al kilometraje licitado por la municipalidad como vemos en el bus 1 inicia con bajo kilometraje 80 mil kilómetros en el año 6 aumenta su recorrido anual y luego disminuye esto como estrategia de desgaste en el caso del bus 4 tiene un comportamiento parecido pero con valores moderados .

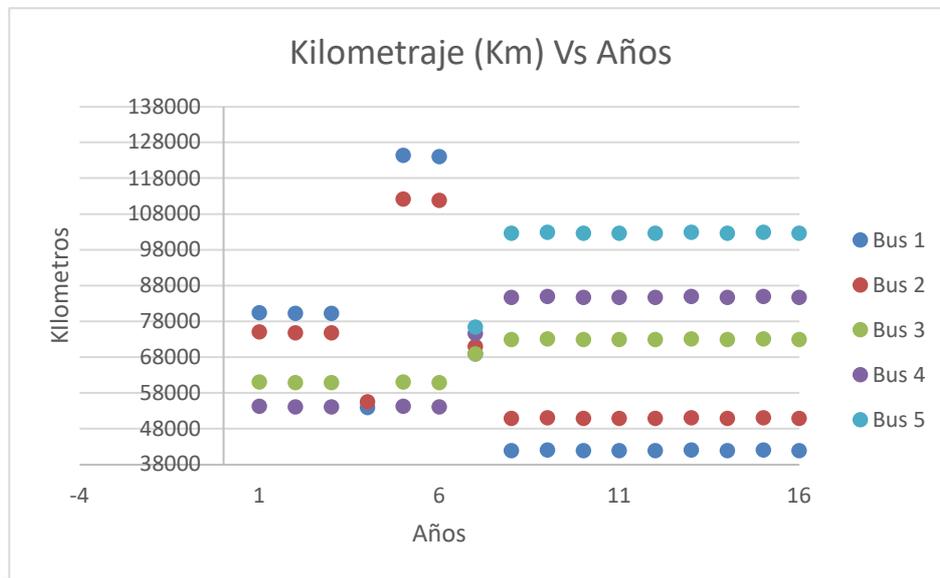


Figura 5. Distribución de kilometraje y años de servicio de 5 buses (muestra de la flota)

Fuente: elaboración propia

Estos autobuses tienen las mismas características de montaje (motor, capacidad de carga y dimensiones), y son de tipo articulado (mismo modelo utilizado en el método costo de ciclo de vida), identificado por el código numérico: 1, 2, 3, 4 y 5. Un kilometraje diferente varía los costos de mantenimiento y operación, que no están identificados por el método costo de ciclo de vida al principio porque necesita un análisis más detallado. Como solución a esta discrepancia, es necesario adoptar el método combinado Costo de Ciclo de Vida y Método Montecarlo.

El método fue desarrollado considerando dos diferentes escenarios para el análisis. En el escenario 1, un kilometraje anual la restricción se consideró en base a datos reales de la empresa entre 38,000 y 128,000 km. En el escenario 2, un hipotético se seleccionó la situación óptima, considerando en este caso un kilometraje anual que varía de 38,000 a 150,000 km (es el valor máximo del kilometraje teórico por año).

Con el software Minitab18 se realizó un experimento para obtener la fórmula que aplicará en este análisis que involucra los kilómetros el año y el CAP, usando el diseño de experimentos (DDE), con dos factores en tipo de superficie de respuesta, central compuesto con 2 factores (km y Año).

Para realizar la simulación de Montecarlo se determinó el tipo de distribución que presentan las variables que se estudiaron, las cuales son años y kilómetros, usando el software Minitab19, se utilizó la herramienta identificación de distribución individual para determinar la distribución adecuada a simular.

Para generar las variables aleatorias de años y kilómetros primero se debe saber que distribución se ajusta a su comportamiento para ello se realizó el análisis de cada uno de ellos.

4.3 Análisis de la distribución ajustada para los años de operación

Con la variable años, que van desde el año 1 al año 16, se determinó cual es la distribución en la que mejor se ajusta a los valores (Tabla 5) para generar los datos aleatorios esto se realizó con el programa Minitab 18, realizando el análisis identificación de distribución individual se obtiene cuatro tipos de distribuciones (Figura 6) de la cual la que más se ajusta a los datos es la distribución de Weibull, para estas pruebas usaremos Anderson-Darling (AD), valor p y prueba de relación de verosimilitud conocido por sus siglas en ingles LRT P.

Tabla 5. Datos de ajuste para variable años

| Distribución | AD | P | LRT P |
|-----------------------------|--------------|------------------|-------|
| Normal | 0.241 | 0.728 | |
| Transformación Box-Cox | 0.310 | 0.516 | |
| Lognormal | 0.606 | 0.094 | |
| Exponencial | 1.091 | 0.083 | |
| Exponencial de 2 parámetros | 0.902 | 0.077 | 0.201 |
| Weibull | 0.368 | >0.250 | |
| Weibull de 3 parámetros | 0.313 | >0.500 | 0.731 |
| Valor extremo por máximos | 0.346 | >0.250 | |
| Gamma | 0.424 | >0.250 | |
| Gamma de 3 parámetros | 0.363 | * | 0.491 |
| Loglogística | 0.523 | 0.134 | |

Fuente: elaboración propia

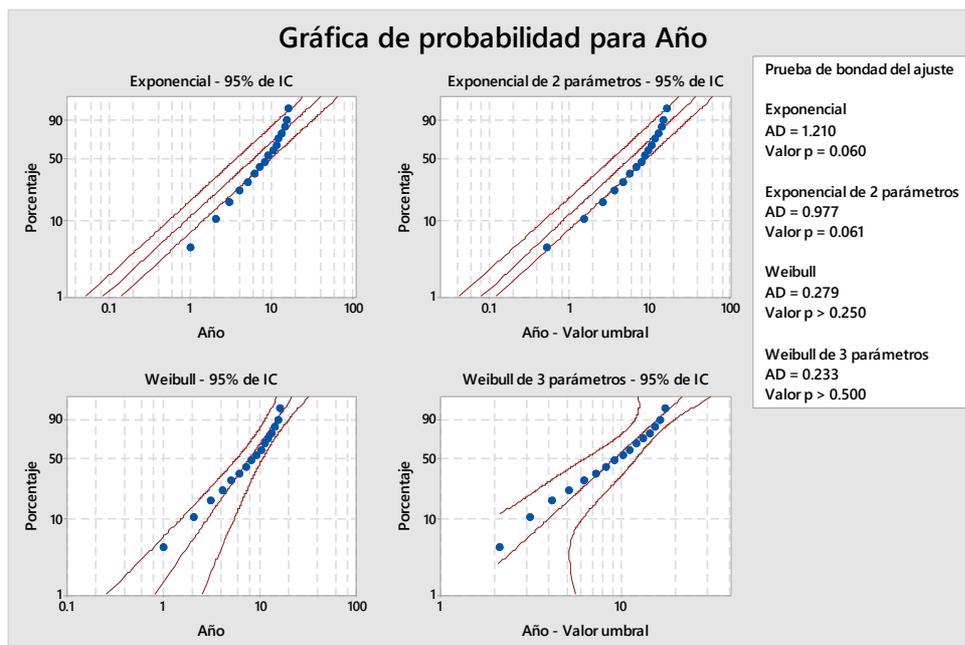


Figura 6. Distribuciones de variable años

Fuente: elaboración propia

De estas figuras se eligió la distribución de Weibull por el mejor ajuste que presenta, también se obtuvo los parámetros de forma y escala para generar los valores aleatorios según la distribución de Weibull (Tabla 6).

Tabla 6. Datos de ajuste de Weibull para la variable años

| Distribución | Ubicación | Forma | Escala | Valor umbral |
|------------------------------|-----------|-------------|-------------|--------------|
| Normal* | 7.92 | | 5.12 | |
| Transformación de Box-Cox* | 2.65 | | 0.97 | |
| Lognormal* | 1.80 | | 0.84 | |
| Lognormal de 3 parámetros | 2.40 | | 0.42 | -4.14 |
| Exponencial | | | 7.92 | |
| Exponencial de 2 parámetros | | | 7.49 | 0.42 |
| Weibull | | 1.61 | 8.83 | |
| Weibull de 3 parámetros | | 1.36 | 7.87 | 0.66 |
| Valor extremo más pequeño | 10.44 | | 4.71 | |
| Valor extremo por máximos | 5.55 | | 4.06 | |
| Gamma | | 2.05 | 3.86 | |
| Gamma de 3 parámetros | | 39.49 | 0.77 | -22.84 |
| Logística | 7.63 | | 2.98 | |
| Loglogística | 1.87 | | 0.46 | |
| Loglogística de 3 parámetros | 2.18 | | 0.32 | -2.09 |

Fuente: elaboración propia (Minitab)

4.4 Análisis de la distribución ajustada a los kilómetros recorridos

Después se generó el mismo procedimiento para los kilometrajes de la Tabla 7 obteniendo las gráficas mostradas en la figura 7 y los valores de la distribución (Tabla 8) estos se realizaron para obtener la tendencia a la que se ajustan los datos y simular datos aleatoriamente, en este caso es la distribución de Weibull.

Tabla 7. Kilometraje total por año

| Años | Km Acumulado |
|------|-----------------|
| 1 | 61,643 |
| 2 | 123,391 |
| 3 | 185,236 |
| 4 | 246,650 |
| 5 | 308,617 |
| 6 | 370,540 |
| 7 | 435,217 |
| 8 | 497,965 |
| 9 | 560,944 |
| 10 | 625,356 |
| 11 | 688,094 |
| 12 | 753,417 |
| 13 | 818,064 |
| 14 | 883,661 |
| 15 | 948,465 |
| 16 | 1,012,000 |

Fuente: elaboración propia

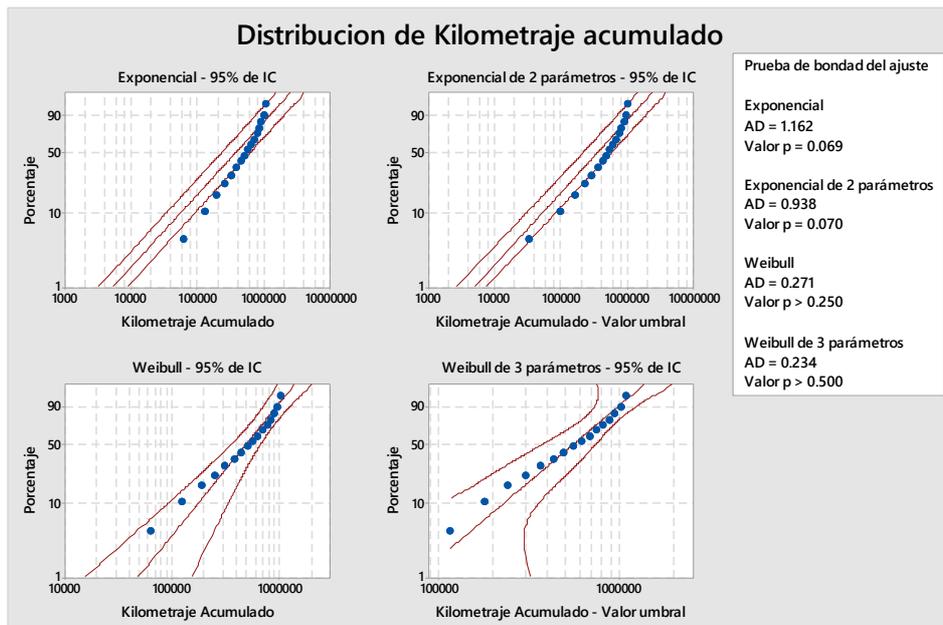


Figura 7. Distribuciones de kilometraje acumulado

Fuente: elaboración propia

Tabla 8. Datos de ajuste y parámetros de Weibull para la variable kilómetros

| Distribución | Ubicación | Forma | Escala | Valor umbral |
|------------------------------|-----------|----------------|---------------|--------------|
| Normal* | 532454 | | 302064 | |
| Transformación de Box-Cox* | 694.8656 | | 230.05027 | |
| | 8 | | | |
| Lognormal* | 12.95724 | | 0.7974 | |
| Lognormal de 3 parámetros | 16.04027 | | 0.03161 | -8723460 |
| Exponencial | | | 532454 | |
| Exponencial de 2 parámetros | | | 502198 | 30255.6466 |
| Weibull | | 1.83508 | 596933 | 5 |
| Weibull de 3 parámetros | | 2.11341 | 660683 | -52601.9 |
| Valor extremo más pequeño | 678344 | | 265832 | |
| Valor extremo por máximos | 387280 | | 262609 | |
| Gamma | | 2.34606 | 226957 | |
| Gamma de 3 parámetros | | 159.9571 | 23162.7811 | -3196560 |
| | | 2 | 2 | |
| Logística | 531338 | | 177900 | |
| Loglogística | 13.05608 | | 0.43039 | |
| Loglogística de 3 parámetros | 15.81123 | | 0.02418 | -6829830 |

* Escala: estimación de ML ajustado

Fuente: elaboración propia, Minitab

4.5 Análisis de la distribución ajustada para el CAP

Para el CAP también se generó su distribución respectiva, comparando los ajustes según la Tabla 9 se elige la distribución Log logística con lo cual se usarán los parámetros de la distribución según la Tabla 10 y se muestra la gráfica respectiva (Figura 8).

Tabla 9. Prueba de bondad del ajuste

| Distribución | AD | P | LRT P |
|------------------------------|-------|--------|-------|
| Normal | 1.416 | <0.005 | |
| Transformación Box-Cox | 0.864 | 0.02 | |
| Lognormal | 1.305 | <0.005 | |
| Lognormal de 3 parámetros | 0.65 | * | 0.002 |
| Exponencial | 6.976 | <0.003 | |
| Exponencial de 2 parámetros | 0.764 | 0.125 | 0 |
| Weibull | 2.358 | <0.010 | |
| Weibull de 3 parámetros | 0.645 | 0.096 | 0 |
| Valor extremo más pequeño | 2.478 | <0.010 | |
| Valor extremo por máximos | 0.614 | 0.097 | |
| Gamma | 1.312 | <0.005 | |
| Gamma de 3 parámetros | 0.637 | * | 0.003 |
| Logística | 0.703 | 0.038 | |
| Loglogística | 0.666 | 0.046 | |
| Loglogística de 3 parámetros | 0.597 | * | 0.028 |
| Transformación de Johnson | 0.404 | 0.314 | |

Fuente: elaboración propia

Tabla 10. Parámetros de distribución del CAP

| Distribución | Ubicación | Forma | Escala | Valor umbral |
|------------------------------|-----------|-------|----------|--------------|
| Normal* | 218640.0 | | 7372.4 | |
| Transformación de Box-Cox* | 0.0 | | 0.0 | |
| Lognormal* | 12.2 | | 0.0 | |
| Lognormal de 3 parámetros | 8.9 | | 0.6 | 209264 |
| Exponencial | | | 218640.0 | |
| Exponencial de 2 parámetros | | | 7775.7 | 210864 |
| Weibull | | 22.0 | 222618.0 | |
| Weibull de 3 parámetros | | 1.2 | 8942.4 | 210400 |
| Valor extremo más pequeño | 222866.0 | | 10373.8 | |
| Valor extremo por máximos | 215898.0 | | 4321.0 | |
| Gamma | | 983.4 | 222.3 | |
| Gamma de 3 parámetros | | 2.5 | 3774.7 | 208829 |
| Logística | 217642.0 | | 3121.1 | |
| Loglogística | 12.2 | | 0.0 | |
| Loglogística de 3 parámetros | 9.0 | | 0.3 | 208524 |
| Transformación de Johnson* | 0.1 | | 0.9 | |

* Escala: Estimación de ML ajustado

Fuente: elaboración propia

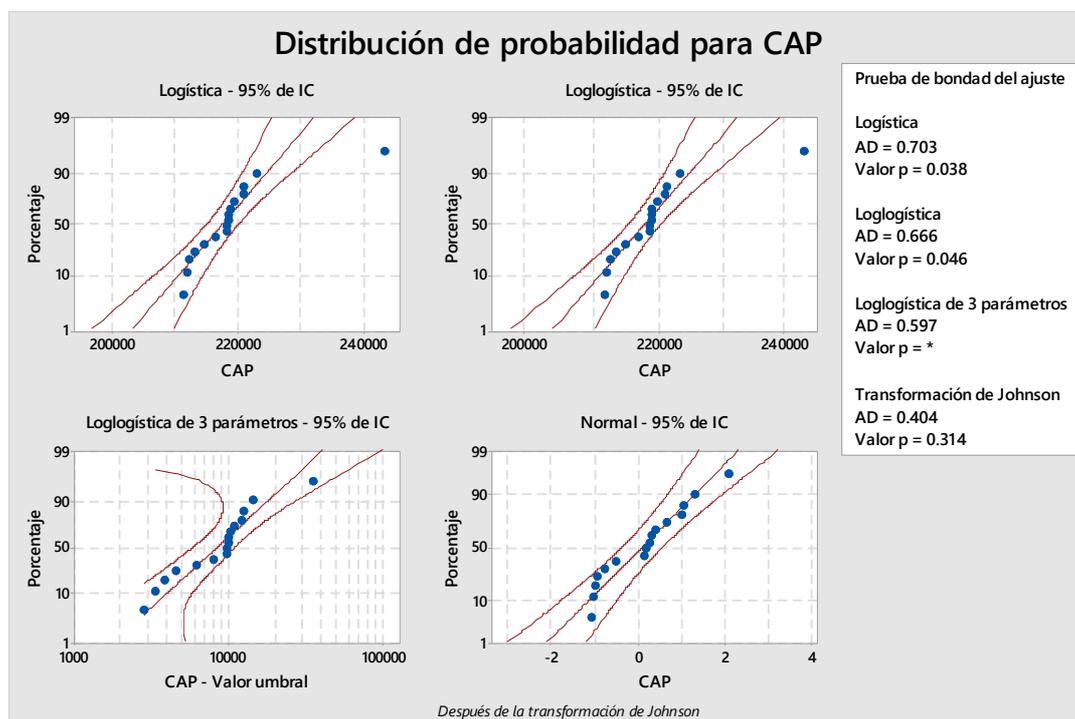


Figura 8. Distribuciones para el CAP

Fuente: elaboración propia

4.6 Análisis de año óptimo de reemplazo

- Escenario 1: 1,012,000 Kilómetros de utilización en 16 años.

Antes de realizar el análisis de la simulación de Montecarlo para determinar los años óptimos de remplazo, se generó un diseño de experimento en Minitab con los datos de la Tabla 11 a fin de obtener la ecuación que caracteriza a los años que depende del CAP y los kilómetros acumulados, se usó el modelo de superficie.

Tabla 11. Datos para el diseño de experimentos de los años. Escenario1

| CAP | Kilómetros acumulados | Años |
|---------|-----------------------|------|
| 243,053 | 61,643 | 1 |
| 218,224 | 123,391 | 2 |
| 212,300 | 185,236 | 3 |
| 211,350 | 246,650 | 4 |
| 211,833 | 308,617 | 5 |
| 213,099 | 370,540 | 6 |
| 214,586 | 435,217 | 7 |
| 216,405 | 497,965 | 8 |
| 218,637 | 560,944 | 9 |
| 220,828 | 625,356 | 10 |
| 219,327 | 688,094 | 11 |
| 218,515 | 753,417 | 12 |
| 218,389 | 818,064 | 13 |
| 218,185 | 883,661 | 14 |
| 220,673 | 948,465 | 15 |
| 222,840 | 1,012,000 | 16 |

Fuente: elaboración propia

Con estos datos se obtuvo la ecuación 9 que es la de correspondencia de los años con el CAP y los kilómetros acumulados.

$$\text{Año} = 6.50 - 5.66E-05 * \text{CAP} + 1.37E-05 * \text{Km} + 1.22E-10 * \text{CAP}^2 - 6.80E-13 * \text{Km}^2 + 1.25E-11 * \text{CAP} * \text{Km} \dots [9]$$

Del análisis de CAP mínimo, se tiene que los valores mínimos para que nuestro modelo sea el óptimo va desde \$211,350 hasta \$218,185, siendo una restricción de cálculo para los valores aleatorios que se usaran en la simulación de Montecarlo se generar los 1000 valores aleatorios de kilómetros acumulados para el cálculo de los años más probables de ocurrencia de estos casos (Figura 9).

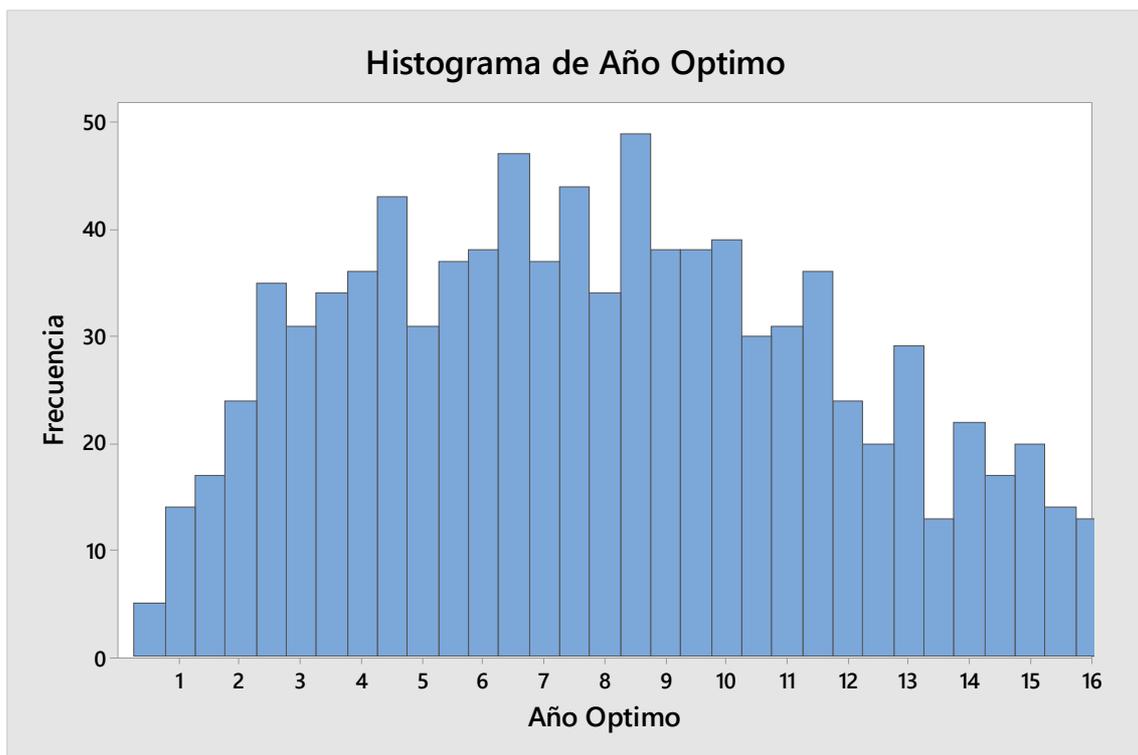


Figura 9. Distribución de año de reemplazo. Escenario1.

Fuente: elaboración propia

Analizando la frecuencia en el rango de 1 a 16 años se observa que el punto óptimo de reemplazo es el año 8.5. Si analizamos el reemplazo después de los 12 años contractuales se aprecia que la mayor probabilidad de reemplazo se dará en el año 13.

- Escenario 2: 1,264,351 kilómetros en 16 años

Para el escenario 2 se utilizó los datos presentados en la Tabla 12 que muestra el resumen de los costos en base a mayor utilización del bus.

Tabla 12. Datos del escenario 2

| Año | Σ Costo de Compra | Depreciación | Residual Acumulado | Km Acumulado | Σ Costo de Mantenimiento | Σ Costo de Operación | VR Valor de Rescate | TAC | CAP | AAC/Km |
|-----|-------------------|--------------|--------------------|--------------|--------------------------|----------------------|---------------------|----------------|---------------|---------|
| 1 | \$380,000 | \$76,000 | \$342,000 | 62,872.4 | \$10,938 | \$155,724 | \$304,452 | \$280,210.33 | \$280,210.334 | \$4.457 |
| 2 | \$380,000 | \$76,000 | \$304,000 | 125,573.0 | \$27,632 | \$314,985 | \$287,924 | \$510,694.11 | \$255,347.056 | \$4.072 |
| 3 | \$380,000 | \$76,000 | \$266,000 | 188,273.6 | \$48,490 | \$477,892 | \$271,396 | \$748,985.99 | \$249,661.997 | \$3.982 |
| 4 | \$380,000 | \$76,000 | \$228,000 | 258,250.5 | \$71,598 | \$644,553 | \$254,867 | \$993,284.46 | \$248,321.115 | \$3.549 |
| 5 | \$380,000 | \$76,000 | \$190,000 | 336,881.3 | \$100,876 | \$815,084 | \$238,339 | \$1,247,621.27 | \$249,524.255 | \$3.173 |
| 6 | \$380,000 | \$0 | \$152,000 | 422,553.6 | \$133,351 | \$989,602 | \$221,811 | \$1,433,142.23 | \$238,857.039 | \$2.788 |
| 7 | \$380,000 | \$0 | \$114,000 | 505,677.3 | \$164,588 | \$1,168,228 | \$205,283 | \$1,621,533.56 | \$231,647.651 | \$2.787 |
| 8 | \$380,000 | \$0 | \$76,000 | 589,897.5 | \$199,950 | \$1,351,086 | \$188,754 | \$1,818,281.34 | \$227,285.168 | \$2.699 |
| 9 | \$380,000 | \$0 | \$38,000 | 674,348.4 | \$231,418 | \$1,538,304 | \$172,226 | \$2,015,496.25 | \$223,944.028 | \$2.652 |
| 10 | \$380,000 | \$0 | \$0 | 758,568.6 | \$262,663 | \$1,730,017 | \$155,698 | \$2,216,982.24 | \$221,698.224 | \$2.632 |
| 11 | \$380,000 | \$0 | \$0 | 842,788.8 | \$291,510 | \$1,888,359 | \$139,170 | \$2,420,699.83 | \$220,063.621 | \$2.613 |
| 12 | \$380,000 | \$0 | \$0 | 927,009.0 | \$322,963 | \$2,051,472 | \$122,641 | \$2,631,793.69 | \$219,316.141 | \$2.604 |
| 13 | \$380,000 | \$0 | \$0 | 1,011,460.0 | \$355,814 | \$2,219,568 | \$106,113 | \$2,849,269.12 | \$219,174.548 | \$2.595 |
| 14 | \$380,000 | \$0 | \$0 | 1,095,680.2 | \$389,825 | \$2,392,731 | \$89,585 | \$3,072,970.99 | \$219,497.928 | \$2.606 |
| 15 | \$380,000 | \$0 | \$0 | 1,180,131.1 | \$453,585 | \$2,571,115 | \$73,057 | \$3,331,643.77 | \$222,109.585 | \$2.630 |
| 16 | \$380,000 | \$0 | \$0 | 1,264,351.3 | \$510,768 | \$2,754,879 | \$56,528 | \$3,589,119.03 | \$224,319.939 | \$2.663 |

Fuente: elaboración propia

En la tabla 12 se puede apreciar que los CAP menores están en los años 12 y 13 y van desde \$219,174.548 y \$219,316.141, por lo que estos valores representan el límite para la generación de datos aleatorios en el segundo escenario. De la tabla 14 se genera un DDE para obtener la ecuación 10 que rige el año de reemplazo.

$$\text{Año} = -3.28E + 01 + 2.54E - 04 * \text{CAP} + 1.7E - 05 * \text{Km} - 4.86E - 10 * \text{CAP}^2 - 1.64E - 12 * \text{Km}^2 - 8.61E - 12 * \text{CAP} * \text{Km} \dots\dots\dots[10]$$

Con estos datos se realizó la simulación de Montecarlo para 1000 datos aleatorios (Figura 10).

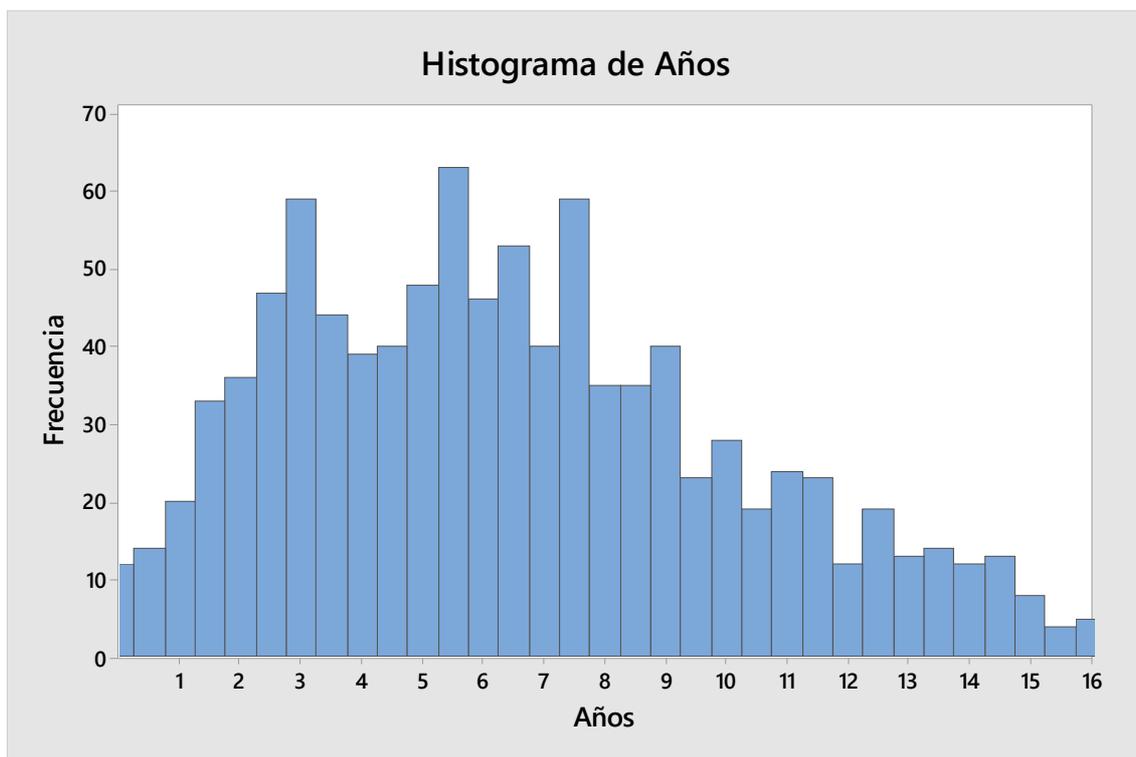


Figura 10. Distribución de año de reemplazo. Escenario 2

Fuente: elaboración propia

Analizando la frecuencia en el rango de 1 a 16 años se observa que el momento óptimo es en el año 5.5. Al analizar el reemplazo después de los

12 años contractuales se aprecia que la mayor probabilidad de reemplazo se dará en el año 12.5.

El análisis de los histogramas para ambos escenarios nos muestra cual es la mejor opción para tomar decisiones de reemplazo en restricciones de cuenta definidas anteriormente.

Para el escenario 1, el treceavo año es el valor más alto, después del tiempo de contrato.

Para el escenario 2, a los 12.5 años se visualiza el punto óptimo de reemplazo de la flota.

4.7 Análisis Km óptimo de reemplazo

- Escenario 1

Con los datos de la tabla 11 de CAP, años y kilometraje se genera un DDE para obtener la ecuación 11 que gobierna los kilómetros del escenario 1 basados en el CAP y los años, la cual es:

$$\text{Km} = -388463 + 3.39 \text{ CAP} + 71221 \text{ Año} - 0.000007 \text{ CAP}^2 + 173.9 \text{ Año}^2 - 0.0490 \text{ CAP} * \text{Año} \dots [11]$$

Con esta ecuación se generar 1000 datos aleatorios que nos permitirán analizar el kilometraje óptimo de reemplazo de la flota en el primer escenario.

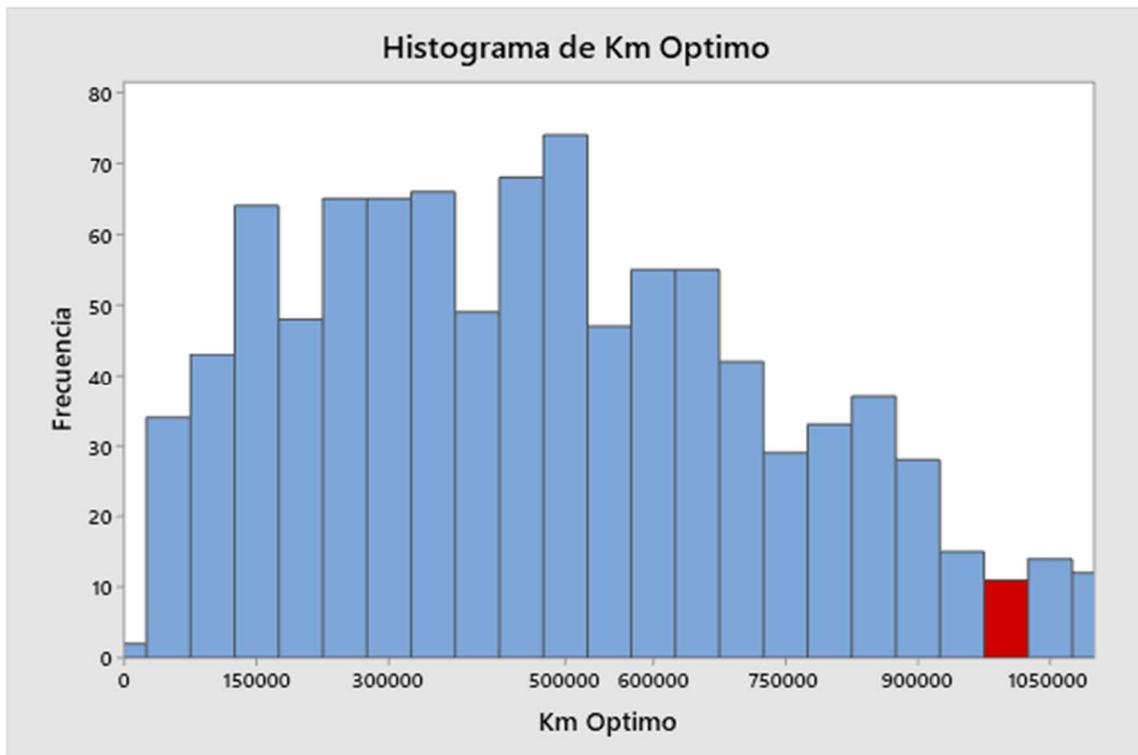


Figura 11. Frecuencia de kilómetros primer escenario

Fuente: elaboración propia

En este escenario el kilometraje óptimo de reemplazo es de 500,000 kilómetros según la gráfica de análisis (Figura 11), sin embargo, teniendo en cuenta la condición de 1,000,000 de kilómetros, el siguiente punto óptimo de reemplazo es de 1,050,000 kilómetros.

- Análisis escenario 2 kilometraje de 38,000 a 150,000 km a año

Del mismo modo que se analizó el escenario 1, en el escenario 2 se obtuvo la ecuación 12 que representa el comportamiento de los kilómetros mediante un DDE.

$$Km = 2456266 - 18.80 \text{ CAP} + 48209 \text{ Año} + 0.000036 \text{ CAP}^2 + 863 \text{ Año}^2 + 0.065 \text{ CAP} \cdot \text{Año} \dots\dots[12]$$

Con esta ecuación se generaron 1000 datos aleatorios que permitieron analizar el kilometraje óptimo de reemplazo de la flota en el segundo escenario.

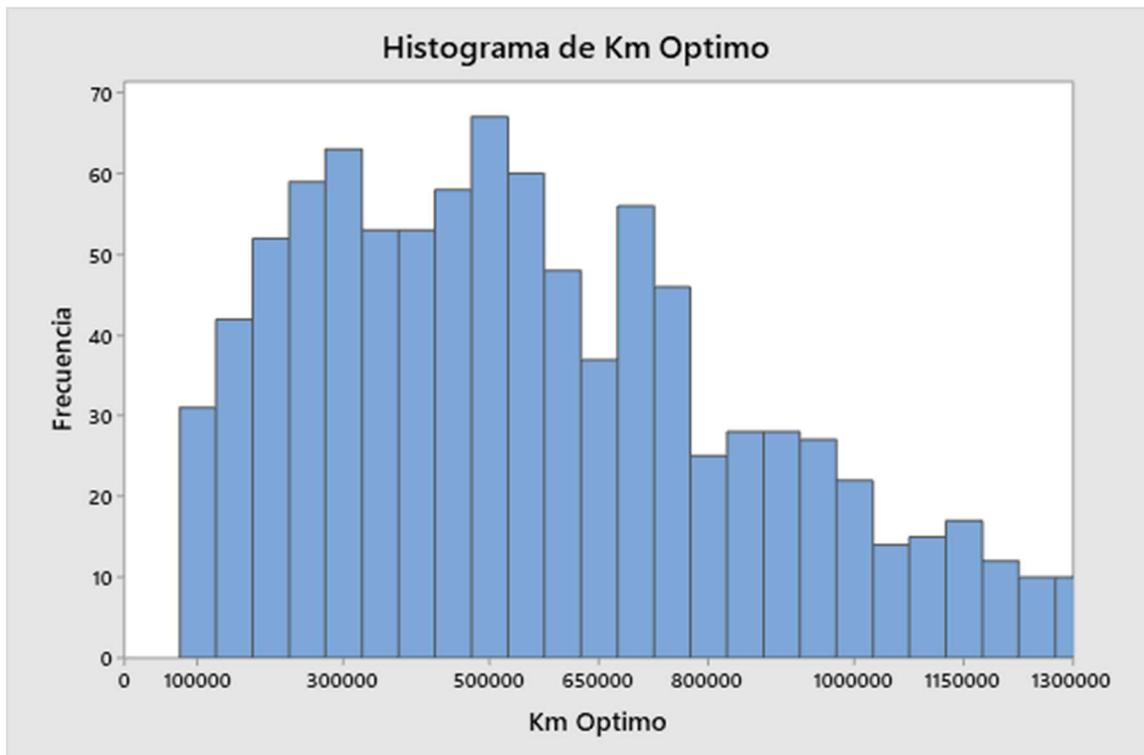


Figura 12. Frecuencia de kilómetros Escenario 2

Fuente: elaboración propia

Según la Figura12 se puede indicar que hay dos puntos de reemplazo: A los 500,000 kilómetros, que no cumpliría la condición contractual y después del kilometraje contratado tenemos 1,150,000 de kilómetros como punto de reemplazo, como en el escenario 2 existen condiciones más cercanas al contrato se realizó una simulación con estos datos mediante una ecuación de superficie de respuesta.

4.8 Cálculo de ecuación de superficie año, kilometraje y CAP

Ya con el análisis de los dos escenarios se toma el modelo más favorable para el modelo de negocio (Tabla 13), se verá la opción más favorable, por tanto, se tomará el escenario 2 y se analizara los costos CAP que dependen del año y el kilometraje del bus.

Tabla 13. Datos del escenario 2

| Año | Km Acumulado | CAP |
|-----|--------------|--------------|
| 1 | 62,872.4 | \$280,210.33 |
| 2 | 125,573.0 | \$255,347.06 |
| 3 | 188,273.6 | \$249,662.00 |
| 4 | 258,250.5 | \$248,321.11 |
| 5 | 336,881.3 | \$249,524.25 |
| 6 | 422,553.6 | \$238,857.04 |
| 7 | 505,677.3 | \$231,647.65 |
| 8 | 589,897.5 | \$227,285.17 |
| 9 | 674,348.4 | \$223,944.03 |
| 10 | 758,568.6 | \$221,698.22 |
| 11 | 842,788.8 | \$220,063.62 |
| 12 | 927,009.0 | \$219,316.14 |
| 13 | 1,011,460.0 | \$219,174.55 |
| 14 | 1,095,680.2 | \$219,497.93 |
| 15 | 1,180,131.1 | \$222,109.58 |
| 16 | 1,264,351.3 | \$224,319.94 |

Fuente: elaboración propia

Con estos datos se genera un diseño de experimento en Minitab y se obtiene la ecuación de regresión para el CAP de acuerdo con la fórmula 12.

$$\text{CAP} = 321359 - 43791 \text{ Año} - 0.10 \text{ Km} + 11534 \text{ Año}^2 - 0.000004 \text{ Km}^2 + 0.19 \text{ Año} * \text{Km} \dots [12]$$

De esta simulación se obtiene la figura de superficie, de donde se puede analizar qué parámetro (s) serían los mejores para uso del vehículo de la flota durante su vida útil, optimizando sus costos. Este análisis correlacionó los parámetros: kilometraje anual, edad del vehículo y el costo promedio anual (Figura 13).

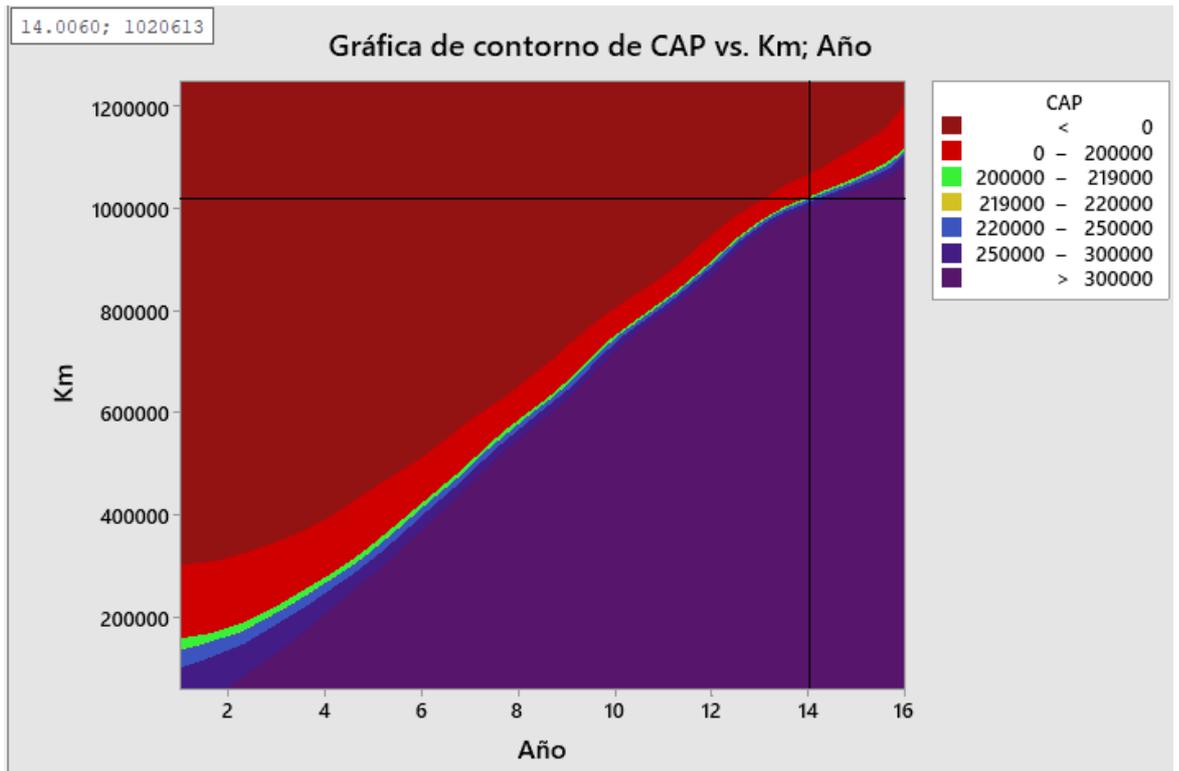


Figura 13. Superficie CAP vs año y kilómetros,

Nota: punto óptimo (14 años, 1,020,633 km y \$219,174.548 en el año)

Fuente: elaboración propia

A través de la indicación de un punto óptimo con el escenario 2 donde se utilizaron 1,000 simulaciones se visualiza que el punto óptimo es 14 años y 1,000,000 km, este análisis demuestra otra combinación durante su vida útil, para generar estrategias de operación se debe basar en este punto.

4.9 Otros métodos de cálculo

4.9.1 Método de reposición para activos

Se realizó el análisis del método de reposición para activos, Tabla 14:

Tabla 14. Datos método de reposición de activos

| Años | Valor de Activo | Depreciación | Valor Residual | Σ Acumulado Repuestos | Σ Depreciación Repuestos | Valor residual Fin de Año | Valor de rescate | Costo Acumulado de Mantenimiento | Periodo Optimo de renovación | |
|------|-----------------|--------------|----------------|-----------------------|--------------------------|---------------------------|------------------|----------------------------------|------------------------------|-------------------|
| | | | | | | | | | Diferencia I-III | Diferencia II-III |
| 1 | \$380,000.00 | \$76,000.00 | \$304,000.00 | \$7,185.39 | | \$309,748.31 | \$304,452.00 | \$11,781.00 | \$297,967.31 | \$292,671.00 |
| 2 | \$304,000.00 | \$76,000.00 | \$228,000.00 | \$19,206.66 | \$1,437.08 | \$243,365.33 | \$287,923.75 | \$29,387.00 | \$213,978.33 | \$258,536.75 |
| 3 | \$228,000.00 | \$76,000.00 | \$152,000.00 | \$31,747.14 | \$5,278.41 | \$177,397.71 | \$271,395.50 | \$50,404.00 | \$126,993.71 | \$220,991.50 |
| 4 | \$152,000.00 | \$76,000.00 | \$76,000.00 | \$47,681.68 | \$11,627.84 | \$114,145.34 | \$254,867.25 | \$75,715.00 | \$38,430.34 | \$179,152.25 |
| 5 | \$76,000.00 | \$76,000.00 | \$0.00 | \$64,820.69 | \$21,164.17 | \$51,856.55 | \$238,339.00 | \$102,418.00 | -\$50,561.45 | \$135,921.00 |
| 6 | \$0.00 | \$0.00 | \$0.00 | \$83,447.42 | \$34,128.31 | \$66,757.93 | \$221,810.75 | \$130,800.00 | -\$64,042.07 | \$91,010.75 |
| 7 | \$0.00 | \$0.00 | \$0.00 | \$101,855.04 | \$50,817.80 | \$81,484.03 | \$205,282.50 | \$159,158.00 | -\$77,673.97 | \$46,124.50 |
| 8 | \$0.00 | \$0.00 | \$0.00 | \$121,459.66 | \$71,188.80 | \$97,167.73 | \$188,754.25 | \$188,912.00 | -\$91,744.27 | -\$157.75 |
| 9 | \$0.00 | \$0.00 | \$0.00 | \$143,851.29 | \$95,480.73 | \$115,081.03 | \$172,226.00 | \$221,656.00 | -\$106,574.97 | -\$49,430.00 |
| 10 | \$0.00 | \$0.00 | \$0.00 | \$165,597.87 | \$124,250.99 | \$132,478.29 | \$155,697.75 | \$253,962.00 | -\$121,483.71 | -\$98,264.25 |
| 11 | \$0.00 | \$0.00 | \$0.00 | \$184,270.26 | \$157,370.56 | \$147,416.21 | \$139,169.50 | \$283,405.00 | -\$135,988.79 | -\$144,235.50 |
| 12 | \$0.00 | \$0.00 | \$0.00 | \$203,224.24 | \$194,224.62 | \$162,579.39 | \$122,641.25 | \$313,345.00 | -\$150,765.61 | -\$190,703.75 |
| 13 | \$0.00 | \$0.00 | \$0.00 | \$224,280.50 | \$234,869.46 | \$179,424.40 | \$106,113.00 | \$345,607.00 | -\$166,182.60 | -\$239,494.00 |
| 14 | \$0.00 | \$0.00 | \$0.00 | \$238,577.59 | \$279,725.56 | \$190,862.07 | \$89,584.75 | \$371,446.00 | -\$180,583.93 | -\$281,861.25 |
| 15 | \$0.00 | \$0.00 | \$0.00 | \$287,278.42 | \$327,441.08 | \$229,822.73 | \$73,056.50 | \$432,035.00 | -\$202,212.27 | -\$358,978.50 |
| 16 | \$0.00 | \$0.00 | \$0.00 | \$330,081.60 | \$384,896.77 | \$330,081.60 | \$56,528.25 | \$487,083.00 | -\$157,001.40 | -\$430,554.75 |

Fuente: elaboración propia

Con estos datos se generó la Figura 14 para el análisis correspondiente con los valores de valor residual, valor de rescate y costo acumulado.

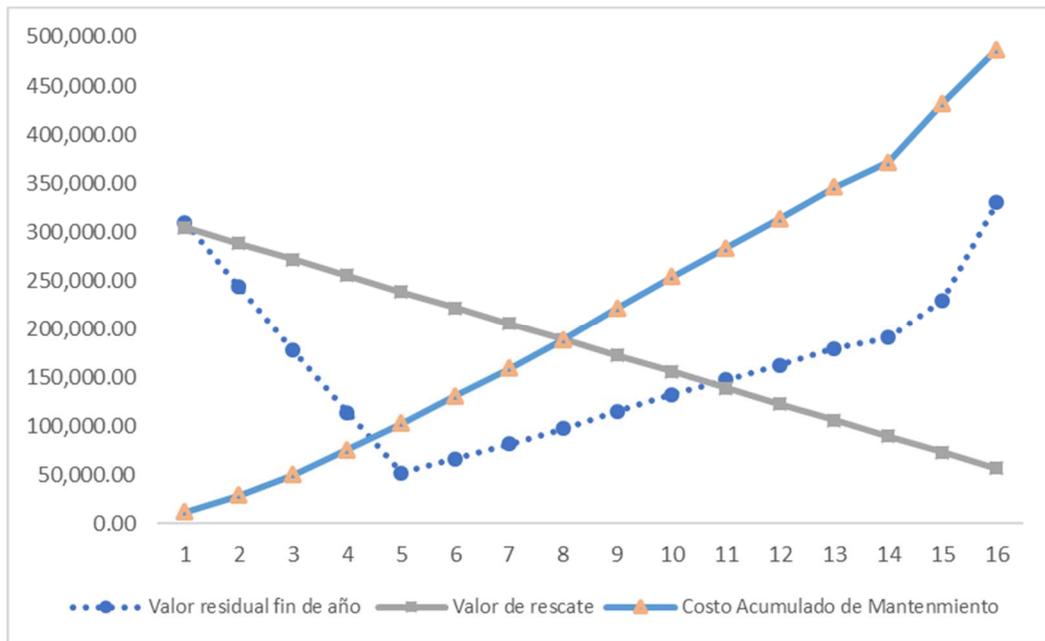


Figura 14. Reposición de activos del estudio

Fuente: elaboración propia

De acuerdo con el análisis de la figura 14 el momento óptimo de reemplazo donde intercepta el valor de rescate y el costo acumulado de mantenimiento es el año 8, en este análisis se aprecia que después del año 8 los valores van alejándose, indicando que con el paso del tiempo se asumirán costos mayores.

4.9.2 Análisis de costo promedio anual (CPA)

Se realizó el análisis con el método de costo promedio anual para el estudio que se está realizando (Tabla 15).

Tabla 15. Datos del costo promedio anual del estudio

| Año | Depreciación acumulada | Σ Mantenimiento Acumulado | VR Valor de Rescate | Costo Promedio Anual (CPA) | Costo Anual (CA) | CA-CPA |
|-----|------------------------|---------------------------|---------------------|----------------------------|------------------|-------------|
| 1 | \$76,000.00 | \$11,781.00 | \$304,452.00 | \$87,781.00 | \$87,781.00 | \$0.00 |
| 2 | \$152,000.00 | \$29,387.00 | \$287,924.00 | \$90,693.50 | \$93,606.00 | \$2,912.50 |
| 3 | \$228,000.00 | \$50,404.00 | \$271,396.00 | \$92,801.33 | \$97,017.00 | \$4,215.67 |
| 4 | \$304,000.00 | \$75,715.00 | \$254,867.00 | \$94,928.75 | \$101,311.00 | \$6,382.25 |
| 5 | \$380,000.00 | \$102,418.00 | \$238,339.00 | \$96,483.60 | \$102,703.00 | \$6,219.40 |
| 6 | \$0.00 | \$130,800.00 | \$221,811.00 | \$21,800.00 | \$28,382.00 | \$6,582.00 |
| 7 | \$0.00 | \$159,158.00 | \$205,283.00 | \$22,736.86 | \$28,358.00 | \$5,621.14 |
| 8 | \$0.00 | \$188,912.00 | \$188,754.00 | \$23,614.00 | \$29,754.00 | \$6,140.00 |
| 9 | \$0.00 | \$221,656.00 | \$172,226.00 | \$24,628.44 | \$32,744.00 | \$8,115.56 |
| 10 | \$0.00 | \$253,962.00 | \$155,698.00 | \$25,396.20 | \$32,306.00 | \$6,909.80 |
| 11 | \$0.00 | \$283,405.00 | \$139,170.00 | \$25,764.09 | \$29,443.00 | \$3,678.91 |
| 12 | \$0.00 | \$313,345.00 | \$122,641.00 | \$26,112.08 | \$29,940.00 | \$3,827.92 |
| 13 | \$0.00 | \$345,607.00 | \$106,113.00 | \$26,585.15 | \$32,262.00 | \$5,676.85 |
| 14 | \$0.00 | \$371,446.00 | \$89,585.00 | \$26,531.86 | \$25,839.00 | -\$692.86 |
| 15 | \$0.00 | \$432,035.00 | \$73,057.00 | \$28,802.33 | \$60,589.00 | \$31,786.67 |
| 16 | \$0.00 | \$487,083.00 | \$56,528.00 | \$30,442.69 | \$55,048.00 | \$24,605.31 |

Fuente: elaboración propia

De acuerdo con estos datos se generó la Figura 15 para el análisis correspondiente de este método, se aprecia que entre el año 5 y 6 hay un punto sensible a cualquier variación pero que está al límite de costos.

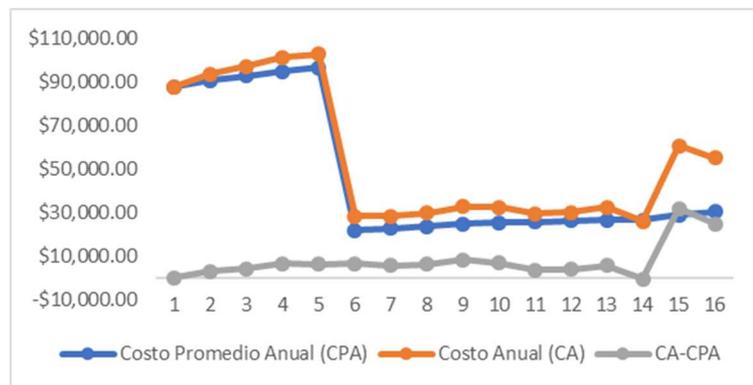


Figura 15. Costo promedio anual del estudio

Fuente: elaboración propia

Se puede ver en la gráfica 15 que el punto más bajo del CA-CPA y que es el punto óptimo de reemplazo se da en el año 14 por tanto, es el punto óptimo de reemplazo.

CAPITULO V : DISCUSIÓN DE RESULTADOS

Según los resultados obtenidos en el primer análisis (Tabla 12) el año óptimo para el reemplazo de la flota es el año 13 de acuerdo a la fórmula de CAP, cuyo valor es \$219,174.548, en comparación con los resultados obtenidos en la investigación de Riechi, Macián, Tormos & Ávila (2017), donde estimaron como año óptimo año el séptimo, esto debido a que sus costos operativos y de mantenimiento se incrementan de manera elevada año tras año a diferencia de los costos obtenidos en esta investigación que tienen fluctuaciones pero no tan significantes. Así mismo, en la investigación de De Sá (2018) el momento óptimo de reemplazo para la flota española fue el año séptimo mientras que para la flota brasileña fue el quinto año, este último resultado debido a condiciones ambientales que la flota está sujeta.

En la revisión de los dos escenarios que se han propuesto para el análisis aplicando el método Montecarlo en los escenarios: 38,000 a 128,000 km (Fig.11) y 38,000 a 150,000 km (Figura12) , el escenario más óptimo para el proyecto es el segundo que muestra que en 1,150,000 km se cumple entre los años 12 y 16, de la misma forma que la investigación realizada por Riechi, Macián, Tormos & Ávila (2017) y el trabajo de investigación de De Sá (2018), donde se evalúa dos escenarios de la misma manera con tiempos menores de reemplazo de flota por los costos indicados.

Mediante un análisis más completo de las variables de año, kilometrajes y CAP, con los valores obtenidos en la simulación de Montecarlo, se tiene una

pequeña zona de reemplazo óptimo a los 14 años y con 1,000,000 de kilómetros coincidiendo con el análisis de CAP en la tabla 2, a diferencia de investigación de Riechi, Macián, Tormos & Ávila (2017) y el trabajo de investigación de De Sá (2018), esto debido a que sus costos tienen una tendencia de crecimiento continuo.

La metodología del costo del ciclo de vida y simulación de Montecarlo utilizada en esta investigación es válida dado que se aplicó a un caso real en una empresa de transporte de buses en Lima, la combinación de estos dos modelos permite no solo la evaluación del momento óptimo de reemplazo sino también un análisis de costo general de la vida de la flota, el cual indica el tiempo, los kilómetros y el costo unitario por kilómetro sobre la vida del vehículo.

Esta metodología utilizada basada en las referencias de Riechi, Macián, Tormos & Ávila (2017) y la investigación de De Sá (2018) se puede aplicar a otras empresas de Flota de buses con características similares en Perú y en el extranjero.

El resultado en ambos análisis utilizando el costo del ciclo de vida convencional y el método de simulación de Montecarlo después de los 12 años de contrato, el momento óptimo de reemplazo es de 14 años.

Según los resultados obtenidos, esta investigación se puede aplicar para cualquier empresa de flota de buses con características similares en Perú; mientras que, para empresas de flota de buses en el extranjero, se estima realizar otros estudios por variación de los costos de mantenimiento y operación.

Se contrastan las siguientes hipótesis:

Se valida que los kilómetros de recorrido sí influyen en el momento óptimo de reemplazo para una flota de buses troncales dado que a más de 1000000 kilómetros de recorrido es necesario reemplazar los buses por aumento en el CAP.

Se valida que los años de uso sí influyen en el momento óptimo de reemplazo, dado que después de los 14 años el proyecto resulta inviable por tener un CAP mayor.

Con el análisis del método Montecarlo se pudo verificar que es más completo que los otros métodos estadísticos utilizados, dado que en los otros métodos presentan mucha dispersión en los resultados.

CONCLUSIONES

De acuerdo con la investigación se concluye lo siguiente:

1. Analizando los kilometrajes de óptimos de reemplazo se puede considerar el rango más apropiado entre 1050,000 a 1150,000 km de acuerdo con el modelo de Montecarlo en este rango tenemos un CAP entre 219,174 a 222,319 esto solo analizando el mayor uso en kilómetros del bus.
2. En esta investigación se pudo determinar que los años de servicio que se da después del año 12 de operación con un CAP de 218,515, si bien influyen en el costo de ciclo de vida, es una parte del análisis ya que tiene más impacto en temas contables que operativos, esto debe alinearse al servicio y condiciones de contrato a realizar.
3. El análisis estadístico Montecarlo es más completo que los otros métodos alternativos tales como: reposición de activos, costo promedio anual y el costo unitario anual dado que sus resultados presentaron mucha dispersión entre ellos por las limitaciones en su análisis basado en la madurez de las organizaciones en la recolección de costos, gastos de operación y mantenimiento que dieron resultados con mucha variabilidad. En síntesis, la conclusión global es que el momento óptimo de reemplazo para este tipo de flota de transporte urbano es cuando la flota llega al millón de kilómetros operados y 14 años de servicio, de acuerdo con el análisis de la combinación de los modelos LCC y Montecarlo, con un CAP

de \$219,174.548 que es el más bajo dentro de la duración exigida por el contrato de concesión.

RECOMENDACIONES

Este tipo de estudio se puede replicar en empresas que manejen flotas con similares características, no solo de servicio de transporte urbano, sino empresas con flotas en general, lo que les permitirá una mayor visión de sus costos en proyectos o negocios.

Este análisis puede ser el inicio para realizar uno más complejo donde se puede agregar los costos de implementación, capacitaciones y manejo y retención de personal que influirán en el costo de operación y por ende en el costo de ciclo de vida de la flota.

REFERENCIAS

- Aregbesola, A., Eyiolorunshe, T., Idiegbeyan-Ose, J., Opeke, R., & Owolabi, S. (2019). Relationship between motivation and job of staff on university libraries , Nigeria. *Academy of Strategic Management Journal*, 18, 1-13.
- Arredondo, B. (2014). *Reposición Vehicular para el auto transporte de servicio pesado (Tesis de maestria)*. México: Universidad Nacional Autonoma de México.
- Avilés, J. (1996). Momento económico óptimo para el reemplazo de unidades. *Revista de Marina*(833), 1-8.
- Block, S., Hirt, G., & Bartley, D. (2013). Fundamentos de la administracion Financiera. En S. Block, G. Hirt, & D. Bartley, *Fundamentos de la administracion Financiera*. México: Mcgraw-Hill/Interamericana Editores, S.A.
- Campuzano, O. P. (30 de Julio de 2019). *El Comercio*. Recuperado de El Comercio: <https://elcomercio.pe/lima/transporte/metropolitano-agudiza-controversia-alza-pasajes-noticia-573038>
- Cevallos, M., Davila, P., & Mantilla, D. (2015). *Contabilidad general para docentes y estudiantes de nivel superior*. Ecuador: Raya Creativa.
- Chihuahua, I. t. (2 de Setiembre de 2019). *itchihuahua*. Recuperado de itchihuahua:

<http://www.itchihuahua.edu.mx/academic/industrial/estadistica1/cap02c.html>

Ciroth, A., Huppel, G., Klöpffer, W., Rüdener, I., Steen, B., & Swarr, T. (2008). *Environmental life cycle costing*. New York: The Society of Environmental Toxicology and Chemistry (SETAC).

Conpropia S.A.S. (22 de Noviembre de 2019). *Conpropia*. Recuperado de Conpropia: <https://conpropia.com/valor-de-salvamento-activo/>

CPI. (30 de Julio de 2019). *Transporte utilizado diariamente-CPI*. Recuperado de Transporte utilizado diariamente-CPI: https://cpi.pe/images/upload/paginaweb/archivo/26/transporte_taxi_201611.pdf

De Sá, J. (2018). Desarrollo de un modelo para optimización del reemplazo de vehículos para una flota de transporte urbano de pasajeros. (*Tesis doctoral*). Universidad Politécnica de Valencia, Valencia.

Devore, J. (2008). *Probabilidad y estadísticas para ciencia e ingeniería* (7 ed.). Mexico: CENGAGE.

Duran, J., Sojo, L., & Fuenmayor, E. (17 de Junio de 2019). *Ipeman*. Recuperado de <https://www.ipeman.com/articulos/tw/decision-reemplazo-reparacion-equipo.pdf>

Economipedia. (22 de Noviembre de 2019). *Economipedia*. Recuperado de Economipedia: <https://economipedia.com/definiciones>

Economipedia. (3 de Enero de 2020). Recuperado de Economipedia:

<https://economipedia.com/definiciones/r-cuadrado-coeficiente-determinacion.html>

Emiliano, W., Alvelos, F., Telhada, J., & Lanzer, E. (2020). Transportation

Planning and Technology. *An optimization model for bus fleet*

replacement with budgetary and environmental constraints, 488-502.

doi:10.1080/03081060.2020.1763656

Fan, H., & Jin, z. (2011). A study on the factors affecting the economical life of

heavy construction equipment. *Proceedings of the 28th ISARC*, (págs.

923–928). Seoul: Korea.

Gerencie.com. (5 de Agosto de 2019). *Gerencie.com*. Recuperado de

Gerencie.com: <https://www.gerencia.com/diferencia-entre-costo-y-gasto.html>

Hansen, D., & Mowen, M. (2006). *Administracion de costos Contabilidad y*

control. México: Cengage Learning.

INEI. (19 de Junio de 2019). *Instituto de estadistica e Informatica*. Recuperado

de Instituto de estadistica e Informatica:

<https://www.inei.gob.pe/estadisticas/indice-tematico/economia/>

Juape, M. (30 de Julio de 2019). *Gestion*. Recuperado de Gestion:

<https://gestion.pe/peru/concesion-metropolitano-pactada-doce-anos-empieza-regir-249364-noticia/>

Keles, P., & Hartman, J. (2004). Case study : bus fleet replacament. *The*

Engineering Economist, 49, 253-278.

- Lopez, J. (5 de Agosto de 2019). *Economipedia*. Recuperado de Economipedia:
<https://economipedia.com/definiciones/simulacion-de-montecarlo.html>
- Meza, J. (2013). *Evaluacion financiera de proyectos*. Bogota: Ecoe Ediciones.
- Minitab. (1 de Enero de 2020). *Minitab Support*. Recuperado de Minitab
Support: <https://support.minitab.com/es-mx/minitab/19/help-and-how-to/quality-and-process-improvement/capability-analysis/supporting-topics/distributions-and-transformations-for-nonnormal-data/what-is-the-likelihood-ratio-test/>
- Ping-Teng, C. (2005). Fuzzy strategic replacement analysis. *European Journal of Operational Research*, 160, 532–559.
- Reliabilityweb.com. (22 de Noviembre de 2019). Recuperado de
Reliabilityweb.com: <https://reliabilityweb.com/sp/articles/entry/gestion-de-activos-y-ciclo-de-vida/>
- Reliabilityweb.com. (26 de Julio de 2019). *Reliabilityweb.com*. Recuperado de
Reliabilityweb.com: <https://reliabilityweb.com/sp/articles/entry/gestion-de-activos-y-ciclo-de-vida/>
- Riechi, J., Macián, V., Tormos, B., & Avila, C. (2017). Optimal fleet
replacement: A case study on a Spanish urban transport fleet. *Journal of the Operational Research Society*, 68, 886–894.
- Rios, M. (19 de Junio de 2019). *Gestion*. Recuperado de Gestion:
<https://gestion.pe/economia/antiguedad-parque-transporte-publico-lima-callao-12-5-anos-244201>

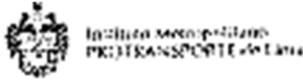
Seif, J., & Rabbani, M. (2014). Component based life cycle costing in replacement decisions. *Journal of Quality in Maintenance Engineering*, 4, 436-452.

Simple, E. (26 de Julio de 2019). *Economia simple*. Recuperado de Definición de Depreciación: <https://www.economiasimple.net/glosario/depreciacion>

Suzanne, C., & Durango-Cohen, P. (2005). On Parallel Machine Replacement Problems with General Replacement Cost. *Naval Research Logistics*, 52, 409-419.

ANEXOS

ANEXO 1: ANEXO 13 DEL CONTRATO DE CONSECION – CORREDOR SEGREGADO



Anexo N° 13 Especificaciones de Buses troncales y Alimentadores

Alcance del Documento

Esta Anexo presenta las características físicas y funcionales requeridas de los buses troncales y alimentadores que operarán en el sistema COSAC I. El propósito de este documento es presentar las definiciones en las cuales se basará el diseño de buses e infraestructura relacionada. Todas las compras de buses troncales y alimentadores para el sistema COSAC I de Lima serán basadas en especificaciones derivadas de este documento. Todos los buses deberán cumplir con las normas vigentes de Perú y de la Municipalidad Metropolitana de Lima.

1. Servicio

Los buses deben ser diseñados para ser operados en vías exclusivas y en vías con tráfico mixto. El servicio requiere buses nuevos diseñados para poder operar continuamente por lo menos:

- (i) 350 Km. para buses acoplados
- (ii) 300 Km. para buses convencionales
- (iii) 250 Km. para buses convencionales de menor tamaño

sin requerir mantenimiento o recarga de GNV. Los buses deben brindar alta confiabilidad, y bajos costos de mantenimiento. Los buses que se incorporen al sistema deben ser nuevos y de alta capacidad

1.f. Parámetros de Operación

Los buses deben ser capaces de operar y mantener el nivel de desempeño bajo todas las condiciones existentes y potenciales propuestas por Protransporte.

Los buses deben operar bajo las condiciones ambientales, de temperatura, humedad, y polvo ambiental, esperadas en la ciudad de Lima y sus alrededores. Esto incluye los niveles de salinidad ambiental y de contaminación. Los buses deben operar en condiciones que se pueden encontrar en las calles de Lima, incluyendo polvo, basura, hojas, etc. Los buses serán capaces de operar sin pérdida de potencia, y manteniendo su nivel de emisión desde nivel del mar hasta 600 metros sobre el nivel del mar.

2. Requisitos Generales

Los parámetros de diseño definidos en esta sección aplican a los buses troncales y a los buses alimentadores del sistema COSAC I que serán utilizados principalmente en la vía de tráfico exclusivo (segregada del tráfico común) y en las vías alimentadoras. Los buses troncales podrán también operar en carril prioritario en conjunto con el tráfico mixto. Los buses troncales serán de piso alto y, siempre que sea posible, usarán construcción y tecnología disponible en el mercado. Todos los componentes usados deben ser de alta calidad habiendo sido comprobados en un servicio similar. Todos los buses deben tener una vida útil de 12 (doce) años o alcanzar 1,000,000 (un millón) de Kilómetros de recorrido (lo que ocurra primero). Los buses deben cumplir con todas las especificaciones indicadas, tanto en el primer año de uso como el año doce. Todos los buses deben cumplir con las normas que tengan jurisdicción sobre el sistema.

Protransporte podrá adicionar, eliminar y/o modificar elementos a la tipología de los Buses, que por su condición y/o por circunstancias tecnológicas y/o de infraestructura,

ANEXO 1: INFORME N° 196-2006-SUNAT/2B0000

SUMILLA:

Tratándose de maquinaria que es arrendada exclusivamente para su uso en la actividad de construcción, el propietario de dicha maquinaria, para los fines de la determinación del Impuesto a la Renta de su cargo debe aplicar como porcentaje anual máximo de depreciación el 20%.

INFORME N° 196-2006-SUNAT/2B0000

MATERIA:

Se formula la siguiente consulta relacionada con el Impuesto a la Renta:

¿Cuál es el porcentaje de depreciación que correspondería aplicar a una maquinaria de propiedad de una compañía dedicada al arriendo de tales bienes exclusivamente a empresas dedicadas a actividades de construcción?

BASE LEGAL:

- Texto Único Ordenado de la Ley del Impuesto a la Renta aprobado por el Decreto Supremo N° 179-2004-EF, publicado el 8.12.2004 y normas modificatorias (en adelante, TUO de la Ley del Impuesto a la Renta).
- Reglamento de la Ley del Impuesto a la Renta, aprobado por el Decreto Supremo N° 122-94-EF, publicado el 21.9.1994 y normas modificatorias (en adelante Reglamento del Impuesto a la Renta).

ANÁLISIS:

Para efecto de la presente consulta, se parte de la premisa que la maquinaria objeto de arriendo es usada exclusivamente en la actividad de construcción. En tal sentido se tiene que:

1. El artículo 38° del TUO de la Ley del Impuesto a la Renta dispone que el desgaste o agotamiento que sufran los bienes del activo fijo que los contribuyentes utilicen en negocios, industria, profesión u otras actividades productoras de rentas gravadas de tercera categoría, se compensará mediante la deducción por las depreciaciones admitidas en la propia ley.

Agrega que las depreciaciones a que se refiere el párrafo anterior se aplicarán a los fines de la determinación del impuesto y para los demás efectos previstos en normas tributarias, debiendo computarse anualmente y sin que en ningún caso puedan hacerse incidir en un ejercicio gravable depreciaciones correspondientes a ejercicios anteriores.

Además, señala que cuando los bienes del activo fijo sólo se afecten parcialmente a la producción de rentas, las depreciaciones se efectuarán en la proporción correspondiente.

El artículo 40° del referido TUO señala que los demás bienes ⁽¹⁾ afectados a la producción de rentas gravadas se depreciarán aplicando, sobre su valor, el porcentaje que al efecto establezca el reglamento.

Añade que en ningún caso se podrá autorizar porcentajes de depreciación mayores a los contemplados en dicho reglamento.

2. Por su parte, el inciso b) del artículo 22° del Reglamento del TUO de la Ley del Impuesto a la Renta, señala que, para el cálculo de la depreciación, los demás bienes afectados a la producción de rentas gravadas de la tercera categoría, se depreciarán aplicando el porcentaje que resulte de la siguiente tabla:

| BIENES | PORCENTAJE ANUAL MÁXIMO DE DEPRECIACIÓN |
|--|---|
| 1. Ganado de trabajo y reproducción; redes de pesca | 25% |
| 2. Vehículos de transporte terrestre (excepto ferrocarriles); hornos en general | 20% |
| 3. Maquinaria y equipo utilizados por las actividades minera, petrolera y de construcción, excepto muebles, enseres y equipos de oficina | 20% |
| 4. Equipos de procesamiento de datos | 25% |
| 5. Maquinaria y equipo adquirido a partir del 1.1.1991 | 10% |
| 6. Otros bienes del activo fijo | 10% |

Se indica además que la depreciación aceptada tributariamente será aquella que se encuentre contabilizada dentro del ejercicio gravable en los libros y registros contables, siempre que no exceda el porcentaje máximo establecido en la tabla antes indicada, para cada unidad del activo fijo, sin tener en cuenta el método de depreciación aplicado por el contribuyente.

3. De las normas glosadas, se tiene que los contribuyentes generadores de rentas de tercera categoría autorizados a depreciar los bienes de su activo fijo utilizados en la generación de la renta gravada deben hacerlo aplicando la depreciación registrada en su contabilidad, considerando como límite a los porcentajes señalados en el Reglamento de la Ley del Impuesto a la Renta.

De otro lado, la Tabla que establece los porcentajes anuales máximos de depreciación a los fines de la determinación del Impuesto a la Renta, señala un 20% anual de depreciación para la maquinaria y equipo utilizados, entre otras actividades expresamente indicadas, en la de construcción.

4. De otro lado, el párrafo 53 de la Norma Internacional de Contabilidad (NIC) N° 17–Arrendamientos ⁽²⁾⁽³⁾, prevé que la amortización de los activos amortizables arrendados, tratándose de activos tangibles, se calcula con arreglo a lo establecido en la NIC N° 16–Activo Inmovilizado.

Así, el párrafo 6 de la NIC N° 16 señala que la amortización es la distribución sistemática del importe amortizable de un activo a lo largo de su vida útil e indica además que, la vida útil es el período durante el cual se espera utilizar el activo amortizable por parte de la entidad, o, el número de unidades de producción o similares que se espera obtener del mismo, por parte de la entidad.

En tal sentido, de acuerdo con la NIC citada, el período de amortización de los activos fijos se supedita al período en que se consumen los beneficios económicos futuros incorporados en el activo.

5. Ahora bien, con la finalidad de determinar la depreciación, es necesario tener en cuenta el uso que se da a los activos, pues a partir de ello se puede establecer el período durante el cual se espera utilizar el activo o el número de unidades de producción o similares que se espera obtener; o, el período en que se consumen los beneficios económicos futuros incorporados en el activo. En consecuencia, desde una perspectiva contable, tratándose de bienes cedidos en arrendamiento, a efectos de determinar la vida útil y el importe de amortización asignable a cada período por el arrendador, se debe tener en cuenta el uso que le da al activo el arrendatario.

En el supuesto materia de consulta los bienes objeto de arrendamiento son utilizados exclusivamente para la actividad de construcción, correspondiendo, consecuentemente la aplicación de 20% anual como porcentaje anual máximo por depreciación, aun cuando el titular del activo no sea considerado constructor.

6. A mayor abundamiento, la Resolución del Tribunal Fiscal N° 351-2-98, ha señalado que la tasa de depreciación debe obedecer a la naturaleza y al uso al cual se destina el activo. En efecto, la indicada Resolución, refiriéndose a un contribuyente que presta servicios a una compañía minera, reconoce que el Reglamento de la Ley del Impuesto a la Renta, aprobado por Decreto Supremo N° 068-92-EF, establecía en su artículo 68° que la Maquinaria y Equipo utilizados por las actividades minera y petrolera, excepto muebles, enseres y equipo de oficina, se depreciarían en 5 años a un ritmo de 20 por ciento en función al método de línea recta (porcentaje de depreciación recogido por el artículo 22° del Reglamento de la Ley del Impuesto a la Renta vigente como límite).

Del análisis de la indicada resolución se aprecia que no se requiere necesariamente tener el giro de alguna de las actividades antes señaladas para aplicar el porcentaje de depreciación que corresponda a la actividad en la cual se están usando los bienes generadores de renta gravada.

En este orden de ideas, tratándose de maquinaria y equipo que son arrendados exclusivamente para su uso en la actividad de construcción, el propietario de dicha

7. maquinaria y equipo, para los fines de la determinación del Impuesto a la Renta de su cargo debe aplicar como porcentaje anual máximo de depreciación el 20%.

CONCLUSIÓN:

Partiendo de la premisa señalada en el presente Informe, se tiene que tratándose de maquinaria que es arrendada exclusivamente para su uso en la actividad de construcción, el propietario de dicha maquinaria, para los fines de la determinación del Impuesto a la Renta de su cargo debe aplicar como porcentaje anual máximo de depreciación el 20%.

Lima, 10 de agosto del 2006.

Original firmado por
CLARA ROSSANA URTEAGA GOLDSTEIN
Intendente Nacional Jurídico

⁽¹⁾ Toda vez que el artículo 39° del TUO de la Ley del Impuesto a la Renta señala que los edificios y construcciones se depreciarán a razón del tres por ciento (3%) anual.

⁽²⁾ De acuerdo con el artículo 223° de la Ley N° 26887, Ley General de Sociedades (publicada el 9.12.1997), los estados financieros se preparan y presentan de conformidad con las disposiciones legales sobre la materia y con principios de contabilidad generalmente aceptados en el país.

Asimismo, de acuerdo con el artículo 1° de la Resolución N° 013-98-EF/93.01, (publicada el 23.7.1998), los Principios de Contabilidad Generalmente Aceptados a que se refiere el texto del artículo 223° de la Nueva Ley General de Sociedades comprenden, substancialmente, a las Normas Internacionales de Contabilidad (NICs) oficializadas mediante Resoluciones del Consejo Normativo de Contabilidad.

⁽³⁾ NIC que regula los aspectos vinculados a los bienes cedidos en arrendamiento.

gsm
A0516-D6
IMPUESTO A LA RENTA – PORCENTAJE DE DEPRECIACIÓN DE ACTIVOS MATERIA DE ARRENDAMIENTO

DESCRIPTOR:
IMPUESTO A LA RENTA
RENTAS DE TERCERA CATEGORÍA
7.1 Rentas de tercera categoría
7.1.2 Deducciones

ANEXO 3: COSTOS DE MANTENIMIENTO ESCENARIO 1 EN DOLARES

| Año | Personal | Repuestos | Costo Mantto |
|-----|-------------|-------------|--------------|
| 1 | \$4,595.61 | \$7,184.96 | \$11,780.57 |
| 2 | \$5,584.72 | \$12,021.63 | \$17,606.35 |
| 3 | \$8,476.52 | \$12,540.92 | \$21,017.44 |
| 4 | \$9,376.46 | \$15,934.37 | \$25,310.83 |
| 5 | \$9,563.99 | \$17,138.92 | \$26,702.91 |
| 6 | \$9,755.27 | \$18,626.84 | \$28,382.11 |
| 7 | \$9,950.38 | \$18,407.40 | \$28,357.78 |
| 8 | \$10,149.38 | \$19,605.09 | \$29,754.47 |
| 9 | \$10,352.37 | \$22,392.12 | \$32,744.49 |
| 10 | \$10,559.42 | \$21,746.37 | \$32,305.79 |
| 11 | \$10,770.61 | \$18,672.83 | \$29,443.44 |
| 12 | \$10,986.02 | \$18,954.43 | \$29,940.45 |
| 13 | \$11,205.74 | \$21,055.89 | \$32,261.63 |
| 14 | \$11,541.91 | \$14,296.68 | \$25,838.59 |
| 15 | \$11,888.17 | \$45,797.22 | \$57,685.39 |
| 16 | \$12,244.81 | \$42,803.62 | \$55,048.44 |

ANEXO 4: COSTOS DE MANTENIMIENTO ESCENARIO 2 EN DÓLARES

| Año | Personal | Repuestos | Costo de mantenimiento |
|-----|-------------|-------------|------------------------|
| 1 | \$4,595.61 | \$6,342.77 | \$10,938.38 |
| 2 | \$5,584.72 | \$11,109.33 | \$16,694.05 |
| 3 | \$8,476.52 | \$12,380.82 | \$20,857.34 |
| 4 | \$9,376.46 | \$13,732.09 | \$23,108.55 |
| 5 | \$9,563.99 | \$19,696.44 | \$29,260.43 |
| 6 | \$9,755.27 | \$22,688.19 | \$32,443.46 |
| 7 | \$9,950.38 | \$21,244.16 | \$31,194.53 |
| 8 | \$10,149.38 | \$25,160.47 | \$35,309.85 |
| 9 | \$10,352.37 | \$21,057.87 | \$31,410.24 |
| 10 | \$10,559.42 | \$20,625.67 | \$31,185.09 |
| 11 | \$10,770.61 | \$18,016.34 | \$28,786.95 |
| 12 | \$10,986.02 | \$20,409.84 | \$31,395.85 |
| 13 | \$11,205.74 | \$21,595.45 | \$32,801.19 |
| 14 | \$11,541.91 | \$22,540.21 | \$34,082.13 |
| 15 | \$11,888.17 | \$50,839.26 | \$62,727.43 |
| 16 | \$12,244.81 | \$42,443.55 | \$54,688.36 |

ANEXO 5: COSTOS OPERATIVOS EN 16 AÑOS POR BUS EN DÓLARES

| Año | Depreciación | Combustible | Soat | Seguro | Uniformes | Personal | Supervisión | Gerencia |
|-----|--------------|-------------|-------|---------|-----------|----------|-------------|----------|
| 1 | \$38,000 | \$53,779 | \$320 | \$1,613 | \$581 | \$58,591 | \$1,680 | \$1,161 |
| 2 | \$38,000 | \$55,392 | \$329 | \$1,661 | \$581 | \$60,349 | \$1,730 | \$1,219 |
| 3 | \$38,000 | \$57,054 | \$339 | \$1,711 | \$581 | \$62,159 | \$1,782 | \$1,280 |
| 4 | \$38,000 | \$58,765 | \$349 | \$1,762 | \$581 | \$64,024 | \$1,836 | \$1,344 |
| 5 | \$38,000 | \$60,528 | \$360 | \$1,815 | \$581 | \$65,945 | \$1,891 | \$1,412 |
| 6 | \$38,000 | \$62,344 | \$370 | \$1,870 | \$581 | \$67,923 | \$1,948 | \$1,482 |
| 7 | \$38,000 | \$64,214 | \$382 | \$1,926 | \$581 | \$69,961 | \$2,006 | \$1,556 |
| 8 | \$38,000 | \$66,141 | \$393 | \$1,984 | \$581 | \$72,059 | \$2,066 | \$1,634 |
| 9 | \$38,000 | \$68,125 | \$405 | \$2,043 | \$581 | \$74,221 | \$2,128 | \$1,716 |
| 10 | \$38,000 | \$70,169 | \$417 | \$2,104 | \$581 | \$76,448 | \$2,192 | \$1,802 |
| 11 | \$0 | \$72,274 | \$429 | \$2,168 | \$581 | \$78,741 | \$2,258 | \$1,892 |
| 12 | \$0 | \$74,442 | \$442 | \$2,233 | \$581 | \$81,104 | \$2,326 | \$1,986 |
| 13 | \$0 | \$76,675 | \$456 | \$2,367 | \$581 | \$83,537 | \$2,395 | \$2,086 |
| 14 | \$0 | \$78,976 | \$469 | \$2,438 | \$581 | \$86,043 | \$2,467 | \$2,190 |
| 15 | \$0 | \$81,345 | \$483 | \$2,511 | \$581 | \$88,624 | \$2,541 | \$2,299 |
| 16 | \$0 | \$83,785 | \$498 | \$2,586 | \$581 | \$91,283 | \$2,617 | \$2,414 |