

# ANÁLISIS DEL DESGASTE DE LOS NEUMÁTICOS DE LOS TRACTOCAMIONES DE CARGA

*Analysis of tires usage of freight trucks*

EPISTEMUS

ISSN: 2007-8196 (electrónico)

ISSN: 2007-4530 (impresa)

Jezaharel Rocio Ibarra Salazar <sup>1</sup>

Luis Felipe Romero Dessens <sup>2</sup>

Raquel Torres Peralta <sup>3</sup>

Federico Miguel Cirett Galan <sup>4</sup>

José Luis Ochoa Hernández <sup>5</sup>

Recibido: 14 de marzo de 2018,

Aceptado: 30 de mayo de 2018

Autor de Correspondencia:

Ing. Jezaharel Rocio Ibarra Salazar

Correo: joylceo\_dangel@hotmail.com

## Resumen

En este documento se realiza un análisis que permita identificar las principales causas de desgaste asociados con los neumáticos de los tractocamiones de carga. Se realiza una evaluación sobre el desempeño y rentabilidad de neumáticos nuevos y reparados total o parcialmente. La obtención de estadísticas es una valiosa herramienta que apoya la toma de decisiones, permite realizar ajustes en los procesos para lograr incrementos en la productividad y rentabilidad de la empresa. Además, los beneficios de un mejor cuidado de los neumáticos no se limitan a lo económico, sino también a un impacto ambiental al reducir los desechos.

**Palabras clave:** Neumáticos, Tractocamiones de Carga, Causas de Desecho, Análisis Cuantitativo.

## Abstract

*In this paper an analysis is made to identify the main causes of freight trucks tires waste. An evaluation is made on the performance and profitability of new and repaired tires in whole or in part. The statistics analysis is a valuable tool that supports decision making, allows adjustments in processes to achieve increases in productivity and profitability of the company. In addition, the benefits of better tire care are not limited to economic, but also to an environmental impact by reducing waste.*

**Keywords:** Tyres, Freight trucks, Waste causes, Quantitative analysis.

<sup>1</sup> Universidad de Sonora, Departamento de Ingeniería Industrial / Correo: joylceo\_dangel@hotmail.com

<sup>2</sup> Universidad de Sonora, Departamento de Ingeniería Industrial / Correo: luisfelipe.romero@unison.mx

<sup>3</sup> Universidad de Sonora, Departamento de Ingeniería Industrial / Correo: rtorres@industrial.uson.mx

<sup>4</sup> Universidad de Sonora, Departamento de Ingeniería Industrial / Correo: fcirett@industrial.uson.mx

<sup>5</sup> Universidad de Sonora, Departamento de Ingeniería Industrial / Correo: joseluis.ochoa@industrial.uson.mx



## INTRODUCCIÓN

La industria del transporte en México juega un papel muy importante en la economía nacional. Una flota de 864,835 vehículos de carga pesada transporta 535,548 toneladas de bienes, alimentos, materiales de la construcción, sustancias tóxicas y otros productos por las carreteras de nuestro país, haciendo posible la distribución de productos en distintos rubros, de acuerdo a cifras reportadas en la Secretaría de Comunicaciones y Transportes (SCT) al cierre del 2016 [1].

Dadas las características de los vehículos (peso, dimensiones, kilómetros recorridos diariamente, variabilidad del operador), el seguimiento de la vida útil y desempeño de los neumáticos resulta un aspecto muy importante en la seguridad del conductor y de los vehículos que transitan a su alrededor, siendo clave en la productividad y rentabilidad del negocio, pues una entrega tardía puede resultar en la pérdida del producto o inconformidad por parte del cliente, resultando muchas veces en una penalización establecida en los contratos de servicio, disminuyendo por ende, la utilidad.

Este trabajo se centra en una empresa de transporte de carga cuya falta de control e información oportuna sobre los neumáticos, limita al área de Mantenimiento en la toma de decisiones oportunas sobre estrategias o métodos que permitan controlar los cerca de 5,400 neumáticos que están rodando al momento de este estudio en tractocamiones (figura 1) y remolques. El estudio de carácter cuantitativo y experimental con alcance correlacional [2], tiene como propósito proponer mecanismos de control eficientes que permitan prolongar la durabilidad de los neumáticos.



Figura 1. Tractocamión

Por la naturaleza y contexto del problema, no existe gran cantidad de teorías o datos de dominio público, ya que las empresas productoras de neumáticos y las empresas consumidoras realizan análisis similares al aquí descrito, e incluso experimentos y pruebas de durabilidad; sin embargo, la competitividad y recelo empresarial impiden la publicación completa y total de sus resultados.

En resumen, el área de mantenimiento tiene dudas sobre las decisiones que ha tomado respecto a los neumáticos y desea tener los argumentos necesarios para elegir las estrategias y mecanismos fiables para controlar este insumo. En el siguiente apartado se realiza una revisión de la literatura que involucra los conceptos que se analizarán.





## ANTECEDENTES

### Administración de flotas

Hace ya algunos años que existen los Sistemas de Administración de Flotas (SAF), en cuyos inicios se enfocaron simplemente a rastrear los vehículos, en la industria del transporte en particular [3]. La gestión es diferente en los sectores públicos y privados, siendo en este último la maximización de los beneficios o minimización de costos, el objetivo de quien toma las decisiones sobre la flota [4].

Hay quienes la precisan como una amplia gama de soluciones para diversos problemas de flotas, cuya prioridad es reducir riesgos, aumentar la calidad del servicio y sobre todo mejorar la eficiencia operacional de la flota al menor costo [5]; pero también los describen como redes complejas, cambiantes e inclusive difíciles de controlar [6].

### Logística y Transporte

La logística juega un importante papel, cuando se desea satisfacer diversas necesidades de entregas y recepciones de paquetes, en distintos lugares, empaques y horarios según la necesidad de la empresa [6]. El problema del transporte de carga, esencial para el desarrollo económico de cualquier país, se centraba en la minimización de costos; no obstante en los últimos años se ve una creciente preocupación mundial por la contaminación del medio ambiente y la salud de las personas [7].

Actualmente, en México, se buscan nuevas formas de hacer más eficientes los procesos, disminuyendo costos de operación, obtener más clientes y ventajas competitivas ante otras compañías [8]. Y de acuerdo a la SCT, el transporte federal de carga es considerado hoy en día, el medio más empleado para el traslado de mercancías en el país [9].

## Neumáticos

“El neumático es un contenedor de aire. La combinación de estructura y presión de inflado permiten que este contenedor tenga la fortaleza para cargar determinada cantidad de peso. Es el único vínculo de unión entre el vehículo y el suelo, de ahí la importancia de contar con neumáticos que brinden grandes prestaciones como: seguridad, confort, durabilidad, entre otros [10]”.

Los neumáticos son de los componentes más esenciales de los vehículos terrestres que han avanzado significativamente desde su introducción, patentados en 1888 por el veterinario escocés John Boyd Dunlop [11], razón por la cual se han generado investigaciones sobre sus diferentes parámetros, con el fin de mejorar la seguridad de los vehículos, el rendimiento, el consumo de combustible, buscando alternativas que permitan reducir los costos operativos.

La elección de los neumáticos adecuados no es algo trivial, hay que considerar aspectos como tipo de vehículo que se conducirá, forma en que se maneja, condiciones climáticas, tipo y condiciones del camino que recorre [12]. Cada fabricante de neumáticos ofrece distintos tipos según la posición donde se vaya a montar el neumático (dirección/delanteras, tracción/agarre-esfuerzo y arrastre/traseras) tal como puede apreciarse en la figura 2; además poner atención en algunos puntos relevantes como son: tamaño, tipo de uso, fabricante, patrón o diseño del piso, indicadores de desgaste, fecha de fabricación, entre otros [13].

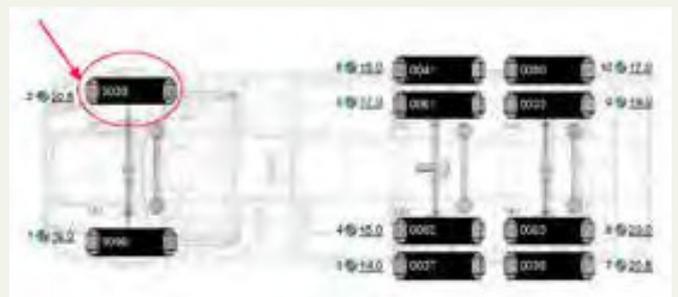


Figura 2. Distribución de los neumáticos en el tractocamión (tomada del Manual de Usuario MTS)

## Mantenimiento de los neumáticos

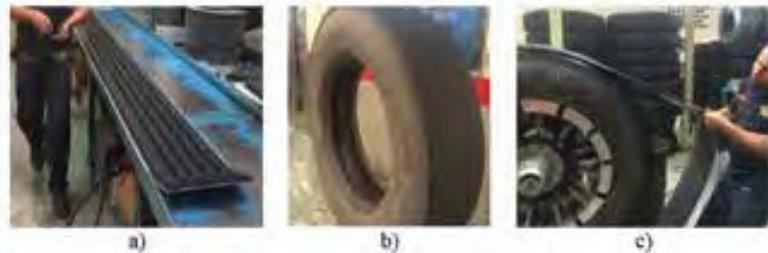
Es recomendable que se dediquen unos cinco minutos al mes a revisar los neumáticos del vehículo, incluido el de repuesto [14]. Además de una serie de elementos tales como: presión de inflado, alineación, rotación, banda de rodamiento, desgaste en un punto en específico, material de cuerda o tejido desprotegido, pinchazos irreparables, reparaciones anteriores mal hechas, protuberancias, ampollas, grietas o cortes profundos, neumático ponchado, rin doblado, rajado, corroído o dañado, válvula o núcleo de válvula dañado, por mencionar algunos. No obstante, en



el caso de los tractocamiones de la empresa, las revisiones se deben hacer diariamente por el operador y en los puntos de revisión por los supervisores.

Una recomendación para el mantenimiento de neumáticos en flotas es tener a la mano un inventario de neumáticos, donde se especifique la posición que posee el neumático, así como su clasificación, número de identificación, remanente de piso y la presión de inflado, con el fin de que permita calcular costos operativos, ciclo de vida, etcétera [15].

El mantenimiento al que se someten los neumáticos de tractocamiones que son aptos para una renovación consiste principalmente en el pulido del casco, posteriormente se realizan reparaciones menores en caso de ser necesario, se determina la huella que se instalará y se corta a la medida, por último, se instala el nuevo piso al casco. A grandes rasgos el proceso de renovación corresponde (figura 3) a) selección y corte de piso o huella, b) casco pulido y procesado y c) operador reemplazando el piso del neumático.



**Figura 3. Proceso de renovación de un neumático.**

Este proceso de renovación al que son sometidos los neumáticos sólo puede realizarse una vez en su vida útil, pues de acuerdo a políticas internas no resulta rentable proporcionar un segundo reemplazo. En los datos y cifras aquí presentadas bajo la etiqueta de neumáticos renovados, nos referimos a los que se han sometido sólo una vez a este procedimiento.

### **ANÁLISIS CUANTITATIVO**

El análisis de datos consiste en examinar datos, a través de medios automáticos o semiautomáticos, que aumenten el valor intrínseco de una serie de registros históricos. Para ello se extrae información predictiva y conocimiento del historial de datos, agrupando, asociando, clasificando, haciendo pronósticos, regresión, detección de cambios y de desviaciones, de un cúmulo de información almacenada en una base de datos[16].

Se han presentado casos de aplicación de análisis y minería de datos para conocer aspectos de la vida útil de componentes automotrices; en esta ocasión el comportamiento de la vida útil de los neumáticos en tractocamiones de carga, debido no sólo al impacto financiero en la economía del país, sino también a la huella ecológica que imprimen con fuerza en cualquier parte del mundo.

### **METODOLOGÍA**

Con el objetivo de identificar los factores que influyen en la durabilidad de los neumáticos de tractocamiones de carga, se analizó el historial de pila de desecho de este insumo durante diez meses y considerando sólo los reportados en la matriz.

Los datos analizados en este documento abarcan las operaciones de deshecho de neumáticos en la empresa de transporte del mes de agosto de 2015 a mayo de 2016. El análisis se centra en la Lista de Llantas de Desecho, donde se enlistan los siguientes datos:

- Consecutivo (Id de operación)
- Fecha en que se desecha el neumático
- Marca
- Diseño
- Medida
- El número de identificación del neumático (inicia con TP seguido de 5 dígitos, asegurando con ello que éste pertenece a la empresa).
- Número de serie
- Milímetros de piso al momento de desecharse, registrando el mínimo medido.
- Anotar O si el neumático desechado es original y R si era renovado.
- Finalmente, la clave de desecho. Número que identifica la causa del desecho, de 18 condiciones principales.

El análisis contempla la elaboración de tablas dinámicas para concentrar y agrupar la información, posteriormente construir series de tiempo, con valores totales, globales y porcentuales. Elaborar los gráficos pertinentes con el fin de realizar una interpretación sobre los resultados obtenidos y sustentar los hallazgos. A continuación, presentamos los resultados, exponiendo las principales causas de baja durante el período analizado.

## RESULTADOS

Primeramente, se construyeron tablas dinámicas que muestran la frecuencia absoluta y relativa de cada condición (indicada con el número correspondiente 1-17) encontrada al momento de la baja, la cantidad de neumáticos originales y renovados, así como los milímetros de profundidad menores obtenidos de las tres lecturas efectuadas por el personal encargado de supervisión, monte y desmonte de neumáticos (una lectura de cada surco de la banda de rodado). Los resultados están categorizados por marca y expresado su participación porcentual por mes (figuras 4, 5 y 6).





MARCA	CLAVE DE LA CONDICIÓN ENCONTRADA									Total general	%
	2	3	4	5	8	10	14	16	17		
AKUURET			1							1	1%
BF GOODRICH				1		1				2	2%
BRIDGESTONE	3	7	4	6	3	3	1	4	1	32	29%
CONTINENTAL	3	3		4			2			12	11%
DUNLOP	3	1		1					3	8	7%
DYNATRAC				1						1	1%
FIRESTONE	3	5	7	3	1	2	2	2	3	28	25%
GENERAL			1			1				2	2%
GOODYEAR	1	2	1						1	5	5%
KUMHO	1									1	1%
MICHELIN	4	1		2	1		1		1	10	9%
TECHK					1					1	1%
TOYO	2									2	2%
YOKOHAMA	1	1	2	1	1					6	5%
<b>Total general</b>	<b>21</b>	<b>20</b>	<b>16</b>	<b>19</b>	<b>7</b>	<b>7</b>	<b>6</b>	<b>6</b>	<b>9</b>	<b>111</b>	<b>100%</b>
<b>%</b>	<b>19%</b>	<b>18%</b>	<b>14%</b>	<b>17%</b>	<b>6%</b>	<b>6%</b>	<b>5%</b>	<b>5%</b>	<b>8%</b>	<b>100%</b>	

Figura 4. Concentrado de neumáticos por marca, según la clave de desecho para cada mes (datos: agosto 2015).

MARCA	MM ACTUAL														Total general	%
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	13	16			
AKUURET										1					1	1%
BF GOODRICH	1		1												2	2%
BRIDGESTONE	9	1		1	3	3	3		6	2	2	1	1	32	29%	
CONTINENTAL	1			1	1	3	2	2	1	1				12	11%	
DUNLOP	5							3						8	7%	
DYNATRAC					1									1	1%	
FIRESTONE	7			4	1		2	5	4	4	1			28	25%	
GENERAL	1			1										2	2%	
GOODYEAR	1							2		2				5	5%	
KUMHO	1													1	1%	
MICHELIN	4						2	1	1	1	1			10	9%	
TECHK										1				1	1%	
TOYO	1							1						2	2%	
YOKOHAMA	2					1			2		1			6	5%	
<b>Total general</b>	<b>33</b>	<b>1</b>	<b>1</b>	<b>7</b>	<b>6</b>	<b>7</b>	<b>9</b>	<b>14</b>	<b>14</b>	<b>12</b>	<b>5</b>	<b>1</b>	<b>1</b>	<b>111</b>	<b>100%</b>	
<b>%</b>	<b>30%</b>	<b>1%</b>	<b>1%</b>	<b>6%</b>	<b>5%</b>	<b>6%</b>	<b>8%</b>	<b>13%</b>	<b>13%</b>	<b>11%</b>	<b>5%</b>	<b>1%</b>	<b>1%</b>	<b>100%</b>		

Figura 5. Concentrado de neumáticos por marca, según los milímetros que tenía de remanente para cada mes. El menor número de milímetros es un indicador de mayor aprovechamiento o mejor desempeño (datos: agosto 2015).

MARCA	ORIG/RENOV		Total general	%
	O	R		
AKUURET		1	1	1%
BF GOODRICH	1	1	2	2%
BRIDGESTONE	15	17	32	29%
CONTINENTAL	2	10	12	11%
DUNLOP	1	7	8	7%
DYNATRAC		1	1	1%
FIRESTONE	8	20	28	25%
GENERAL		2	2	2%
GOODYEAR		5	5	5%
KUMHO		1	1	1%
MICHELIN	1	9	10	9%
TECHK	1		1	1%
TOYO		2	2	2%
YOKOHAMA	1	5	6	5%
Total general	30	81	111	100%
%	27%	73%	100%	

Figura 6. Concentrado de neumáticos por marca, según su tipo: original o renovada, totales y porcentajes (Datos: agosto 2015).

Al construir una serie histórica de los totales mensuales se realizó un primer análisis de estos 10 meses, se pudo encontrar información relevante para apoyar la toma de decisiones. Primeramente, la cantidad de neumáticos desechados para este periodo fue de 1743, de los cuales el 25% son originales, que al desecharse se pierde el casco y los milímetros de piso restantes, además de la oportunidad de renovarse (figura 7).

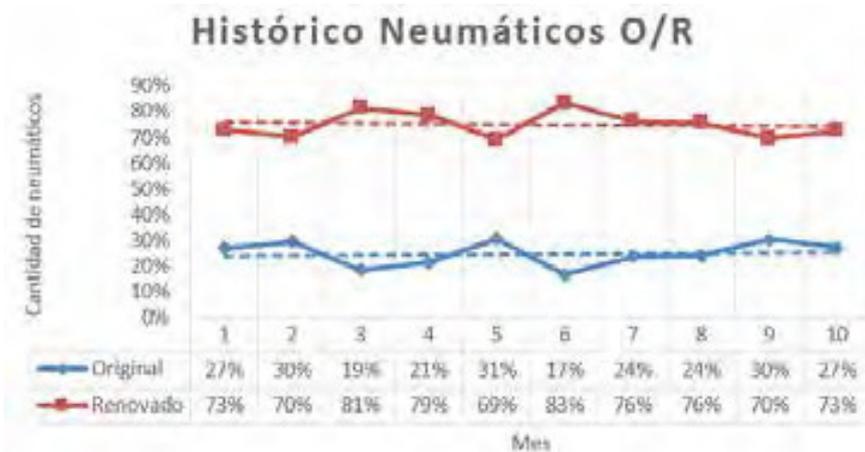


Figura 7. Neumáticos desechados por tipo.

Se promediaron los milímetros por neumáticos que se desechaban por mes, comparándolo con un valor promedio en general y para cada tipo, originales y renovados; de los 8014 mm de piso desechado, su promedio es de 4.6 mm de piso/neumático. De primera mano, uno esperaría encontrar la mayoría de los neumáticos desechados entre 0 y 3 mm de piso, según lo que establece una de las políticas de la empresa, pero los números demuestran que no se cumple debido a los pocos cuidados que se les brindan.





En los neumáticos originales, el promedio es de 3.9 mm/neumático lo que se registra; para los renovados se esperaría una disminución de dicho valor, pero por el contrario éstos se desechan a los 4.9 mm/neumático, al parecer no se está logrando aprovechar eficientemente el piso renovado (son 11.9 mm de piso en las renovaciones). Aunado a que en 6 de los 10 meses los valores promedio mensuales están por arriba de la media.

Respecto al mismo criterio, los valores que presentan mayor frecuencia al desecharse son 496 neumáticos con 0 mm (28%), 201 con 8 mm (12%), 168 de 7 mm (10%), 135 más con 5 mm (8%) y los 743 restantes con distintos milímetros (conformando el 42% restante), como se aprecia en la figura 8.

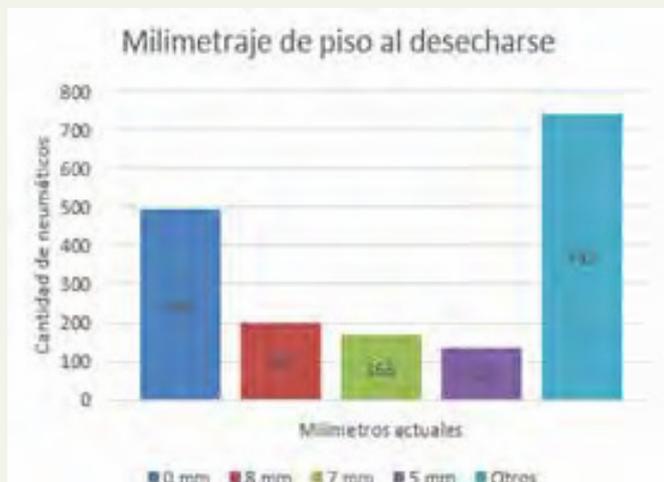


Figura 8. Milímetros de piso en los neumáticos al momento de darlos de baja.

Por otro lado, las causas de baja registradas por el responsable de la pila de desecho son:

1. Garantía aplicada
2. Arrancamiento banda de rodado
3. Daño en casco por impacto
4. Daño en costado
5. Daño en área de la ceja
6. Desgaste en línea central
7. Desgaste en hombros de la banda
8. Desgaste irregular provocado por problemas mecánicos
9. Desgaste por camber o alineación
10. Desgaste por debajo del TWI (permitido para renovación)
11. Desgaste por falta de rotación
12. Desgaste tipo sierra (convergencia o divergencia)
13. Falla en renovado
14. Fatiga del armazón (sobrecarga o rodado bajo)
15. Fuera de garantía
16. Objeto incrustado
17. Otro
18. Reparación mal hecha

De acuerdo a nuestro estudio, las 5 principales causas de desecho de neumáticos (78% del total) son daños en los costados, arrancamientos de la banda de rodado, daño en el casco por impactos, daño en el área de la ceja y desgastes irregulares provocados por problemas mecánicos. La figura 9 muestra el porcentaje para cada una de ellas.



Figura 9. Porcentaje de neumáticos desechados, según la clave de condición encontrada al momento de darlos de baja.

La primera de ellas que se distingue con la clave 4, daños en los costados, asociado a las maniobras del conductor, es decir, posiblemente el conductor no esté bien capacitado, no dimensione el vehículo, no presta atención al camino, entre otros.

El desprendimiento de la banda de rodeado es la segunda causa, quizá su origen se deba a altas temperaturas que ocasiona se desprenda la huella del neumático y se observa que se presenta más en los neumáticos renovados que en los originales que comúnmente encontramos estos pedazos sobre la cinta asfáltica.

Los cascotes dañados por impacto y daños en el área de la ceja, se presentan en igualdad. Lo que comúnmente se denominan banquetazos son los del primer tipo; la ceja es la parte del neumático que entra en contacto con el rin, por lo que, si el neumático tiene una presión incorrecta tiende a dañarse en la ceja, esto también es atribuible al operador quien debe verificar las presiones en los neumáticos de la unidad antes de salir a trabajar.

Los desgastes irregulares en los neumáticos debido a diversos problemas mecánicos del vehículo, o clave 8, es la quinta causa con mayor aparición.

## DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES

De acuerdo a nuestro estudio, las principales causas de desecho de neumáticos se pueden atribuir a tres aspectos:

1. Por la calidad del neumático y sus componentes.
2. Por el tipo de camino, ruta y entorno donde transita.
3. Debido al operador (chofer) y su forma de conducir.

Las cuales tienen su origen en fallas mecánicas y en la operación de las unidades, pero pueden disminuirse significativamente tomando algunas medidas de control, por ejemplo: rediseñar el curso de capacitación y adiestramiento que se imparte a los operadores; establecer puntos de supervisión aleatorios y esporádicos para evaluar el mantenimiento que brinda el operador a la unidad asignada, entre otros.

Después de procesar la información se encontraron algunos puntos relevantes que no se habían contemplado en la captura de información de la pila de desecho, como el número de la unidad, la posición del neumático en el remolque o tractor, en caso de ser neumáticos originales, especificar si son del proveedor y si son renovados, identificar si pertenecieron a la empresa o fueron compradas al proveedor, por mencionar algunos.

Es importante resaltar algunas limitantes por la falta de información capturada y digitalizada, además de que el procesamiento que se le dio a los datos no está completo, aún puede obtenerse más información relevante que permita contribuir de manera significativa en la toma de decisiones del área responsable, abriendo la puerta para

futuras investigaciones o complementar la ya existente como puede ser los desprendimientos de las bandas de rodado en neumáticos renovados debido a posibles garantías con la empresa renovadora.

## BIBLIOGRAFÍA

- [1] Secretaría de Comunicaciones y Transportes, "Estadística Básica del Autotransporte Federal 2016", 2016.
- [2] R. Hernández Sampieri, C. Fernández Collado, y P. Baptista Lucio, Metodología de la Investigación, Quinta. México, D.F.: McGraw-Hill, 2010.
- [3] C. G. Sørensen y D. D. Bochtis, "Conceptual model of fleet management in agriculture", Biosyst. Eng., vol. 105, núm. 1, pp. 41–50, 2010.
- [4] J. Pérez, S. Maldonado, y H. López-Ospina, "A fleet management model for the Santiago Fire Department", Fire Saf. J., vol. 82, núm. 5, pp. 1–11, 2016.
- [5] H. Billhardt, A. Fernández, L. Lemus, M. Lujak, N. Osman, S. Ossowski, y C. Sierra, "Dynamic Coordination in Fleet Management Systems: Toward Smart Cyber Fleets", Intell. Syst. IEEE, vol. 29, núm. 3, pp. 70–76, 2014.
- [6] Y. Hu, Y. Chiu, C. Hsu, y Y. Chang, "Identifying Key Factors for Introducing GPS-Based Fleet Management Systems to the Logistics Industry", Math. Probl. Eng., vol. 2015, núm. Article ID 413203, pp. 1–14, 2015.
- [7] E. Demir, T. Bektaş, y G. Laporte, "A review of recent research on green road freight transportation", Eur. J. Oper. Res., vol. 237, núm. 3, pp. 775–793, 2014.
- [8] H. R. Muñoz Chávez, "Impacto financiero de la división hombre-camión en una empresa de autotransporte de carga", Universidad Autónoma de Querétaro, 2008.
- [9] Secretaría de Comunicaciones y Transportes, "Autotransporte Federal", 2016.
- [10] Michelin México, "Camión ¿Qué es una llanta?", Michelin Camión, 2016. [En línea]. Disponible en: <http://michelin.softbox.mx/Camion/Camion/qllanta.asp>. [Consultado: 29-sep-2016].
- [11] A. C. Reid, "Development and optimization of a wide base fea truck tire model for prediction of tire-road interactions", University of Ontario Institute of Technology, 2015.
- [12] P. Barrezueta, "Diseño de un programa de mantenimiento y control operacional para neumáticos de camiones mezcladores de hormigón", Repos. Dsp., p. 7, 2012.
- [13] Continental, "Buying tires", Technology, 2016. [En línea]. Disponible en: <http://www.continental-tires.com/car/technology/tire-knowledge/tirelexikon-2-0>. [Consultado: 29-sep-2016].
- [14] Coopertires de México, "Mantenimiento de la llanta", Seguridad, 2016. [En línea]. Disponible en: <http://esmx.coopertire.com/Tire-Safety/Tire-Maintenance.aspx>. [Consultado: 30-sep-2016].
- [15] D. Andrade Mandon, "Implementación de un plan de mantenimiento correctivo y preventivo para la empresa Valorcon S.A. en el proyecto Vías de las Américas Sector 1 Campamento del Banco - Magdalena", Universidad Francisco de Paula Santander Ocaña, 2014.
- [16] K. Wang, "Towards zero-defect manufacturing (ZDM)—a data mining approach", Adv. Manuf., vol. 1, núm. 1, pp. 62–74, 2013.