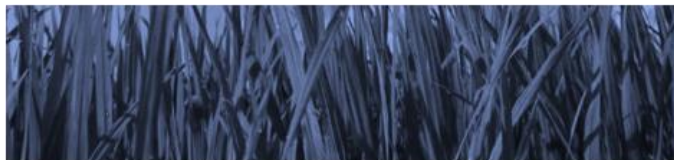


Revisión Bibliográfica: Eficiencia Energética en el Transporte de Carga

Tecnologías para la eficiencia energética en el transporte de carga por carretera y procedimientos de prueba para evaluar su efectividad



REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA: EFICIENCIA ENERGÉTICA EN EL TRANSPORTE DE CARGA

Tecnologías para la eficiencia energética en el transporte de carga por carretera y
procedimientos de prueba para evaluar su efectividad

Mayo 2016

Elaborado por:

Matías Aresti, Martín Tanco, Daniel Jurburg, Diego Moratorio

Participantes:



Proyecto FSE_1_2014_1_102484

Financiado por la Agencia Nacional de Investigación e Innovación (ANII) a través del Fondo
Sectorial de Energía 2014

CINOI_2016_1_1

1 Tabla de contenido

1	TABLA DE CONTENIDO	3
2	INTRODUCCIÓN	4
3	FACTORES QUE INFLUYEN EN EL CONSUMO DE COMBUSTIBLE	5
4	INICIATIVAS Y PROGRAMAS	6
4.1	Programas Regionales	6
4.1.1	SmartWay	6
4.1.2	Green Freight Europe (GFE).....	7
4.1.3	Green Freight Asia	8
4.1.4	The International Council on Clean Transportation (ICCT)	8
4.2	Programas mundiales con alcance nacional.....	8
4.3	Resumen.....	10
5	TECNOLOGÍAS PARA EL AHORRO DE COMBUSTIBLE Y LA DISMINUCIÓN DE EMISIONES	11
5.1	Tecnologías para el ahorro de combustible y/o reducción de emisiones.....	11
5.1.1	Elementos de mejora aerodinámica	11
5.1.2	Ruedas.....	12
5.1.3	Aditivos y lubricantes.....	12
5.1.4	Sistemas electrónicos de monitoreo y control	12
5.1.5	Reductores de marcha en vacío	13
6	MÉTODOS PARA LA CUANTIFICACIÓN DEL EFECTO DE LA APLICACIÓN DE TECNOLOGÍAS EN VEHÍCULOS DE CARGA.....	13
6.1	Dinamómetro de chasis.....	13
6.2	Prueba en dinamómetro de motor.....	14
6.3	Pruebas en ruta o pista.....	14
6.4	Dinámica de fluidos computacional (CFD)	15
6.5	Prueba de desaceleración	15
6.6	Prueba en túnel de viento	15
6.7	Determinación de resistencia a la rodadura: Prueba en laboratorio.....	16
6.8	Resumen.....	16
7	PROCEDIMIENTOS DE PRUEBA EN RUTA: SAE J1321 Y NCH 3331	17
7.1	Casos de aplicación.....	18
8	REFERENCIAS	19

2 Introducción

La eficiencia energética es un tema de primera importancia a nivel mundial. Grandes esfuerzos y una gran cantidad de recursos están siendo volcados hacia la investigación y desarrollo en esta área en todas las disciplinas que abarca. El foco de las distintas actividades a nivel mundial está puesto en poder realizar las actividades necesarias para el desarrollo de la sociedad con la menor utilización de recursos posibles.

En este aspecto, uno de los recursos que causa mayor preocupación son los combustibles fósiles, debido principalmente al efecto negativo que la quema de los mismos genera en el medio ambiente, pero también al impacto económico que causan en distintos rubros, particularmente en el del transporte y también el hecho de que se trata de un recurso limitado. Esto ha causado que se generen iniciativas en las distintas partes del mundo para atacar el problema, creándose centros y programas con el objetivo de tener un transporte más limpio y eficiente. Algunos ejemplos de programas regionales son SmartWay (Estados Unidos y Canadá), Green Freight Europe (Europa) y Green Freight Asia (Asia).

Una de las tareas más importantes de las que se encargan estos programas es la validación de tecnologías diseñadas con el objetivo de disminuir el consumo de combustible por kilómetro rodado. Algunas de estas tecnologías son: neumáticos de baja resistencia, piezas aerodinámicas que reducen la fuerza de arrastre, reducción del ralentí, mejoras en combustibles y lubricantes, uso de aditivos en combustibles, mejoras en el modo de conducción, limitadores de velocidad, uso de computadoras a bordo para la economía de combustible y la incorporación de TIC para reducir tiempos muertos (Jolley, 2006; Guangzhou Green Trucks Pilot Project, 2010). Esto se hace bajo la premisa de que es de trascendental importancia la generación de información científica para el fomento de aquellas tecnologías que han probado tener efectos positivos en el consumo de combustible, para su uso por parte de los tomadores de decisiones del sector.

La presente revisión bibliográfica tiene como objetivo identificar programas a nivel mundial enfocados en la eficiencia energética en el transporte de carga carretero, así como también las metodologías existentes para cuantificar el impacto de las tecnologías mencionadas previamente para el ahorro de combustible en vehículos de transporte de carga.

Se comenzará por identificar factores que influyen en el consumo de combustible. Posteriormente se detallarán iniciativas y planes para la mejora de la eficiencia energética en el rubro del transporte carretero a nivel nacional, regional y global. Además, se identificarán tecnologías para la reducción del consumo de combustible y/o la emisión de gases contaminantes en vehículos de carga carreteros y se hará un resumen de las metodologías para cuantificar el impacto del uso de dichas tecnologías, haciendo especial foco en la metodología de pruebas en ruta.

3 Factores que influyen en el consumo de combustible

Los factores más influyentes en el consumo de combustible de vehículos son variados y son, en la mayoría de los casos, difíciles de identificar. En una revisión de la literatura, Demir, Bektas y Laporte (2013) identifican muchos de estos factores, que pueden ser divididos en cinco categorías: vehículo, ambiente, tráfico, conductor y operaciones. Algunos de los factores más importantes para cada categoría se presentan a continuación.

Vehículo

Estos factores son inherentes a las características propias del vehículo. Pueden ser divididos en varias categorías:

- *Construcción del vehículo*, como son: su peso bruto (que es el peso total del vehículo cargado con todo el equipamiento y los fluidos necesarios, pero sin pasajeros ni carga); la forma externa que determina la resistencia aerodinámica; el tipo y tamaño del motor y la transmisión.
- *Condiciones del vehículo*, siendo la temperatura del motor el factor que más influye en esta categoría.
- *Fluidos utilizados en el vehículo*, entre los que destacan el tipo de combustible (composición) y la viscosidad del aceite.
- *Otros*, como son la edad del vehículo, el mantenimiento y diferentes accesorios que se estén utilizando, entre otros.

Ambiente

Los factores ambientales, es decir los referentes a la zona por donde se está circulando, tienen una gran influencia en el consumo. Los más destacables son la pendiente de la ruta, el tipo de pavimento, la temperatura ambiente, la altitud y las condiciones de viento.

Tráfico

Cuando se habla de tráfico se hace referencia a las condiciones de velocidad y aceleración del vehículo, que pueden estar o no determinadas por la presencia de otros vehículos. En este sentido, la congestión de la ruta o calle donde se está circulando es también un elemento importante en la ecuación de consumo.

Conductor

El conductor del vehículo, o más bien la forma de conducción, tiene un gran impacto en el consumo de combustible. Factores destacables son la agresividad al conducir, la forma de selección de velocidades y la cantidad de tiempo que opera el vehículo en punto muerto.

Condiciones de operación

Los factores más determinantes en esta categoría son: la carga del vehículo, la cantidad de kilómetros recorridos sin carga y el número de paradas que se realizan.

4 Iniciativas y programas

A nivel mundial, diversas iniciativas y organizaciones han surgido con el fin de atacar el problema específico de la eficiencia energética en el transporte tanto de carga como de pasajeros. Las organizaciones surgidas con este fin tienen, por lo general, la característica de tratarse de iniciativas de apoyo mutuo entre empresas del sector transporte y organizaciones gubernamentales, con el objetivo de aportar conocimiento y experiencia de buenas prácticas para alcanzar un bien común superior. Entre ellas, existen organizaciones tanto nacionales como regionales. Algunas de las principales se muestran a continuación.

4.1 Programas Regionales

4.1.1 SmartWay

SmartWay es el programa insignia de la Agencia de Protección Ambiental de los Estados Unidos (EPA, por su sigla en inglés) para mejorar la eficiencia en el consumo de combustible y reducir así la emisión de gases de efecto invernadero (GEI) y la contaminación ambiental debida al transporte en la industria de las cadenas de suministro (US Environmental Protection Agency, 2015a).

Se trata de una colaboración entre agentes del gobierno y del sector industrial para alcanzar una mayor eficiencia energética y reducir así los impactos ambientales generados por el transporte de cargas a lo largo de las cadenas de suministro. Para lograr dicho objetivo, se busca que las empresas que forman parte de la asociación demuestren que se están tomando medidas para reducir las emisiones relacionadas con el movimiento de cargas. El conocimiento generado por dichas empresas se recaba y se muestra como punto de referencia para otros actores que estén comprometidos con la causa.

A la fecha, SmartWay cuenta con más de 3000 empresas asociadas que han permitido, desde el comienzo del programa, ahorrar 22 mil millones de litros de combustible, bajando los costos por consumo de combustible en USD 22.6 mil millones y reduciendo las emisiones de carbono en 60 millones de toneladas métricas, (US Environmental Protection Agency, 2015b). Además, desde el año 2012, el programa está siendo llevado a cabo en Canadá por el departamento de recursos naturales del país.

Certificación SmartWay

Como parte de su plan para un transporte más limpio, SmartWay se encarga de certificar vehículos, camiones, tráileres y tecnologías para la reducción del consumo o la emisión de gases, por tratarse de elementos que se adecúan a ciertos estándares de eficiencia y cuidado ambiental especificados por el programa, de manera de generar una base de conocimiento para ser utilizada tanto por empresas como por personas.

Cada nuevo vehículo es categorizado por la institución de acuerdo a dos escalas (entre el 1 y 10) según su emisión de gases de efecto invernadero y sus emisiones formadoras de smog. Para que un vehículo sea designado como *“SmartWay”*, el mismo debe obtener buenas calificaciones en ambas categorías. Además existe una certificación *“SmartWay Elite”* que es otorgada a vehículos que obtengan las mejores calificaciones en estas categorías (US Environmental Protection Agency, 2015c).

Las empresas constructoras de camiones y tráileres pueden pedir a la EPA que evalúe su equipamiento para verificar que cumple los estándares establecidos por el programa. En este caso se otorga al elemento la certificación que corresponda, permitiéndose utilizar el logo de la certificación en campañas publicitarias

y en puntos de venta. Esto tiene como objetivo fomentar el desarrollo de tecnologías más limpias por parte de las empresas y dar información a los compradores sobre qué productos tienen mejores características.

A su vez, compañías de diversos sectores que cumplan con ciertas especificaciones en cuanto a la forma que tienen de transportar sus bienes pueden también ser adjudicadas con la certificación del programa, con el mismo objetivo que en los casos anteriores.

Verificación de componentes

Si bien los componentes para reducir el consumo de combustible y/o la emisión de gases en vehículos no son elegibles para la designación “*SmartWay*” por parte del programa, estos son verificados para generar un inventario de componentes que han probado ser efectivos para los usos que alegan.

Para la verificación de estos componentes se utiliza una metodología propia (US Environmental Protection Agency, 2012) adaptada del procedimiento *Joint TMC/SAE Fuel Consumption Test Procedure – Type II (SAE J1321)*, para asegurar resultados aún más exigentes que los logrados siguiendo la norma. Una descripción del contenido de esta norma se presenta en el capítulo 5 de la presente revisión.

4.1.2 Green Freight Europe (GFE)

Green Freight Europe es el programa líder para la mejora del rendimiento ambiental del transporte de carga en Europa.

Tiene como objetivo, al igual que el programa SmartWay, promover la colaboración entre los distintos entes en el rubro del transporte, compartiendo las mejores prácticas e innovaciones para el beneficio del conjunto. También busca establecer un sistema de certificación (GFE Label) para premiar a los distintos participantes comprometidos con el programa. Por último, se busca promover la cooperación con otras iniciativas del estilo, tanto en Europa como en el resto del mundo (Green Freight Europe, 2015).

Certificación: GFE Label

El programa reconoce a compañías que demuestran liderazgo en prácticas amigables con el medio ambiente para el transporte de carga a lo largo de toda su cadena de suministros. A estas compañías se las reconoce con el sello “*Green Freight Europe*”.

El sello está compuesto de cuatro niveles (representados por hojas) representativos del nivel de compromiso y dedicación de la compañía con la mejora de su eficiencia en cuanto a los niveles de emisión de CO₂. Estos niveles son:

1. Nivel 1: Se demuestra conciencia de la importancia de disminuir las emisiones de CO₂ calculando la huella de carbono de la compañía
2. Nivel 2: Se definen objetivos y se establecen estrategias para la reducción de las emisiones de CO₂
3. Nivel 3: Se implementan medidas para la reducción de las emisiones de CO₂ y se alcanzan resultados positivos en la reducción de las emisiones del transporte de carga
4. Nivel 4: Se produce un esfuerzo para ser líder en sustentabilidad y alcanzar los objetivos planteados.

4.1.3 Green Freight Asia

Green Freight Asia es una organización dirigida por sus miembros, siendo estos mayoritariamente transportistas y expedidores (Green Freight Asia, 2015a).

El objetivo principal de la organización es ayudar a reducir el consumo de combustible generado por el transporte de carga carretero a través de Asia y el Pacífico, reducir las emisiones de CO₂ debido a estos movimientos y reducir los costos de envío a lo largo de toda la cadena de suministro.

Certificación: GFA Label

Al igual que las organizaciones anteriores, Green Freight Asia también ha establecido un sistema de reconocimiento propio para las empresas que muestren tener un grado de preocupación significativa a la hora de hacer sus procesos más eficientes.

El sello es similar al desarrollado por la organización homónima de Europa, ya que consta de una categorización entre una y cuatro hojas que determina el nivel de compromiso de la empresa con el transporte eficiente de sus mercaderías, siendo el nivel uno un compromiso mínimo y el nivel cuatro reservado para empresas que prueben ser líderes en sustentabilidad de sus operaciones de transporte (Green Freight Asia, 2015b).

Para aplicar para la certificación, el interesado debe completar un cuestionario provisto por la organización, quién se encargará de definir cuál es el nivel de compromiso de la empresa con el tema en cuestión, asignándole el sello correspondiente.

4.1.4 The International Council on Clean Transportation (ICCT)

La ICCT es una organización de alcance mundial sin fines de lucro creada para proveer investigaciones y análisis científicos a entes que se dediquen a la regulación en cuestiones ambientales. De esta manera se busca avanzar en políticas y prácticas que demuestran ser de utilidad a la hora de mejorar la eficiencia energética del transporte de una zona o un país, mejorando la salud pública y mitigando el cambio climático (ICCT, 2015).

El consejo de la ICCT se compone de 24 funcionarios de alto nivel, investigadores académicos y expertos en políticas ambientales y de transporte que se reúnen para colaborar en la creación de una agenda global para un transporte más limpio.

Además, se cuenta con un personal técnico que trabaja con gobiernos regionales y con entes multilaterales que, a través de publicaciones, talleres patrocinados y otras reuniones, reúnen el conocimiento de una red global de especialistas para promover políticas nacionales en el área en cuestión.

4.2 Programas mundiales con alcance nacional

Además de las experiencias regionales, existen también una gran cantidad de programas nacionales enfocados a la eficiencia energética, particularmente en el sector del transporte de carga, por tratarse de un área clave en donde pueden generarse medidas de mejora significativas.

Un ejemplo es la Agencia Chilena de Eficiencia Energética que, entre otros, cuenta con planes para fomentar la incorporación de herramientas de gestión en eficiencia energética en el transporte mediante

la colaboración con empresas del medio, incentivar la adopción voluntaria de técnicas de manejo eficiente, y desarrollar mecanismos para la validación e incentivo de tecnologías que reduzcan el consumo o las emisiones para vehículos existentes (Agencia Chilena de Eficiencia Energética, 2015). Además, realizan exposiciones con el objetivo de fomentar el uso de las tecnologías mencionadas anteriormente.

Por su parte, en Brasil, el programa CONPET busca racionalizar el uso de los derivados del petróleo y gas natural. Para esto se han establecido alianzas con sindicatos y federaciones de transportistas, el estado, departamentos municipales de transporte y medio ambiente, refinerías y el área de ingeniería de Petrobras para fomentar la aplicación de mejoras en eficiencia energética en vehículos de transporte. Se ha desarrollado una certificación *CONPET* para los vehículos que muestren ahorros mayores a un 5% en el consumo de combustible (CONPET, 2011).

Otro ejemplo en el mundo es el programa Objectif CO₂, un programa desarrollado en Francia con el objetivo de reducir la emisión de gases a la atmósfera por parte del transporte de carga carretero. Se trata de una asociación entre el ministerio de ecología del país, la agencia para la Gestión del Medio Ambiente y la Energía y organizaciones de empresas transportistas. Se provee información de buenas prácticas y tecnologías para la eficiencia energética y herramientas para que las empresas calculen sus emisiones de CO₂, para de esta manera fomentar la mejora del sector (Objectif CO₂, 2015; 2012).

Existen además una gran cantidad de otras iniciativas y programas similares, como por ejemplo el programa Transporte Limpio de la Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales de México; Green and Smart Transport Partnership en Corea, China Green Freight Initiative en China y EcoStation en Australia, por nombrar algunos.

Ni en la revisión de la literatura realizada ni durante el transcurso del proyecto se han identificado programas de esta índole para Uruguay.

4.3 Resumen

Un resumen de algunos de los planes existentes a nivel mundial se presenta a continuación en la Tabla 1.

Programa (Agencia/Entidad Administradora)	Ámbito Geográfico	Tipo de programa	Elementos clave ¹	Tipo de compañías miembro ²
SmartWay (Environmental Protection Agency)	Estados Unidos	Asociación Público-Privada	D,G,VT,B	C,F,L,T,M
SmartWay Canada (Natural Resources Canada)	Canadá	Asociación Público-Privada	D,G,B	C,F,L,T,M
Green Freight Europe (European Shippers Council; Dutch Shippers Council)	Europa	Dirigida por la Industria	D,G,B	C,L,T
Green Freight Asia	Asia	Sin fines de lucro	D,G,B	C,L,T
Objectif CO2 (Ministerio de Ecología; Agencia de la Administración del Medio Ambiente y la Energía)	Francia	Asociación Público-Privada	D,G	C
Lean and Green (Connekt)	Holanda, Alemania, Italia Bélgica y Luxemburgo	Sin fines de lucro	D,G,B	C,L,T,M
Logistics Carbon Reduction Scheme (Freight Transport Association)	Reino Unido	Dirigida por la Industria	D,G	C,L,T
Freight Best Practice (Department for Transport)	Reino Unido	Asociación Público-Privada	D,G	C
Transporte Limpio (Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales)	México	Asociación Público-Privada	D,G	C,T
Agencia Chilena de Eficiencia Energética	Chile	Sin fines de lucro	D,G,VT	C,L,T
Green and Smart Transport Partnership (Korea Energy Management Corporation)	Corea	Dirigida por la Industria	D,G	C,L,T
Green Logistics Partnership (Tokyo Metropolitan Government)	Tokio	Asociación Público-Privada	D,G	C
China Green Freight Initiative (China Road Transport Association; Ministry of Transport; Clean Air Asia)	China	Asociación Público-Privada	D,G,B	C,L,T
CONPET (Ministerio de Minas y Energía)	Brasil	Asociación Público-Privada	D,G,B	C,P
EcoStation (Victorian Environment Protection Authority; Victorian Transport Association)	Australia	Asociación Público-Privada	D,G	C,L,T

¹ D = recolección de datos y benchmarking; G = guía para tecnologías y mejores prácticas operativas; VT = verificación de tecnologías; B = branding

² C = camioneras; F = ferroviarias; L = logística; T = transportistas; M = marina; P = petroleras

5 Tecnologías para el ahorro de combustible y la disminución de emisiones

Con la creciente concientización de la necesidad de reducir los niveles de contaminación ambiental, surge el interés de generar medidas que colaboren con el objetivo de generar una forma de transporte de carga más limpio. Hoy en día los fabricantes de vehículos hacen grandes esfuerzos por desarrollar vehículos más eficientes, pero, si bien a futuro esta puede ser una medida positiva, actualmente la gran mayoría de los vehículos utilizados no tienen estas características, y cambios significativos como el advenimiento de vehículos eléctricos se van a dar en un horizonte largo de tiempo, si es que se dan. En consecuencia, surgen diversas tecnologías que, al ser instaladas en los vehículos que están actualmente en circulación, producen una disminución de los niveles de consumo de combustible y de la emisión de gases de los mismos. Con estas se busca reducir de manera rápida y efectiva los niveles actuales de consumo de combustible.

El espectro de tecnologías existentes es muy amplio, y por tanto no se hará un estudio exhaustivo de las mismas, sino que esta revisión se limitará a identificar aquellas tecnologías que ya han demostrado en el pasado ser las mejores para el ahorro de combustible o la reducción de la emisión de gases. Quedan fuera del alcance de esta revisión otros elementos relacionados con estrategias para la reducción del consumo de combustible como pueden ser el manejo de flota, la mejora en la conducción y el uso de herramientas informáticas.

5.1 Tecnologías para el ahorro de combustible y/o reducción de emisiones

A continuación se realizará un resumen de las principales tecnologías existentes para la reducción del consumo de combustible y la emisión de gases para camiones de transporte de carga carretero, basándose en los trabajos de Sharpe (2015a), Jolley (2006), Bossio (2014), el reporte final del proyecto piloto de Clean Air Initiative for Asian Cities Center (2010) y en la lista de componentes probados y recomendados por el programa SmartWay de Estados Unidos (US Environmental Protection Agency, 2015d).

5.1.1 Elementos de mejora aerodinámica

Cuando se está circulando a una velocidad constante, la mayoría de la energía que se está utilizando está destinada a vencer la fuerza de rozamiento producida por el aire en el vehículo. Surgen por tanto tecnologías con el objetivo de disminuir la resistencia aerodinámica tanto del tractor como del tráiler, por tratarse de uno de los factores de mayor influencia en el consumo de combustible, particularmente a velocidades de circulación en ruta (mayores a 80 km/h).

Algunos ejemplos de estas tecnologías son:

- *Deflector de aire montado en la cabina*: este tipo de deflector se monta sobre la cabina del vehículo para disminuir la resistencia al aire debida al choque del fluido con el tráiler.
- *Collar de cabina*: utilizado para disminuir el espacio entre el tractor y el tráiler.

- *Carenados laterales y cubre ruedas*: utilizado para disminuir la turbulencia debajo del vehículo y entre las ruedas, tanto en el tractor como el tráiler.
- *Cola de barco*: utilizado para disminuir las turbulencias en la parte trasera del tráiler.

5.1.2 Ruedas

El desarrollo de este componente del vehículo tiene dos objetivos: la disminución de la resistencia a la rodadura y la disminución del peso de las ruedas. La resistencia a la rodadura es producida principalmente por la pérdida de energía al deformarse el neumático por el contacto con el suelo, factor que es además dependiente de la presión del neumático (Clarck & Dodge, 1979).

Para disminuir la resistencia a la rodadura se han desarrollado neumáticos fabricados con compuestos que les permite minimizar la energía perdida al rodar. Este tipo de neumáticos pueden producir ahorros de un 3% o más en el consumo de combustible de camiones de carga (US Environmental Protection Agency, 2010). Se pueden usar pares de neumáticos o neumáticos anchos, siendo los últimos ventajosos debido a su menor peso y resistencia aerodinámica. Existen ruedas con llantas de acero, acero de bajo peso y de aluminio, en orden decreciente de peso, que sirven para reducir el peso total del vehículo y, por tanto, mejorar su eficiencia.

Por último, existen también sistemas automáticos para el monitoreo de la presión de los neumáticos para asegurarse de que se está trabajando a la presión óptima recomendada por el fabricante, este mecanismo ayuda en la reducción de la resistencia a la rodadura.

5.1.3 Aditivos y lubricantes

Se han desarrollado una gran cantidad de aditivos y lubricantes para mejorar las capacidades del motor y de la combustión.

En cuanto a los aditivos, se alega que una mejora en las condiciones de la combustión, sumado a un efecto de limpieza de los inyectores y válvulas de los pistones tienen como resultado una disminución en el consumo de combustible, así como también de la emisiones del vehículo (Synergyn, 2015).

Los lubricantes destinados al ahorro de combustible tienen una composición especial que les permite ahorrar combustible cuando se los compara con lubricantes tradicionales, manteniendo el mismo nivel de rendimiento (Total, 2015).

5.1.4 Sistemas electrónicos de monitoreo y control

Existen sistemas electrónicos con la capacidad de monitorear el consumo de combustible y ajustar distintas variables del vehículo con el objetivo de alcanzar un manejo más eficiente. Se pueden ajustar la velocidad y tiempos muertos del motor y otras variables. Además, se recaban datos de funcionamiento que permiten al conductor tener una noción de las condiciones del vehículo para, en caso de ser necesario, realizar tareas de mantenimiento en el mismo.

Otros dispositivos que pueden contribuir a un manejo más eficiente son limitadores de velocidad, controladores de velocidad crucero y dispositivos que, según las condiciones de velocidad del motor y otras condiciones, optimizan la selección de marcha del vehículo.

5.1.5 Reductores de marcha en vacío

Estos son componentes que reducen la cantidad de tiempo en la que un vehículo se encuentra con el motor funcionando en vacío innecesariamente. Pueden ser instalados en el vehículo o fuera del mismo.

6 Métodos para la cuantificación del efecto de la aplicación de tecnologías en vehículos de carga

La gran disponibilidad de dispositivos para el ahorro de combustible genera la necesidad de disponer de métodos confiables para cuantificar su impacto de manera de poder establecer cuáles son útiles (y por lo tanto deberá ser fomentado su uso) y cuáles no.

Existen diversas formas de realizar esta tarea, dependiendo de la naturaleza del componente que se quiere estudiar. Algunos se utilizan para medir el impacto en las emisiones (que puede ser trasladado al consumo de combustible); otros para medir el cambio de alguna propiedad del vehículo, como puede ser la resistencia a la rodadura, o el coeficiente de fricción aerodinámico; y otros dan como resultado el impacto porcentual en el consumo de combustible.

La Sociedad de Ingenieros Automotrices (SAE, por su sigla en inglés) ha desarrollado una gran cantidad de procedimientos estandarizados para probar distintos tipos de componentes. A su vez, el programa SmartWay cuenta con información sobre métodos apropiados para la verificación de tecnologías, siendo muchos de estos los propuestos por la SAE.

El objetivo de este capítulo es identificar procedimientos y metodologías para la cuantificación del efecto de la instalación de componentes en vehículos con el objetivo de reducir el consumo de combustible. Para hacer esto se utilizó como referencia los trabajos de Sharpe (2015a) y la ICCT (2012). El foco principal fue puesto en los métodos de prueba en condiciones reales de manejo, por ser el utilizado en este proyecto.

6.1 Dinamómetro de chasis

Para realizar esta prueba, el vehículo completo se monta en un dinamómetro de chasis, que es un dispositivo que consta de uno o más rodillos cilíndricos donde se apoyan las ruedas del vehículo. Estos cilindros tienen la función de simular condiciones de circulación sobre el vehículo, generando distintas cargas en las ruedas del mismo para simular resistencia a la rodadura, cargas de inercia y resistencia aerodinámica. Usualmente se somete al vehículo a condiciones de aceleración y velocidad predeterminadas para anular el efecto de condiciones distintas de manejo en distintas pruebas.

Las limitaciones de este método de prueba son su alto costo, la disponibilidad de dinamómetros de gran tamaño necesarios para vehículos grandes y la imposibilidad de someter al vehículo a cargas aerodinámicas reales.

Para determinar las variables necesarias para la simulación de las cargas sobre el vehículo se debe realizar una prueba de desaceleración (detallada en la sección 4.2.5 de este documento) en ruta y luego una en el dinamómetro, para asegurarse que las cargas impuestas sean las mismas.

La SAE ha desarrollado una práctica recomendada para medir economía de combustible y emisiones para vehículos de servicio pesado en dinamómetros de chasis, conocida como el procedimiento SAE J2711

(Society of Automotive Engineers (SAE), 2002). Por su parte, la EPA ha detallado procedimientos para realizar pruebas de emisiones (40 CFR parte 86, 40 CFR parte 1065).

Como ejemplo de aplicación se encuentra el de la empresa Total (2012), que realizó un estudio comparativo del consumo generado utilizando el lubricante 10W-40 comparado con el lubricante 15W-40 de referencia, utilizando un dinamómetro de chasis, constatándose ahorros de entre 0.6 y 0.7%.

6.2 Prueba en dinamómetro de motor

Para realizar esta prueba, se instala un motor en un dinamómetro de motor, a través del cual se miden la potencia y el torque en el cigüeñal del mismo. Se pueden medir las emisiones del motor en el escape y estos resultados se pueden relacionar con el consumo de combustible del motor.

Al igual que sucede con el dinamómetro de chasis, se simulan distintas condiciones a las que se ve sometido el elemento en cuestión, con la diferencia que típicamente no se pueden simular condiciones después del sistema de transmisión.

Una gran desventaja de este tipo de metodología para probar eficiencia energética en vehículos de carga es que se alega que no es representativo de condiciones reales de manejo (Sharpe, 2015b). Por su parte, algunas ventajas del mismo son que se trata de un procedimiento consistente con los programas existentes para la regulación de emisiones vehiculares y que no se incurre en errores debidos a factores humanos ni a deslizamiento de los elementos rodantes como en el caso del dinamómetro de chasis.

A modo de ejemplo, en un estudio realizado por Clifford, Millar, Parish y Wood (2008), se utilizó un dinamómetro de motor para probar el efecto de siete tipos distintos de aditivos para gasoil, en comparación con la utilización de combustible diésel únicamente, obteniendo como resultado que ninguno de los siete produjo un ahorro mayor al 0,27% en el total de la prueba.

6.3 Pruebas en ruta o pista

Este método consiste en operar el vehículo por un circuito previamente diseñado (típicamente de más de 1,5 kilómetros) que puede ser una pista cerrada o una ruta. Existen tres procedimientos propuestos por la SAE para realizar esta tarea, que son la SAE J1321, SAE J1526 y SAE J1264 (Society of Automotive Engineers (SAE), 2012a; 1987; 2011), siendo el primero un procedimiento de gran aplicación en el sector del transporte y el método más utilizado para verificar componentes en el programa SmartWay. Los otros dos procedimientos ofrecen pruebas de realización más simple o en menor tiempo. Se han producido, además, adaptaciones al procedimiento SAE J1321, como es el caso del Instituto Nacional de Normalización de Chile (INN) con su norma NCh 3331 (Instituto Nacional de Normalización, 2013), que busca adaptar los procedimientos establecidos en el procedimiento SAE a la realidad local del país.

Con respecto a la realización de cualquiera de estos procedimientos, primeramente, se le enseña al conductor cómo debe operar el vehículo, marcando zonas de aceleración, frenado y de velocidad constante para aumentar la repetitividad de las pruebas. Se utilizan dos vehículos, los cuales recorren un mismo circuito un número predeterminado de veces para determinar condiciones iniciales de consumo (el cual es medido por peso mediante tanques de combustible extraíbles, o por volumen, con medidores de flujo volumétrico). Posteriormente, se realizan más pruebas, pero esta vez colocando el componente que se quiere evaluar en uno de los vehículos (SAE J1321) o se cambia de un vehículo a otro (SAE J1526).

Este tipo de procedimientos permite evaluar el impacto en el consumo de combustible debido al uso de diversas tecnologías en condiciones de manejo mucho más cercanas a condiciones reales, y de ahí su gran valor y la gran cantidad de experimentaciones que se hacen de esta manera.

Tienen como desventaja que se tiene una mayor susceptibilidad al impacto generado por condiciones externas al vehículo, como pueden ser el clima o la presencia de otros vehículos (en caso de realizarse esta prueba en ruta), y que puede tener un costo elevado. Un resumen de los procedimientos SAE J1321 y NCh 3331 y casos de aplicación se presentan en la sección 2.5 de este capítulo.

6.4 Dinámica de fluidos computacional (CFD)

Este método de verificar tecnologías es reconocido por el programa SmartWay como una prueba válida para verificar componentes de mejora de la resistencia aerodinámica de vehículos de carga (US Environmental Protection Agency, 2015e).

El objetivo de este método es cuantificar la reducción en el coeficiente de arrastre (coeficiente de resistencia aerodinámica) del vehículo debida a la adición de elementos de mejora aerodinámica.

Para hacer esto se simula por computadora el diseño exterior del vehículo con y sin el elemento de mejora y se determinan los coeficientes de arrastre en ambas situaciones. Una guía para realizar esta tarea es presentada por la SAE en su práctica recomendada SAE J2966 (Society of Automotive Engineers (SAE), 2013).

A modo de ejemplo, Hakansson & Lenngren (2010) utilizaron esta metodología para cuantificar la reducción en el coeficiente de arrastre producido por once tecnologías con distintos ángulos de impacto del viento en camiones de carga. El resultado principal del estudio muestra que las zonas de mayor potencial de mejora son debajo y detrás del tráiler.

6.5 Prueba de desaceleración

Esta metodología es otra de las aceptadas por el programa SmartWay como prueba ampliada para la verificación de componentes y consiste en lanzar el vehículo desde una cierta velocidad con el motor desengranado, mientras se mide continuamente la velocidad y la distancia recorrida hasta que el mismo se detiene (Preda, Covaciu, & Ciolan, 2010). Mediante esta prueba se pueden determinar la fuerza de arrastre total, que es asignada a fuerzas aerodinámicas o de resistencia a la rodadura (Institute for Internal Combustion Engines and Thermodynamics, 2011). Shetty y Surcel (2014) realizaron una prueba de desaceleración para evaluar el efecto de usar estacas desmontables en camiones de transporte de madera, obteniendo mejoras de un 28% en el coeficiente de arrastre aerodinámico.

6.6 Prueba en túnel de viento

Este tipo de pruebas son utilizadas para determinar la fuerza sobre un vehículo debida a la acción del viento, pudiéndose determinar el coeficiente de arrastre. Al igual que los métodos por dinámica de fluidos computacional y prueba de desaceleración, permite calcular la variación en el coeficiente de arrastre aerodinámico debida a la utilización de tecnologías destinadas a disminuirlo, y es un procedimiento aprobado por el programa SmartWay para probar componentes.

Consiste en colocar el vehículo, o un modelo a escala del mismo, en un túnel de viento, sometiéndolo a diversas condiciones de velocidad de viento. La SAE ha desarrollado un procedimiento recomendado para

realizar pruebas de túnel de viento en camiones y autobuses, tanto para modelos a escala real como a escala reducida, en su procedimiento SAE J1252 (Society of Automotive Engineers (SAE), 2012b).

En el estudio realizado por Shetty y Surcel (2014), mencionado en la sección 2.4.5, se utilizó también esta metodología para determinar el impacto del nuevo diseño de estacas, obteniendo como resultado mejoras del coeficiente de arrastre aerodinámico de hasta un 35%.

6.7 Determinación de resistencia a la rodadura: Prueba en laboratorio

El objetivo de este tipo de pruebas es determinar el coeficiente de resistencia a la rodadura de un neumático mediante una prueba controlada en un laboratorio. Existen tres normativas que presentan procedimientos para realizar dicha tarea, que son la SAE J1269, SAE J2452 y la ISO 28580:2009 (Society of Automotive Engineers (SAE), 2006; 2008; International Organization for Standardization (ISO), 2009). La diferencia entre los procedimientos propuestos por la SAE es que el primero es un ensayo realizado en condiciones de estado estable (equilibrio térmico), mientras que el segundo es más similar a una prueba de desaceleración.

Chuang (2012) realizó un estudio comparativo entre el procedimiento SAE J1269 y el ISO 28580, obteniendo como resultado coeficientes de resistencia a la rodadura ligeramente menores para el procedimiento ISO, pero porcentajes de cambio idénticos para ambos métodos cuando se comparan dos tipos distintos de neumáticos.

6.8 Resumen

Un resumen de las metodologías identificadas, sus posibles usos y procedimientos estandarizados existentes para llevarlas a cabo se muestra a continuación en la Tabla 2.

Método	Tecnologías ³	Métrica ⁴	Procedimiento
Dinamómetro de Chasis	AyL, SMC	Combustible Ahorrado	SAE J2711, CFR 40 1065
Dinamómetro de Motor	AyL	Combustible Ahorrado	CFR 40 1065
Prueba en Ruta/Pista	ADyn,AyL,R,SMC	Combustible Ahorrado	SEE J1321, SAE J1526, SAE J1264, NCh 3331
Dinámica de Fluidos Computacional	ADyn	Cd	SAE J2966
Prueba de Desaceleración	ADyn, R	Cd/Crr	-
Túnel de Viento	ADyn	Cd	SAE J1252
Prueba de Resistencia a la Rodadura	R	Crr	SAE J1269, SAE J2425, ISO 28580

³ AyL = Aditivos y Lubricantes, ADyn = Elementos de mejora aerodinámica, R = Ruedas, SMC = Sistemas electrónicos de monitoreo y control

⁴ Cd = Coeficiente de arrastre aerodinámico, Crr = Coeficiente de resistencia a la rodadura

7 Procedimientos de prueba en ruta: SAE J1321 y NCh 3331

El objetivo de esta sección es hacer un resumen de los procedimientos para la realización de pruebas de componentes en pista o ruta, de acuerdo a las normas SAE J1321 y NCh 3331, por tratarse de procedimientos de gran aceptación para la realización de dicha tarea. Además, se buscará identificar casos de aplicación de estos procedimientos a nivel mundial.

Ambos procedimientos poseen una estructura similar. Esto se debe mayormente a que el procedimiento desarrollado por el INN de Chile ha tomado en consideración la norma de la SAE a la hora de realizar su procedimiento propio.

Ambos procedimientos tienen como objetivo principal cuantificar el impacto en el consumo de combustible debido a la adición, remoción o modificación de algún componente o sistema del vehículo. Los vehículos contemplados son camiones de carga o buses con más de un determinado peso, que es distinto para ambos procedimientos.

Para hacer esto se propone realizar experimentos controlados en pista o en ruta y se hace uso de dos o más vehículos: uno que se mantiene sin modificar en toda la prueba, para proveer datos de referencia de consumos y otro(s) modificado(s) durante la prueba con el elemento que se desea implementar, para medir su efecto. El objetivo de utilizar el vehículo de referencia es que se asume que cualquier factor externo que pudiera afectar en beneficio o deterioro del consumo de combustible estaría afectando a ambos vehículos, es decir, que el vehículo de referencia actuaría como testigo del impacto de las condiciones externas de la prueba, generando que no se obtengan resultados sesgados por dichas condiciones.

La prueba consiste de un segmento base y de un segmento de prueba. Cada uno de ellos consta de al menos tres trayectos en un circuito diseñado previamente y con una longitud definida, que será distinta dependiendo del procedimiento utilizado y de las condiciones en la cual se realicen los experimentos (pista o ruta). El segmento base se utiliza para determinar el cociente de consumos de los vehículos sin que ninguno de estos haya sido modificado, mientras que en el segmento de prueba se determina este mismo cociente sólo habiéndose modificado uno de los vehículos, pudiéndose comparar estadísticamente estos resultados para obtener el impacto en el consumo.

Se deberá contar con un punto de inicio y de término del trayecto que se encuentren próximos geográficamente en donde se establecerá el equipo de trabajo y se realizarán las tareas necesarias sobre los vehículos.

Dentro de estas tareas, la más importante es la determinación del consumo de combustible del vehículo en el trayecto. Para hacer esto la medida se puede hacer de dos modos, por gravimetría o por flujo de fluido, siendo el primero el recomendado por el procedimiento SAE J1321 y el único aceptado por el procedimiento NCh 3331. Consta de equipar los vehículos con un tanque de combustible removible que será el que se utilizará durante las pruebas. En el caso de medición por gravimetría, el tanque se carga con combustible antes de comenzar el trayecto, se mide su peso y se coloca en el vehículo. Al completar el trayecto, se descarga del mismo y se mide su peso nuevamente, siendo la diferencia de peso el consumo de combustible en el trayecto. El otro método para medir consumo de combustible, planteado por la SAE, es mediante el uso de un medidor de flujo volumétrico.

Los resultados son presentados en forma de porcentaje de ahorro y de mejora, cada uno con su intervalo de confianza correspondiente. Los mismos se calculan de la siguiente manera:

$$\% \text{ de ahorro} = (\text{Promedio } P/C_{\text{segmento base}} - \text{Promedio } P/C_{\text{segmento prueba}}) / \text{Promedio } P/C_{\text{segmento base}}$$

$$\% \text{ de mejora} = (\text{Promedio } P/C_{\text{segmento base}} - \text{Promedio } P/C_{\text{segmento prueba}}) / \text{Promedio } P/C_{\text{segmento de prueba}}$$

Donde P/C es el cociente de los consumos obtenidos por el vehículo de prueba y el de control.

Si el valor de la mitad del intervalo de confianza es superior al valor nominal, no se puede decir que exista un ahorro estadísticamente justificado.

7.1 Casos de aplicación

El procedimiento SAE J1321 es uno de los más utilizados para la certificación de componentes por el programa SmartWay. Este es uno de los métodos disponibles para los fabricantes de componentes para probar sus productos para que pasen a ser parte de los componentes verificados por el programa.

Por su parte, el procedimiento NCh 3331 es utilizado por la Agencia Chilena de Eficiencia Energética para la verificación de una gran variedad de componentes para fomentar su uso en dicho país.

Algunos ejemplos de aplicación de los procedimientos SAE J1321 y NCh 3331 se detallan a continuación.

La empresa AMSOIL (2012) realizó un estudio para determinar el impacto de sus lubricantes sintéticos en el consumo de combustible. Para esto utilizó el procedimiento SAE J1321 en un circuito de prueba en ruta, obteniendo como resultado una mejora en el consumo de combustible de 6.54%. Brandt, Frame y Warden (2010) también utilizaron este procedimiento para probar tres tipos de lubricantes (para motor, transmisión y ejes) en un circuito de dos velocidades. Los resultados mostraron una mejora de 1.5% para los lubricantes de motor, 0.84% para los de ejes y de 0.6% para transmisión.

Otro estudio utilizando este procedimiento fue realizado por Diller et al. (2007) para evaluar los efectos de ruedas anchas de baja resistencia a la rodadura, obteniendo como resultado un ahorro de un 8.71%.

El Instituto de Transporte de Texas (Texas Transportation Institute, 2009) utilizó esta metodología para probar un mejorador de la combustión, obteniéndose como resultado un ahorro de combustible de 12.1%.

Por último, la Universidad Andrés Bello (2012) realizó un estudio para evaluar el ahorro en el consumo de combustible producido por la aplicación de tres kits de mejora aerodinámica, compuestos de distintas combinaciones de elementos individuales, constatándose ahorros de hasta un 15.39%. Este estudio se hizo además como preámbulo para el desarrollo del procedimiento NCh 3331 en conjunto con el INN de Chile. Este procedimiento fue utilizado por la misma universidad (Universidad Andrés Bello, 2013) para cuantificar el efecto del peso total del vehículo cargado en el consumo de combustible, para dar conciencia de la importancia de reducir este factor.

8 Referencias

- Agencia Chilena de Eficiencia Energética. (2015). *AChEE*. Recuperado el 8 18, 2015, de <http://www.acee.cl/areas/transporte/lineas-de-accion/t-transporte-carga>
- AMSOIL. (2012). *Diesel Fleet Fuel Economy Study*.
- Bossio, D. (2014). *Logística Verde: La importancia del conocimiento de la huella de carbono para una empresa de transporte*. Avellaneda: Universidad Regional Avellaneda, Centro Tecnológico de Transporte, Tránsito y Seguridad Vial.
- Brandt, A., Frame, E. A., & Warden, R. W. (2010). *SAE J1321 TESTING USING M1083A1 FMTVS*. San Antonio: Southwest Research Institute® (SwRI®) .
- Chuang, D. (2012). *Packed Snow Performance of Low Rolling Resistance Class 8 Heavy Truck Tires*. Ottawa.
- Clarck, S. K., & Dodge, R. N. (1979). Fundamentals of rolling loss. En *A Handbook for the Rolling Resistance of Pneumatic Tires* (págs. 2-6).
- Clean Air Initiative for Asian Cities Center. (2010). *Guangzhou Green Trucks Pilot Project Final Report*. Pasig City.
- Clifford, T., Millar, D., Parish, D., & Wood, N. (2008). *Diesel Fuel Additives Testing Summary for Fishermen*. University of Exeter, Cornwall.
- CONPET. (2011). Recuperado el 8 18, 2015, de http://www.conpet.gov.br/portal/conpet/pt_br/conteudo-gerais/conpet-no-transporte.shtml
- Demir, E., Bektas, T., & Gilbert, L. (2013). *A review of recent research on green road freight transportation*. European Journal of Operational Research.
- Diller, T., Matthews, R., Shoffner, B., de la Fuente, H., & Kasper, M. (2007). *The Effects of Low Rolling Resistance Tires on the NOx Emissions and Fuel Economy of Drayage Trucks*. Austin.
- Green Freight Asia. (2015a). *Green Freight Asia*. Recuperado el 7 29, 2015, de <http://greenfreightasia.org/>
- Green Freight Asia. (2015b). *Green Freight Asia Label - Audit Guidance - Version 1.1*.
- Green Freight Europe. (2015). *Green Freight Europe*. Recuperado el 7 29, 2015, de <http://www.greenfreighteurope.eu/>
- Guangzhou Green Trucks Pilot Project. (2010). *Draft Final for World Bank Approval*. Pasig City.
- Hakansson, C., & Lenngren, M. J. (2010). *CFD Analysis of Aerodynamic Trailer Devices for Drag Reduction of Heavy Duty Trucks*. Chalmers University of Technology, Department of Applied Mechanics, Göteborg.
- ICCT. (2012). *Certification Procedures for Advanced Technology Heavy-Duty Vehicles - White paper N°16*. Washington DC.
- ICCT. (2015). *The International Council on Clean Transportation*. Recuperado el 7 29, 2015, de <http://www.theicct.org/>

- Institute for Internal Combustion Engines and Thermodynamics. (2011). *Evaluation of fuel efficiency improvements in the Heavy-Duty Vehicle (HDV) sector from improved trailer and tire designs by application of a new test procedure*. Graz.
- Instituto Nacional de Normalización . (2013). *Método de prueba para la determinación del consumo de combustible para vehículos de transporte terrestre*.
- International Organization for Standardization (ISO). (2009). *ISO 28580:2009 - Passenger car, truck and bus tyres -- Methods of measuring rolling resistance -- Single point test and correlation of measurement results*.
- Jolley, A. (2006). *Transport Technologies*. Melbourne, Australia: Center for Strategic Economic Studies, Victoria University.
- Objectif CO2. (2012). *Carta de compromisos voluntarios para la reducción de emisiones de CO2 en el transporte de mercancías por carretera*.
- Objectif CO2. (2015). Recuperado el 8 18, 2015, de <http://www.objectifco2.fr/>
- Preda, I., Covaciu, D., & Ciolan, G. (2010). Coast Down Test - Theoretical and Experimental Approach. Brasov. doi:10.13140/RG.2.1.4048.5925
- Sharpe, B. (2015a). *Green freight programs and technology verification*.
- Sharpe, B. (2015b). *Testing methods for heavy-duty vehicle fuel efficiency: Trends from regulatory programs around the world and implications for India*.
- Shetty, M., & Surcel, M.-D. (2014). Evaluation of the influence of Stakes on Drag and Fuel Consumption for a Tractor-Logging Trailer Combination. *SAE Int. J. Commer. Veh.* 7(2), 653-665.
- Society of Automotive Engineers (SAE). (1987). *J1526 - Joint TMC/SAE Fuel Consumption in-service Test Procedure Type III*.
- Society of Automotive Engineers (SAE). (2002). *J2711 - Recommended Practice for Measuring Fuel Economy and Emissions of Hybrid-Electric and Conventional Heavy-Duty Vehicles*.
- Society of Automotive Engineers (SAE). (2006). *J1269 - Rolling Resistance Measurement Procedure for Passenger Car, Light Truck, and Highway Truck and Bus Tires*.
- Society of Automotive Engineers (SAE). (2008). *J2452 - Stepwise Coastdown Methodology for Measuring Tire Rolling Resistance*.
- Society of Automotive Engineers (SAE). (2011). *J1264 - Joint RCCC/SAE Fuel Consumption Test Procedure (Short Term In-Service Vehicle) Type 1(STABILIZED May 2011)*.
- Society of Automotive Engineers (SAE). (2012a). *J1321 - Fuel Consumption Test Procedure - Type II*.
- Society of Automotive Engineers (SAE). (2012b). *J1252 - SAE Wind Tunnel Test Procedure for Trucks and Buses*.
- Society of Automotive Engineers (SAE). (2013). *J2966 - Guidelines for Aerodynamic Assessment of Medium and Heavy Commercial Ground Vehicles Using Computational Fluid Dynamics*.

- Synergyn. (2015). *Synergyn USA*. Recuperado el 8 3, 2015, de <https://www.synergynusa.com/>
- Texas Transportation Institute. (2009). *Fuel Consumption and Emissions Report for CARBON CHAIN TECHNOLOGIES LIMITED: Testing 2ct Treated Diesel Fuel*. Texas.
- Total. (2015). *Total UK*. Recuperado el 8 3, 2015, de <http://www.total.co.uk/lubricants/sustainable-development/fuel-economy-lubricants.html>
- Total Lubricants . (2012). *Heavy Duty Diesel Fuel Economy Engine Oil*.
- Universidad Andres Bello. (2012). *Eficiencia Energética en el Transporte de Carga: Impacto de la Aerodinámica para el Ahorro de Combustible*. Santiago de Chile.
- Universidad Andrés Bello. (2013). *Eficiencia Energética en el Transporte de Carga: Impacto de la Carga en el Consumo*. Santiago de Chile.
- US Environmental Protection Agency. (2010). Low Rolling Resistance Tires: A Glance at Clean Freight Strategies. (EPA-420-F-09-041).
- US Environmental Protection Agency. (2012). How to Verify Components for SmartWay Tractors and Trailers. (EPA-420-F-09-044).
- US Environmental Protection Agency. (2015a). Smartway Transport Overview. (EPA-420-F-15-033).
- US Environmental Protection Agency. (2015b). SmartWat Vision 2020. (EPA-421-F-15-001).
- US Environmental Protection Agency. (2015c). *US Environmental Protection Agency*. Recuperado el 7 29, 2015, de <http://www.epa.gov/greenvehicles/you/smartway.htm>
- US Environmental Protection Agency. (2015d). Recuperado el 8 27, 2015, de <http://www.epa.gov/smartway/forpartners/technology.htm>
- US Environmental Protection Agency. (2015e). SmartWay-verified Aerodynamic Technologies. (EPA-420-F-15-006).



CINOI

Centro de Innovación en
Organización Industrial



cinoi@um.edu.uy
Tel.: (598) 2706 7630
Luis P. Ponce 1307

ingenieria.um.edu.uy/cinoi



 CINOI_UM
 CINOI
 universidaddemontevideo
 portalUMvideos