

**DIAGNOSTICO ENERGÉTICO INICIAL Y PROPUESTA DE BUENAS  
PRÁCTICAS OPERATIVAS EN LA FLOTA RIONEGRO CUNDINAMARCA  
S.A.S.**

**PAULA ALEJANDRA GOMEZ MUÑOZ**

**UNIVERSIDAD SANTO TOMAS  
FACULTAD DE INGENIERIA AMBIENTAL  
BOGOTA D.C  
2021**

**DIAGNOSTICO ENERGÉTICO INICIAL Y PROPUESTA DE BUENAS  
PRÁCTICAS OPERATIVAS EN LA FLOTA RIONEGRO CUNDINAMARCA  
S.A.S.**

**PAULA ALEJANDRA GOMEZ MUÑOZ**

**PROYECTO DE GRADO  
MODALIDAD CURSO DE PROFUNDIZACION**

**DIRECTOR  
Msc. DAVID ORJUELA YEPES**

**UNIVERSIDAD SANTO TOMAS  
FACULTAD DE INGENIERA AMBIENTAL  
BOGOTA D.C**

**2021**

# DIAGNOSTICO ENERGÉTICO INICIAL Y PROPUESTA DE BUENAS PRÁCTICAS OPERATIVAS EN LA FLOTA RIONEGRO CUNDINAMARCA S.A.S.

## RESUMEN

En este trabajo se realiza un diagnóstico energético inicial de la Flota Rionegro Cundinamarca S.A.S. desarrollado a partir de datos del parque automotor y listado de rutas, el cual cuenta con seis fases diferentes en donde su principal objetivo fue establecer la línea base de consumo mediante un comparativo entre el consumo de combustible teórico dado por fabricante y el consumo real estimado en la ejecución de la ruta 6, correspondiente a destino Bogotá – Pacho y que fue determinado mediante encuestas realizadas a 14 conductores en concordancia con la matriz de tipos de vehículos con los que cuenta la flota. Los principales hallazgos encontrados a partir de este ejercicio corresponden a una diferencia de 37,5 galones y a que más de la mitad de los vehículos tienen consumos superiores al doble del consumo teórico lográndose establecer en este sentido, tres propuestas encaminadas a disminuir consumos como la obtención de información de consumo real, implementación de conducción eficiente y, control y seguimiento de las variables energéticas de interés, esperándose posibles ahorros del 1 al 15%.

**Palabras claves:** Diagnostico energético, línea base, disminución de consumo, conducción eficiente.

## ABSTRACT

In this work, an initial energy diagnosis of the Rionegro Cundinamarca S.A.S. developed from data from the vehicle fleet and list of routes, which has six different phases where its main objective was to establish the consumption baseline by means of a comparison between the theoretical fuel consumption given by the manufacturer and the actual consumption estimated in the execution of Route 6, corresponding to the Bogotá - Pacho destination, which was determined through surveys conducted with 14 drivers in accordance with the matrix of types of vehicles in the fleet. The main findings found from this exercise correspond to a difference of 37.5 gallons since more than half of the vehicles have consumption higher than double the theoretical consumption, being able to establish in this sense, three proposals aimed at reducing consumption such as obtaining of information on real consumption, implementation of efficient driving and, control and monitoring of the energy variables of interest, expecting possible savings of 1 to 15%.

**Keywords:** Energy diagnosis, baseline, consumption reduction, efficient driving.

## INTRODUCCIÓN

El sector de transporte constituye el 43% del consumo energético a nivel nacional catalogándose como uno de los sectores de mayor importancia (UPME, 2019). La Flota Rionegro Cundinamarca S.A.S es una empresa de transporte de pasajeros intermunicipal de Cundinamarca la cual está interesada en realizar un análisis energético de su actividad, sin embargo, cuenta con un limitante inicial que es muy común y presente en la mayoría de las empresas de transporte, este limitante está determinado en la faltante de registros y conocimiento sobre el consumo de combustible racionalizado en el hecho de que el parque automotor no es propiedad privada de la empresa sino que por el contrario existen diversidad de propietarios, los cuales, de manera individual se hacen cargo de gastos operativos sin necesidad de emitir reportes a las áreas administrativas. Por otra parte, el parque automotor de la Flota trabaja energéticamente con combustible Diesel de composición; 86% carbono, 13% hidrogeno, 0,4% nitrógeno y en menor medida por azufre y oxígeno (UPME, 2021) el cual en su combustión de tipo incompleta produce emisiones atmosféricas de SO<sub>2</sub>, CO, CO<sub>2</sub> principal gas responsable del efecto invernadero, NOX, hidrocarburos y partículas de hollín PM<sub>10</sub> generando una contribución a la problemática actual de calentamiento global y calidad del aire (Bernaola, 2013).

El sector de transporte siendo un sector de importante enfoque mundial que presenta en su normalidad problemáticas de tipo informativo, medioambientales y energéticos, es uno de los sectores que presenta mayores oportunidades de mejora donde países como Estados Unidos, China, México, Brasil, Chile y algunos de la Unión Europea tienen trascendencia en estudios investigativos de evaluación del consumo energético del sector, aportando soluciones y normatividad para mejorar el rendimiento de combustible en los vehículos y promover el uso de tecnologías, combustibles más limpios y conducción eficiente, con la intención de concientizar de manera global a los usuarios desde la compra y la operación (Castillo, 2018). Por su parte, Colombia presenta inicios de estudios en eficiencia energética desde 1998 donde se realizó una caracterización nacional del parque automotor (UPME, 1998) y se inicio con una ola de estudios que continuaron años siguientes de tipo estatal e individualizado para empresas hasta llegar al año 2010, donde se presentó el Programa Nacional de Uso Racional y Eficiente de la Energía y demás formas de Energía no Convencionales el cual incluye programas sectoriales para el transporte (Ministerio de Minas y Energía, 2010) y en concordancia con este se plantea como objetivo principal de este proyecto el desarrollo de un diagnóstico energético inicial y propuesta de obtención de información, disminución de consumo de combustible y medidas de control mediante buenas prácticas operativas en la Flota Rionegro Cundinamarca S.A.S.

## DIAGNÓSTICO

La Flota Rionegro Cundinamarca S.A.S es una empresa que cuenta con más de 40 años de antigüedad en el sector del transporte de pasajeros en el Departamento de Cundinamarca teniendo mayor fuerza en la provincia del Rionegro, la cual está ubicada en el extremo noroccidental del departamento y conformada por los municipios de Pacho, El Peñón, La Palma, Paime, San Cayetano, Topaipí Villagómez y Yacopí (Secretaría de Planeación de Cundinamarca, 2015). A continuación, se presenta un mapa descriptivo de los lugares donde tiene presencia la flota con un flujo aproximado de 300 usuarios por día.



Mapa 1. Área de influencia de la flota. Fuente: Autor, elaboración mediante ArcGIS

El diagnóstico energético y operacional fue establecido en seis diferentes fases distribuidas de la siguiente manera:

### FASE 1. Entrevista realizada al jefe de rodamiento

En esta primera fase se logró determinar factores de importancia para conocer el estado de la empresa, su proceso de operación y prefactibilidad del desarrollo teórico del proyecto presentándose a continuación la información más relevante según el estado energético y necesidades futuras de la empresa correspondiendo este estudio al primer análisis energético realizado a la flota.

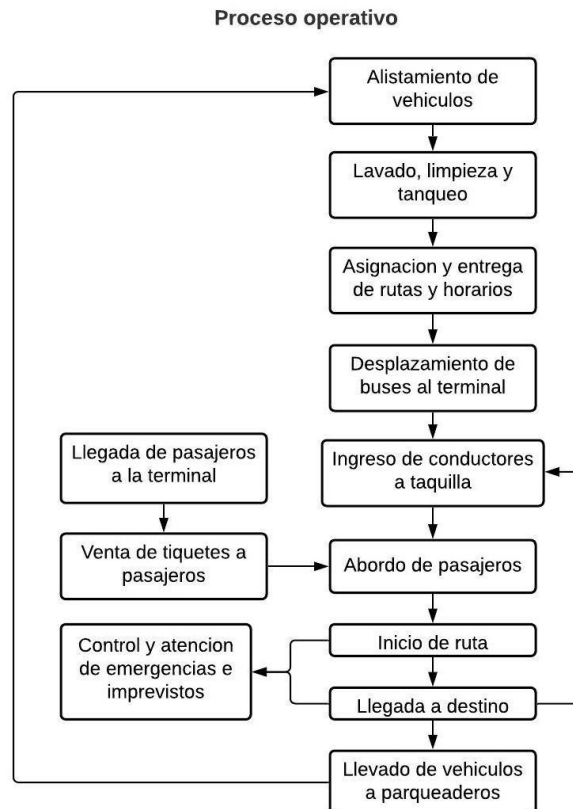


Ilustración 1. Proceso operativo de la flota. Fuente: Elaboración autor

- Vehículos:** Se cuenta con base de datos del parque automotor.  
No existencia de tecnología de telemetría.
- Mantenimiento:** El mantenimiento de vehículos es realizado por cada propietario sin embargo se tiene establecido que se realice mantenimiento preventivo cada dos meses.
- Energéticamente:** Todos los vehículos trabajan con combustible Diesel.  
No se cuenta con base de datos sobre el consumo.  
No se hace uso de indicadores energéticos.  
No se ha trabajado en capacitaciones de ecodriving.

Operacional: El horario de trabajo corresponde a 15 horas con buses salientes desde las 4 am hasta las 7pm.  
Se cuenta con base de datos de rutas.  
No existencia de información sobre kilómetros recorridos por ruta.

**FASE 2. Análisis base de datos parque automotor**

Mediante base de datos de la empresa sobre el parque automotor se obtuvo la siguiente información:

1. La flota cuenta actualmente con 53 vehículos entre microbuses, busetas y buses distribuidos de la siguiente manera siendo su principal diferenciador su tamaño y capacidad:

CLASE	CAPACIDAD PASAJEROS	Nº DE VEHICULOS
Microbus	16 a 19	19
Buseta	24 a 30	12
Bus	32 a 40	22



Tabla 1. Clasificación por tipo de vehículo.  
Fuente: Elaboración autor

Según clasificación del Ministerio de Transporte por medio del Decreto 1079 de 2015, la flota vehicular cuenta con vehículos clase B, clase C y clase D siendo estos los de una capacidad mayor a 40 pasajeros (Gobierno Nacional de Colombia, 2015). El consumo de combustible varía según el tipo de vehículo ya que el consumo y el peso están directamente relacionados.

2. La flota vehicular está distribuida de la siguiente manera según marca y línea encontrando en total 16 tipos diferentes de vehículos siendo en mayor proporción los pertenecientes a la marca Hino, Mercedes Benz y Chevrolet.

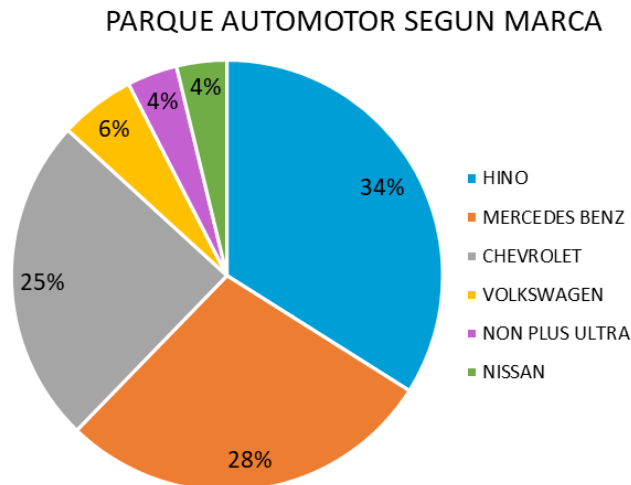


Gráfico 1. Distribución vehicular por marca. Fuente: Elaboración autor

CLASIFICACION VEHICULAR	
MARCA Y LINEA	N° DE VEHICULOS
HINO FC9JKSZ	13
CHEVROLET NPR	10
MERCEDES BENZ SPRINTER 413 CDI	6
MERCEDES BENZ SPRINTER	5
HINO FC4JKUZ	4
VOLKSWAGEN CRAFTER 50	2
MERCEDES BENZ LO-915	2
MERCEDES BENZ SPRINTER 515 CDI	2
NISSAN TK55	2
VOLKSWAGEN VW 9.150	1
HINO XZU710L-HKFRP1	1
CHEVROLET FRR	1
CHEVROLET FC9LKSZ	1
CHEVROLET NKR	1
NON PLUS ULTRA 6150	1
NON PLUS ULTRA 8-140	1
<b>TOTAL</b>	<b>53</b>

Tabla 2. Clasificación parque automotor por marca y línea. Fuente: Elaboración autor

- El parque automotor cuenta con vehículos de modelos distribuidos desde el año 2007 hasta vehículos con modelos más actuales como 2020 encontrándose una predominancia del 54,7% de vehículos modelos 2011, 2013 y 2015.

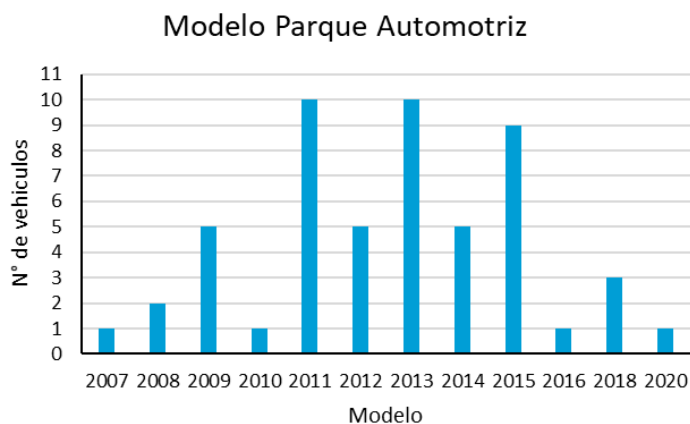


Gráfico 2. Categorización por modelo vehicular. Fuente: Elaboración autor

### FASE 3. Establecimiento de kilómetros recorridos para cada una de las rutas

Se encontró por medio de base de datos, el funcionamiento de 31 rutas definidas mediante Resolución No. 00-912 de 1992 y donde posteriormente mediante la organización de estas, se procedió a la definición del kilometraje teniendo en cuenta los municipios de paso de cada una de las rutas. Para esto se hizo uso de la aplicación “Google Maps” estableciendo como referencia y punto de partida de la ciudad de Bogotá D.C el Terminal Salitre ubicado en la diagonal 23 #69<sup>a</sup>-55 de la localidad de Fontibón.

KILOMETROS RECORRIDOS POR RUTA				
RUTA	ORIGEN	DESTINO	VIA	Km
1	Bogota D.C.	Guayabal (El Peñon)	Pacho	123
2	Bogota D.C.	Girardot	La Mesa	137
3	Bogota D.C.	La Palma	Pacho	146
4	Bogota D.C.	La Peña	Pacho	145
5	Bogota D.C.	La Peña	Villeta	126
6	Bogota D.C.	Pacho	Pacho	89,9
7	Bogota D.C.	Pasuncha	Pacho	116
8	Bogota D.C.	Paime	Pacho	135
9	Bogota D.C.	Tudela (Paime)	Pacho	137
10	Bogota D.C.	San Bernardo	Sibate	98,2
11	Bogota D.C.	San Bernardo	San Bernardo	111
12	Bogota D.C.	Camancha (San Cayetano)	Cogua	130
13	Bogota D.C.	Camancha (San Cayetano)	Pacho	151
14	Bogota D.C.	Tocaima	La Mesa	105
15	Bogota D.C.	Topaipi	Pacho	137
16	Bogota D.C.	San Antonio de Aguilera (Topaipi)	Pacho	137
17	Bogota D.C.	Yacopi	Pacho	188
18	Bogota D.C.	Guadualito (Yacopi)	Yacopi	180
19	Bogota D.C.	Ibama (Yacopi)	Pacho	196
20	La Palma	Pacho	Pacho	56,5
21	La Peña	Pacho	Pacho	51,1
22	La Peña	Yacopi	La Palma	78,9
23	Pacho	Pasuncha (Pacho)	Pacho	26
24	Pacho	Paime	Pacho	45,5
25	Pacho	Tudela (Paime)	Pacho	47,3
26	Pacho	Supata	Pacho	19,6
27	Pacho	Topaipi	Pacho	47,2
28	Pacho	San Antonio de Aguilera (Topaipi)	Pacho	47,4
29	Pacho	Vergara	Pacho	49,4
30	Pacho	Guacamayas (Vergara)	Pacho	22
31	Guacananzo (Pandi)	San Bernardo	San Bernardo	16,2

Tabla 10. Listado de rutas laborados por la Flota Rionegro Cundinamarca S.A.S. Fuente: Elaboración autor

Se logro determinar que las distancias de trabajo realizadas por la flota comprenden rutas desde 16,2 km hasta 196 km, encontrándose que el 71% de las rutas sobrepasan los 50 Km de recorrido.

#### **FASE 4.** Determinación del consumo de combustible por fabricante “Teórico”

La eficiencia energética en flotas vehiculares comprende una amplia gama de opciones para la determinación de información de consumo. Para el caso de estudio el contar con una base de datos del parque automotor completa y ordenada, posibilito el establecimiento de la línea base teórica, partiendo de la información que brinda la industria fabricante sobre sus vehículos siendo el punto de partida la correcta clasificación del vehículo-motor.

Los datos de consumo de combustible Diesel que se presentan a continuación, fueron determinados mediante información encontrada en páginas oficiales de fabricantes, foros de información vehicular e información de libre búsqueda y catalogados según la clasificación realizada en la fase 2.

N°	MARCA	LINEA	NUMERO DE VEHICULOS	CONSUMO DE COMBUSTIBLE MEDIO POR FABRICANTE (galones/100km)
1	HINO	FC9JKSZ	13	3,8
2	CHEVROLET	NPR	10	3,7
3	MERCEDES BENZ	SPRINTER 413 CDI	6	4,0
4	MERCEDES BENZ	SPRINTER	5	3,5
5	HINO	FC4JKUZ	4	3,5
6	VOLKSWAGEN	CRAFTER 50	2	2,7
7	MERCEDES BENZ	LO-915	2	3,2
8	MERCEDES BENZ	SPRINTER 515 CDI	2	3,55
9	NISSAN	TK55	2	2,85
10	VOLKSWAGEN	VW 9.150	1	NO ENCONTRADO
11	HINO	XZU710L-HKFRP1	1	3,6
12	CHEVROLET	FRR	1	4,3
13	CHEVROLET	FC9LKSZ	1	NO ENCONTRADO
14	CHEVROLET	NKR	1	2,43
15	NON PLUS ULTRA	6150	1	2,5
16	NON PLUS ULTRA	8-140	1	2,6

*Tabla 3. Consumo teórico por fabricante. Fuente: Elaboración autor*

No fue posible establecer el consumo de las marcas Volkswagen VW 9.150 y Chevrolet FC9LKSZ marcas correspondientes a dos vehículos quedando como resultado positivo la información del consumo teórico de 51 vehículos en condiciones externas ideales.

#### **FASE 5.** Establecimiento de encuestas

La obtención de datos reales del consumo de la flota es de vital importancia para conocer el estado real energético de esta misma. Partiendo de esto se ha propuesto a la empresa la realización de una toma de datos mediante muestreo que permita establecer un comparativo entre consumo teórico y el real, sin embargo, por cuestiones técnicas, organizativas y del flujo de trabajo que se presenta en la fecha actual de la solicitud “mes de mayor flujo” no se ha aceptado la propuesta. Consiguiente a esto se ha establecido una segunda opción de trabajo, la cual es la realización de una encuesta a conductores sobre el consumo de combustible partiendo de su amplia experiencia y conocimiento de su labor, así como también, de los gastos que tienen en la realización de este.

- ✓ Según lo mencionado anteriormente se plantea como base de este estudio, el establecimiento de un diagnóstico basado en **aproximaciones**.

## Desarrollo.

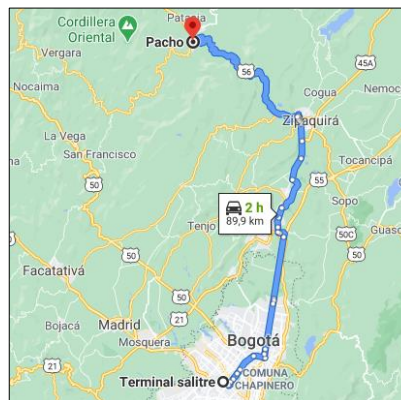
1. Se seleccionaron 14 vehículos de manera aleatoria cada uno perteneciente a una única marca y línea en concordancia con los datos de consumo teórico para el establecimiento de un comparativo. Este proceso fue desarrollado en conjunto con la empresa.

Los vehículos seleccionados fueron los siguientes:

LISTADO DE VEHICULOS PARA ENCUESTA				
N°	MARCA Y LINEA	PLACA	NUMERO	CONDUCTOR
1	HINO FC9JKSZ	TSP618	1089	Carlos Vargas
2	CHEVROLET NPR	THY958	1021	Nelson Bustos
3	MERCEDES BENZ SPRINTER 413 CDI	SMB239	1081	Fredy Duarte
4	MERCEDES BENZ SPRINTER	THR061	1057	Saul Montenegro
5	HINO FC4JKUZ	SPU493	1015	Miller Ramirez
6	VOLKSWAGEN CRAFTER 50	SMB642	1002	Albeiro Rivera
7	MERCEDES BENZ LO-915	SPT366	1086	Carlos Peña
8	MERCEDES BENZ SPRINTER 515 CDI	THR099	1074	Leonardo Muñoz
9	NISSAN TK55	TUK355	1067	Laureano Montaña
10	HINO XZU710L-HKFRP1	THR079	1054	Carlos Olmos
11	CHEVROLET FRR	TLZ303	1020	Juan David Guerrero
12	CHEVROLET NKR	WNO720	1047	Edwin Ahumada
13	NON PLUS ULTRA 6150	WCX059	1016	Omar Daza
14	NON PLUS ULTRA 8-140	WFQ429	1018	Arturo Gonzalez

Tabla 4. Listado de vehículos seleccionados para encuesta. Fuente: Elaboración autor

2. Se realizó la selección de una única ruta en relación con el área de mayor fuerza laboral de la flota y de amplio trabajo de todos los conductores. La ruta seleccionada corresponde a la ruta numero 6 con salida de Bogotá D.C (Terminal salitre) y destino a Pacho Cundinamarca, con una distancia de recorrido ya determinada en 89,9 km pasando por los municipios de Cajicá y Zipaquirá. A continuación, se muestra el mapa de la ruta seleccionada.



Mapa 2. Recorrido de la ruta 6 destino Bogotá – Pacho. Fuente: Google Maps

3. Una vez seleccionada la ruta se calculó mediante regla de tres el consumo teórico estimado para la realización de un recorrido de 89.9 km obteniendo los siguientes resultados.

DETERMINACION CONSUMO TEORICO RUTA 6														
N° MARCA Y LINEA	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
CONSUMO POR FABRICANTE (gal/100km)	3,8	3,7	4	3,5	3,5	2,7	3,2	3,6	2,9	3,6	4,3	2,4	2,5	2,6
CONSUMO RUTA 6 (gal/89,9 km)	3,4	3,3	3,6	3,1	3,1	2,4	2,9	3,2	2,6	3,2	3,9	2,2	2,2	2,3

Tabla 5. Determinación de consumo teórico a ruta 6 (89,9km). Fuente: Elaboración autor

4. En conjunto con la empresa mediante comunicación personal con cada uno de los conductores se logró la obtención de los consumos aproximados de los 14 vehículos en el desarrollo de la ruta 6.

Estos consumos fueron entregados por parte de los conductores en formato monetario, donde para el establecimiento de los galones se tomó el precio del combustible vigente al 16 de diciembre del 2020 establecido según el Ministerio de Minas y Energía para Bogotá, siendo el precio del galón de Diesel o en su defecto más conocido como ACPM en \$ 8.237 pesos el galón (Ministerio de Minas y Energía, 2020).

#### FASE 6. Análisis de los resultados

A continuación, se presenta los resultados obtenidos según información recibida el 11 de enero del 2021.

RESULTADOS ENCUESTA RUTA 6				
N°	MARCA Y LINEA	CONSUMO TEORICO RUTA 6 (gal/89,9 km)	CONSUMO REAL APROXIMADO RUTA 6 (gal/89,9 km)	DIFERENCIA (gal)
1	HINO FC9JKSZ	3,4	7,3	3,9
2	CHEVROLET NPR	3,3	5,6	2,3
3	MERCEDES BENZ SPRINTER 413 CDI	3,6	4,4	0,8
4	MERCEDES BENZ SPRINTER	3,1	3,6	0,5
5	HINO FC4JKUZ	3,1	6,4	3,2
6	VOLKSWAGEN CRAFTER 50	2,4	4,9	2,4
7	MERCEDES BENZ LO-915	2,9	6,1	3,2
8	MERCEDES BENZ SPRINTER 515 CDI	3,2	4,7	1,5
9	NISSAN TK55	2,6	5,2	2,6
10	HINO XZU710L-HKFRP1	3,2	5,2	1,9
11	CHEVROLET FRR	3,9	7,0	3,1
12	CHEVROLET NKR	2,2	3,6	1,5
13	NON PLUS ULTRA 6150	2,2	7,3	5,0
14	NON PLUS ULTRA 8-140	2,3	7,9	5,6
<b>TOTAL</b>		<b>41,6</b>	<b>79,1</b>	<b>37,5</b>

Tabla 6. Consumo real aproximado para la ruta 6. Fuente: Elaboración autor

LINEA BASE CONSUMO				
N°	MARCA Y LINEA	NUMERO VEHICULO	CONSUMO REAL APROXIMADO RUTA 6 (gal/89,9 km)	CONSUMO DE MAS (%)
1	HINO FC9JKSZ	1089	7,3	113%
2	CHEVROLET NPR	1021	5,6	69%
3	MERCEDES BENZ SPRINTER 413 CDI	1081	4,4	22%
4	MERCEDES BENZ SPRINTER	1057	3,6	16%
5	HINO FC4JKUZ	1015	6,4	103%
6	VOLKSWAGEN CRAFTER 50	1002	4,9	100%
7	MERCEDES BENZ LO-915	1086	6,1	111%
8	MERCEDES BENZ SPRINTER 515 CDI	1074	4,7	47%
9	NISSAN TK55	1067	5,2	101%
10	HINO XZU710L-HKFRP1	1054	5,2	59%
11	CHEVROLET FRR	1020	7,0	81%
12	CHEVROLET NKR	1047	3,6	67%
13	NON PLUS ULTRA 6150	1016	7,3	224%
14	NON PLUS ULTRA 8-140	1018	7,9	238%

Tabla 7. Línea base de consumo estimado en la ruta 6. Fuente: Elaboración autor

Según lo obtenido anteriormente, se puede determinar que la empresa tiene una diferencia de consumo teórico y real de 37,5 Galones en la realización de la ruta 6 en un único sentido (Bogotá – Pacho), siendo los vehículos de mayor consumo energético los pertenecientes a la marca Non Plus Ultra y los de menor consumo las marcas Mercedes Benz Sprinter y Chevrolet NKR. Así mismo, también se logró determinar la línea base del 26,4% del consumo de combustible de la empresa, encontrando mediante el ejercicio realizado que más de la mitad de los vehículos encuestados poseen consumos superiores al doble del teórico, estableciéndose estos como vehículos de mayor interés en la realización de investigaciones y aplicaciones futuras.

## PROPUESTAS Y POSIBILIDADES DE RECONVERSIÓN ENERGÉTICA

Partiendo de las necesidades y problemas encontrados en el desarrollo de este primer diagnóstico energético se establecen las siguientes medidas a seguir basadas en la búsqueda de control de información operacional y disminución de consumo energético en la Flota Rionegro Cundinamarca S.A.S.

### PROPUESTA N° 1. Obtención de información

#### 1. Corto plazo

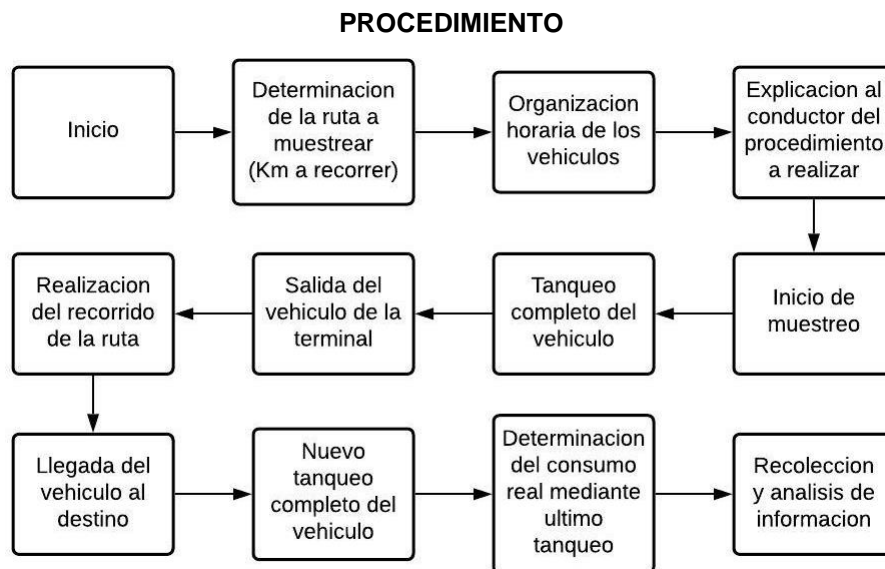
*Costos = Bajos/nulos*

*Implicaciones = Organizativas y de coordinación*

Se propone a la empresa la realización de un muestreo sobre el consumo de combustible en toda la flota vehicular que permita establecer un análisis comparativo, similar al establecido en el diagnóstico anteriormente expuesto, orientado en la búsqueda de establecer un diagnóstico energético real de la empresa.

Esta técnica está basada en la realización de un único muestreo por vehículo en tipo de servicio directo (de terminal a terminal sin paradas intermedias), permitiéndole a la empresa ver el estado individual de cada uno de sus vehículos lográndose identificar anomalías tanto de funcionamiento motriz, como anomalías de operación sin recurrir a la implicación de altos gastos económicos en el desarrollo de este, ya que se puede realizar en horas laborales normales permitiendo que el gasto de combustible no implique ninguna pérdida.

A continuación, se presenta el procedimiento por realizar



*Ilustración 1. Procedimiento para la obtención de consumos reales. Fuente: Elaboración autor*

- ✓ Se recomienda a la empresa tener en cuenta las condiciones externas al vehículo como clima, movilidad, presencia de accidentes en la vía y demás factores influyentes tratando en la medida de lo posible obtener información en situaciones externas similares entre vehículos.

## 2. Largo plazo

*Costos = Bajos/nulos*

*Implicaciones = Administrativas y de compromiso por parte de los conductores*

Se propone incluir una nueva base de datos en la empresa sobre el consumo mensual de combustible de cada uno de los vehículos, posibilitándose la realización

de análisis futuros y el uso de indicadores energéticos. Esta labor se puede desempeñar de manera fácil mediante el uso de un Software de información como Excel y creación de una nueva política administrativa, orientada al compromiso de entrega de información mensual por parte de los conductores hacia el área administrativa o de contabilidad.

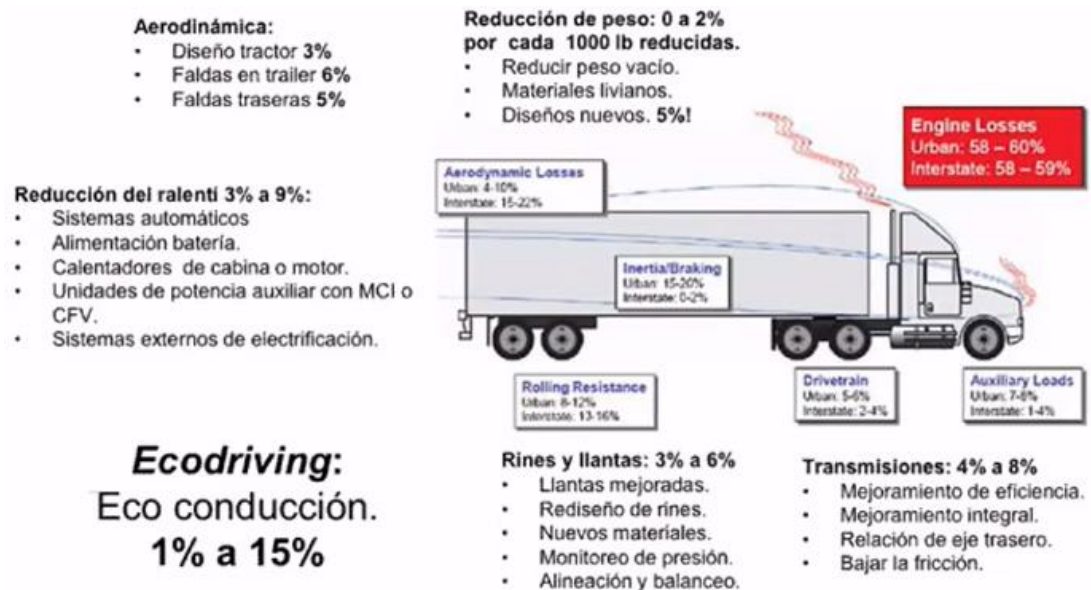
Las acciones que se pueden poner en práctica para la recolección de información son las siguientes:

- Recolección de consumo mensual mediante un medio electrónico usando cuestionarios de fácil creación en la plataforma “formularios de Google”, permitiendo al conductor entregar información en solo 5 minutos sin la necesidad de un encuentro presencial.
- Recolección mediante planillas físicas que permitan al conductor escribir información cada vez que realiza tanqueo entregando un consolidado de su consumo mensual, o en su defecto de manera libre establecer la sola entrega del valor de consumo final de mes sin el aporte de material físico y detallado.

### Estrategias para reducir consumos

Una vez realizado un compendio y análisis de la información sobre el consumo de combustible, se debe determinar posibilidades de optimización energética. Estas posibilidades se desligan en dos sentidos; cambios tecnológicos o implementación de buenas prácticas operativas, lográndose en ambos casos buenos índices de ahorro económico y contribución medioambiental y siendo la diferencia entre estas, la variación de inversión económica inicial y de complejidad operacional en el momento de implementación.

A continuación, se presentan algunas estrategias en la reducción de consumos.



<p><b>Motores Diesel:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Turbocargadores. <b>0 a 2%</b></li> <li>• Actuación independiente de válvulas. <b>0 a 1%</b></li> <li>• Enfriamiento avanzado de EGR . <b>0 a 1%</b></li> <li>• Reducción de fricción. <b>0 a 1%</b></li> <li>• Ciclos de combustión alternativos. LTC, HCCI, PCCI</li> <li>• DPF, SCR. <b>Bajan emisiones.</b></li> <li>• Aislamiento térmico en ductos.</li> <li>• Mejoramiento de combustión. <b>0% a 6%</b></li> <li>• Control electrónico de motor. <b>1% a 4%</b></li> <li>• Aprovechamiento de calor. <b>1% a 7%</b></li> </ul>	<p><b>Cargas auxiliares: 1% a 2.5%</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Unidades de potencia eléctricas.</li> <li>• Rediseño de unidades auxiliares.</li> </ul> <p><b>Tecnologías Inteligentes: 1% a 12%</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Control de cruceo adaptativo.</li> <li>• Control de cruceo predictivo.</li> <li>• Información de tráfico real.</li> <li>• Control predictivo para híbridos.</li> <li>• Remolque tandem electrónico de cruceo.</li> <li>• Optimización de ruta.</li> <li>• GPS en Tiempo Real.</li> </ul>
---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------

*Ilustración 2. Compilado de estrategias para reducir consumos. Fuente: Nicolas Giraldo, (Transportation Research Board and National Research Council, 2010)*

## **PROPUESTA N° 2. Conducción eficiente**

*Costos = Medios*

*Eficiencia esperada = 1 a 15% a largo plazo*

*Tipo de estrategia = Buenas prácticas operativas*

*Implicaciones = Administrativas, económicas y de compromiso por parte de los conductores*

Esta propuesta se ha determinado para este caso de estudio como una de las más fuertes y de mayor impacto a tener, debido a que se estiman reducciones altas de consumo con la puesta en marcha de un pequeño programa de conducción eficiente, orientado en la realizar de capacitaciones a todo el personal operativo vehicular y que pueden ser llevadas a cabo en una o dos sesiones.

En los últimos años la tecnología vehicular ha tenido cambios significativos, sin embargo, el estilo de conducción ha permanecido invariable teniendo en cuenta que muchas veces el aprendizaje se realiza de manera empírica, no llevada a un modo de aprendizaje completo del vehículo motor y sus implicaciones. En este sentido, se propone la realización de conducción eficiente o ecodriving, el cual es un modo de conducción que tiene como objetivo lograr menores consumos y concentraciones de CO<sub>2</sub>, mayor seguridad vial, disminución de mantenimientos y una mayor comodidad de conducción disminuyendo el estrés al conductor. Este se trata de un estilo de conducción caracterizado por operar el vehículo en un rango de revoluciones óptimo, tratando de evitar acelerones y frenazos bruscos, mantener una velocidad media constante y realizar el cambio de marchas conveniente que mantenga funcionando el motor de forma regular (IDAE, 2002).

Los aspectos que involucran una conducción eficiente se pueden especificar en diversos sentidos siendo de gran importancia los establecidos en la actitud frente a la conducción.

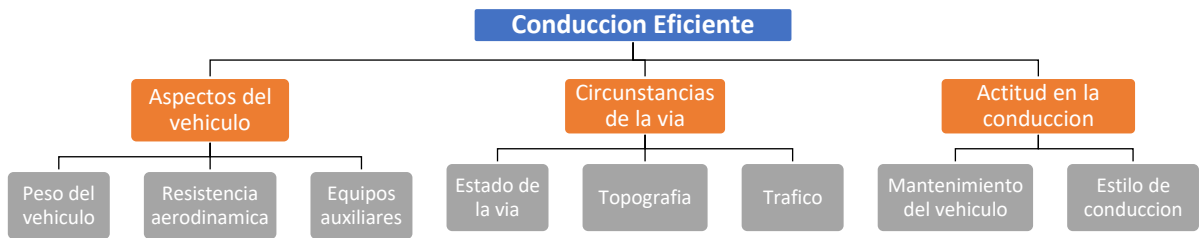


Ilustración 3. Aspectos de la conducción eficiente. Fuente: Elaboración autor, (IDAE, 2002).

La metodología establecida para el desarrollo de esta propuesta está basada en el artículo *Eco-driving key factors that influence fuel consumption in heavy-truck fleets desde la aplicación a un caso colombiano* y que busca especificar paso a paso las actuaciones que llevan a la ejecución de un programa de conducción eficiente en flota vehicular.

## METODOLOGIA PARA PROGRAMA DE CONDUCCION EFICIENTE

### 1. Unidad de analisis o caracterizacion general

- Poblacion de estudio (Flota)
- Region
- Rutas
- Vehiculos (tipologia, características técnicas, rendimiento teórico)
- Conductores (edad, nivel de escolaridad, experiencia)

### 2. Línea base

- Determinar fuentes de información
- Comunicación
- Recolección de información
- Información logística (marca, línea, motor, tipología, modelo, cilindraje, potencia, peso bruto, capacidad)
- Información operacional (placa, tipo de vehículo, origen, destino, tipo de viaje, condiciones en vía, clima, fecha y hora)
- Información funcional (exceso de velocidad, exceso de RPM, aceleración brusca, ralentí excesivo, fuera de banda verde, combustible usado, rendimiento)

### 3. Capacitación

- Planificación (conductores, directivos de rango medio)
- Capacitadores (expertos, ejecutores experimentados, expertos en técnicas de conducción)
- Programa (seminarios, cursos de conducción, sesiones prácticas)
  - **CONTENIDO CAPACITACION**
  - 1. Introducción
  - 2. Funcionamiento del vehículo (motor de combustión interna, potencia, esfuerzo y velocidad, tren de propulsión y esfuerzo en las ruedas)
  - 3. Técnicas de conducción eficiente (antes de empezar, durante el inicio, reglas de oro, accesorios, más allá de conducir, mantenimiento, errores de conducción)

#### 4. Practica

- Sesión práctica en carretera
- Adquisición de datos (instrumentos, mediciones, comportamiento)
- Análisis (cambios, errores de conducción, comparación línea base)

#### 5. Acciones gerenciales

- Evaluar desempeño conductores
- Programa de incentivos

Tabla 8. Metodología para programa de conducción eficiente. Fuente: Elaboración autor, (Díaz-Ramírez et al., 2017).

Es importante que la empresa aplique estrategias que mantengan de forma consecutiva el progreso constante hacia la búsqueda del logro de una mayor eficiencia en sus procesos. A continuación, se plantea la siguiente ejecución:

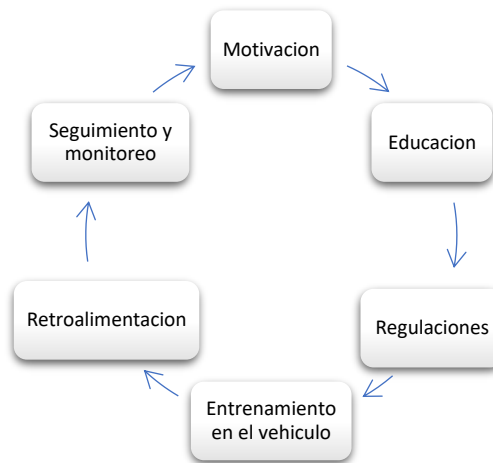


Ilustración 5. Estrategias para implementación de conducción eficiente. Fuente: Elaboración autor

Algunas de las aplicaciones prácticas de la conducción eficiente son:

- Planificar el viaje y preparar el vehículo
- Revisar el estado de neumáticos constantemente
- Realizar mantenimientos preventivos regularmente
- Mantener distancias prudentes con otros vehículos
- Arrancar de manera suave evitando aceleraciones y frenadas bruscas
- Apagar el motor en paradas prolongadas
- Mantener la velocidad y aprovechar la inercia

Se propone a la empresa la creación o uso de manuales ya establecidos que aporten de forma sencilla y clara los conceptos asociados con el consumo de combustible, definiendo las técnicas de conducción eficiente a aplicar por el conductor en su conducción diaria.

Manuales electrónicos recomendados de libre acceso:

1. *Manual de conducción eficiente para conductores del parque móvil del Estado del Instituto para la Diversificación y Ahorro de la Energía (IDAE) de España.*
2. *Guía de capacitación en conducción eficiente - aspectos teóricos y prácticos de la Agencia Chilena de Eficiencia Energética*

### **Análisis económico**

Se espera obtener mediante esta propuesta un ahorro del 1 al 15% a largo plazo, donde para el consumo obtenido en el diagnóstico inicial que corresponde solo a la información del 26,4% (14 vehículos) de toda la flota vehicular, se esperaría pasar en su beneficio máximo de 79,1 galones a 64,1 galones consumidos en la realización de la ruta 6 en un único sentido, obteniéndose un ahorro económico de 0 a \$97.700 pesos y suponiendo de manera hipotética que todos los días del mes circulen esta ruta al menos 14 vehículos, se obtendría un ahorro mensual en un rango de 0 a \$2'931.950 pesos.

Cabe resaltar que este análisis es para el desarrollo de una única ruta comprendiendo que la flota maneja aproximadamente 30 rutas más y su beneficio económico final lograría ser de mayor amplitud.

Los costos estimados de implementación son los siguientes:

<b>Costos de implementación de conducción eficiente</b>			
<b>Item</b>	<b>Recurso</b>	<b>Implicación</b>	<b>Valor</b>
Personal administrativo a cargo	Humano	Selección de una persona administrativa que dentro de sus funciones desempeñe el papel de coordinador energético de la empresa o en su defecto contratación temporal de una persona	\$300.000 - \$600.000
Profesional en el área de eficiencia energética y transporte que realice capacitación de conducción eficiente o curso online sobre el mismo	Humano e institucional	Selección minuciosa de que el servicio adquirido sea de alto nivel con una empresa o profesional responsable. Requerirá del ajuste del personal conductor para la aplicación de la capacitación	\$700.000 - \$2'000.000
Papelería	Físico	Creación e impresión de planillas, formularios, encuestas, material didáctico, formatos de seguimiento y demás	\$ 60.000
Medios electrónicos	Tecnológico	Se debe contar con computadores, celulares y pantallas o reproductores de imagen para llevar a cabo la coordinación y ejecución de las capacitaciones	\$0 - \$1'400.000
Área de capacitación	Físico	Selección, adecuación y silletado de un espacio físico en condiciones óptimas para la ejecución de esta propuesta	\$100.000 - \$400.000

*Tabla 9. Costos e implicaciones en la propuesta de conducción eficiente. Fuente: Elaboración autor*

- ✓ Los ahorros deben pagar las inversiones en un plazo razonable.

### Propuesta N° 3. Control y seguimiento

Costos = Nulos

Implicaciones = Administrativas

Una vez realizadas algunas de las propuestas anteriores, es de vital importancia mantener el control y seguimiento de estas para lograr verificar tanto el estado energético continuo de la flota, como cambios importantes de que se den en el ejercicio de la eficiencia energética.

#### 1. Uso de indicadores de consumo

Es importante el establecimiento de un sistema de desempeño y evaluación mediante indicadores, los cuales son una expresión cuantitativa o cualitativa que permite describir características, comportamientos o fenómenos de la realidad a través de la evaluación de una variable respecto a periodos anteriores y que permiten ser una herramienta de control frente al consumo de combustible u objetivos de un proyecto energético brindando a la empresa soporte para la toma de decisiones (DANE, 2009).

Para conocer la existencia de un ahorro o aumento del consumo de combustible en la flota se recomienda hacer uso del siguiente indicador energético:

- ✓ Nombre: Índice de consumo de combustible por vehículo
- Frecuencia: Mensual
- Unidad de medida: Gal/vehículo
- Preferencia: Mas bajo

$$\text{Consumo de combustible} = \frac{\text{Galones Totales mes}}{\text{Nº vehiculos activos mes}}$$

#### 2. Cálculo de la huella de carbono

La Huella de Carbono es un indicador que busca cuantificar la cantidad de emisiones de Gases de Efecto Invernadero dadas en emisiones de CO2 equivalente liberadas a la atmósfera de manera directa o indirecta, y producidas a través de actividades humanas, desarrollo de productos, organizaciones, eventos o regiones geográficas (Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible, 2021). Este indicador es considerado una de las herramientas más importantes de las que disponen las organizaciones para cuantificar GEI, permitiéndole valorar el impacto que genera la realización de su actividad sobre el medio ambiente, específicamente su contribución al cambio climático (Luna, 2019).

Para su cuantificación se puede hacer uso de la calculadora de emisiones de la UPME la cual es de acceso libre, o por otra parte se puede realizar el cálculo de manera manual tomando el consumo de combustible Diesel de toda la flota

vehicular y multiplicándolo por el factor de emisión del Diesel B2 que corresponde a  $10,149 \text{ KgCO}_2/\text{gal}$  y el cual es obtenido de la Unidad de Planeación Minero Energética (UPME, 2021).

La ecuación por desarrollar es la siguiente:

- ✓ Nombre: Huella de carbono
- Frecuencia: Mensual o anual
- Unidad de medida:  $\text{kgCO}_2$
- Preferencia: Mas bajo

$$HC = Consumo (gal) * Factor de Emision \left( \frac{kgCO_2}{gal} \right)$$

En la práctica del control de la huella de carbono se recomienda a la empresa hacerlo de manera periódica y consecutiva para lograr un control ambiental completo y sólido.

## CONCLUSIONES

- Se logro determinar mediante una caracterización inicial del parque automotor que la flota cuenta con una caracterización vehicular entre buses, busetas y microbuses determinada en 16 diferentes tipos según marca y línea, siendo los de mayor proporción vehículos marca Hino, Mercedes Benz y Chevrolet con un rango de modelos 2007 a 2020. Así mismo, se logró determinar operacionalmente la existencia de 31 rutas con distancias trabajadas entre 16 a 196 kilómetros.
- Energéticamente mediante el estudio realizado se encontró que existe una diferencia de 37,5 galones entre el consumo teórico y consumo real estimado para la realización de la ruta 6, hallándose que más de la mitad de los vehículos analizados consumen en combustible más del doble del consumo teórico, siendo los vehículos marca Non Plus Ultra los de mayor interés debido a un alto consumo presentado en el ejercicio realizado.
- Se logro determinar tres propuestas de alta viabilidad económica y organizativa, encontrando a la mayoría de ellas en un rango de fácil ejecución. Estas fueron planteadas en orden consecutivo, haciéndose necesaria la una de la otra y cumpliendo con un orden lógico donde se hace obligatorio de primera instancia la obtención de información real.
- La eficiencia energética esperada para la flota fue determinada en un rango positivo del 1 al 15% sobre el consumo de combustible Diesel lográndose principalmente este, mediante la ejecución de un programa en conducción eficiente significando beneficios económicos, ambientales y empresariales, buscando establecer a la empresa como una empresa social y ambientalmente más responsable en concordancia con los planes energéticos Nacionales.
- Las fases 1 y 2 de la metodología para el programa de conducción eficiente correspondientes a la identificación de unidad de análisis o caracterización general y línea base de partida, pueden ser soportadas y trabajadas a partir del diagnóstico ya realizado en este proyecto, ya que contiene en su mayoría información aplicable a esta.

## BIBLIOGRAFÍA

- Agencia Chilena de Eficiencia Energética. (2013). *Guía de conducción eficiente, vehículos particulares.* (). [https://conduccioneficiente.cl/conduccion-eficiente/wp-content/uploads/2016/07/Guia\\_particulares.pdf](https://conduccioneficiente.cl/conduccion-eficiente/wp-content/uploads/2016/07/Guia_particulares.pdf)
- Agencia Chilena de Eficiencia Energética. (2014). *Guía de capacitación en conducción eficiente - aspectos teóricos y prácticos.* (). <https://issuu.com/guias-agencia-ee/docs/capacitacion-de-conduccion-eficiente>
- Bernaola, M. (2013). La emisión de aerosoles de partículas y gases en motores de diésel. *Seguridad Y Salud En El Trabajo*, 13(73), 14  
15. [https://www.insst.es/documents/94886/175731/N%C3%BAmero+73+\(versi%C3%B3n+pdf\)](https://www.insst.es/documents/94886/175731/N%C3%BAmero+73+(versi%C3%B3n+pdf))
- Castillo, J. (2018). *Eficiencia energética en vehículos livianos del sector de transporte en Colombia.* Universidad Tecnológica de Pereira,
- DANE. (2009). *Guía para diseño, construcción e interpretación de indicadores.* (). [https://www.dane.gov.co/files/planificacion/fortalecimiento/cuadernillo/Guia\\_construccion\\_interpretacion\\_indicadores.pdf](https://www.dane.gov.co/files/planificacion/fortalecimiento/cuadernillo/Guia_construccion_interpretacion_indicadores.pdf)
- Díaz-Ramírez, J., Giraldo-Peralta, N., Flórez-Ceron, D., Rangel, V., Mejía-Argueta, C., Huertas, J. I., & Bernal, M. (2017). Eco-driving key factors that influence fuel consumption in heavy-truck fleets: A colombian case. *Transportation Research Part D: Transport and Environment*, 56, 258-270. <https://doi.org/10.1016/j.trd.2017.08.012>
- Decreto 1079 de 2015 sector transporte,  
(2015). <https://www.funcionpublica.gov.co/eva/gestornormativo/norma.php?i=77889>
- IDAE. (2002). *Manual de conducción eficiente para conductores del parque móvil del estado.* (). [https://www.idae.es/uploads/documentos/documentos\\_manualPME\\_6bc54e20.pdf](https://www.idae.es/uploads/documentos/documentos_manualPME_6bc54e20.pdf)
- Luna, D. (2019). *Huella de carbono, una herramienta de gestión ambiental en la industria de las bebidas*
- Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible. (2021). *Huella de carbono.* <https://www.minambiente.gov.co/index.php/component/content/article/465-plantilla>

- Ministerio de Minas y Energía. (2010). *Programa nacional de uso racional y eficiente de la energía y demás formas de energía no convencionales*. (). [https://www.minenergia.gov.co/documents/10180/558752/Informe\\_Final\\_Consultoria\\_Plan\\_de\\_accion\\_Proure.pdf/e8cdf796-d7b1-4bb1-90b9-e756c7f48347](https://www.minenergia.gov.co/documents/10180/558752/Informe_Final_Consultoria_Plan_de_accion_Proure.pdf/e8cdf796-d7b1-4bb1-90b9-e756c7f48347)
- Ministerio de Minas y Energía. (2020). *Precios de combustible año 2020*. <https://www.minenergia.gov.co/precios-ano-2020>
- Secretaría de Planeación de Cundinamarca. (2015). *Estadísticas básicas provincia del rionegro*. (). <http://www.cundinamarca.gov.co/wcm/connect/41520294-3d0f-4108-a6fb-2fd4e6ceb312/Rionegro.pdf?MOD=AJPERES&CVID=I4W0NWZ>
- Transportation Research Board and National Research Council. (2010). *Technologies and approaches to reducing the fuel consumption of medium- and heavy-duty vehicles*. The National Academies Press.
- UPME. (1998). *Estudio de eficiencia energética del sector transporte carretero*. (). <https://bdigital.upme.gov.co/handle/001/1196>
- UPME. (2019). *Plan energético nacional 2020-2050*. (). [https://www1.upme.gov.co/DemandaEnergetica/PEN\\_documento\\_para\\_consulta.pdf](https://www1.upme.gov.co/DemandaEnergetica/PEN_documento_para_consulta.pdf)
- UPME. (2021). *Calculadora de emisión*. Unidad de Planeación Minero Energética. [http://www.upme.gov.co/calculadora\\_emisiones/aplicacion/calculadora.html](http://www.upme.gov.co/calculadora_emisiones/aplicacion/calculadora.html)