

**UNIVERSIDAD NACIONAL DEL CENTRO DEL PERÚ**

**FACULTAD DE INGENIERÍA MECÁNICA**



**TESIS:**

**REDUCCIÓN DE CONSUMO DE COMBUSTIBLE  
A TRAVÉS DE ANÁLISIS DEL DESEMPEÑO DE  
CAMIONES 6X2**

**PRESENTADA POR EL BACHILLER:**

**QUIJADA HILARIO CÉSAR ENRIQUE**

**PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE**

**INGENIERO MECÁNICO**

**HUANCAYO – PERÚ**

**2020**

**ASESOR**  
**ING. RIVEROS CAYLLAHUA NICANOR**

## **AGRADECIMIENTO**

En primera instancia agradezco a Dios, ser supremo que ilumina mi mente, cuerpo y alma.

Así mismo, agradezco a mi asesor, profesional de gran sabiduría quien me ha brindado su apoyo durante el desarrollo de mi tesis.

No ha sido fácil el proceso, pero gracias al apoyo incondicional de mis padres, he logrado importantes objetivos como es desarrollarme profesionalmente.

## **DEDICATORIA**

A Annia Gaely por ser la fuente de mi inspiración para salir adelante.

## **RESUMEN**

Hoy en día el consumo de combustible es un indicador muy importante en la rentabilidad de las empresas dedicadas al transporte de carga pesada. En un estudio realizado por el MINCETUR indica que el consumo de combustible representa el 51.21% del total de costos operativos en el sector transporte de carga, siendo esto un porcentaje alarmante teniendo en cuenta que también existen otros costos variables como la remuneración del conductor, mantención del vehículo, infraestructura, pago de impuestos.

La implementación de deflectores, un plan de mantenimiento eficiente, mejora en la logística operacional de transporte de carga pesada y buenos hábitos de manejo contrarresta las fuerzas que se oponen al movimiento de un camión como la resistencia aerodinámica, al rodamiento, por inercia, por pendiente y por rozamiento mecánico, puesto que la suma de estas resistencias representa 7.298kW de pérdida total de potencia brindada por el motor.

La presente tesis es una investigación de tipo básica ya que busca ampliar el conocimiento sobre los factores que alteran el consumo de combustible, así mismo es una investigación de nivel descriptivo debido a que define las características de operación de los camiones de carga, también es una investigación de nivel descriptivo simple ya que recolecta información acerca de factores que incrementan el consumo de combustible, los analiza y plantea medidas que reduzcan dicho consumo.

Con las medidas establecidas para contrarrestar fuerzas que se oponen al desplazamiento de un camión se reduce el consumo de combustible en 10%.

## **ABSTRACT**

Today fuel consumption is a very important indicator in the profitability of companies dedicated to the transport of heavy cargo. In a study carried out by MINCETUR, it indicates that fuel consumption represents 51.21% of total operating costs in the freight transport sector, this being an alarming percentage taking into account that there are also other variable costs such as driver's compensation, maintenance of the vehicle, infrastructure, payment of taxes.

The implementation of deflectors, an efficient maintenance plan, improvement in the operational logistics of heavy cargo transport and good driving habits counteract the forces that oppose the movement of a truck such as aerodynamic resistance, rolling, inertia, slope and by mechanical friction, since the sum of these resistances represents 7,298kW of total loss of power provided by the motor.

The present thesis is a basic type investigation since it seeks to expand the knowledge about the factors that alter fuel consumption, likewise it is a descriptive level investigation because it defines the operating characteristics of cargo trucks, it is also a Simple descriptive level research as it collects information about factors that increase fuel consumption, analyzes them and proposes measures to reduce fuel consumption.

With the measures established to counteract forces that oppose the movement of a truck, fuel consumption is reduced by 10%.

## ÍNDICE GENERAL

ASESOR .....	1
AGRADECIMIENTO .....	2
DEDICATORIA.....	3
RESUMEN .....	4
ABSTRACT .....	5
ÍNDICE GENERAL.....	6
ÍNDICE DE FIGURAS E ILUSTRACIONES.....	10
ÍNDICE DE TABLAS .....	11
INTRODUCCIÓN .....	12
CAPÍTULO I.....	14
PLANTEAMIENTO DEL ESTUDIO .....	14
1.1. FUNDAMENTACIÓN DEL PROBLEMA .....	14
1.2. FORMULACIÓN DEL PROBLEMA.....	15
1.2.1. PROBLEMA GENERAL .....	15
1.2.2. PROBLEMAS ESPECÍFICOS .....	15
1.3. OBJETIVOS DE LA INVESTIGACIÓN.....	15
1.3.1. OBJETIVO GENERAL.....	15
1.3.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS .....	15
1.4. JUSTIFICACIÓN E IMPORTANCIA.....	16

1.4.2.	JUSTIFICACIÓN .....	16
1.4.3.	RAZONES QUE MOTIVAN LA INVESTIGACIÓN.....	17
1.4.4.	IMPORTANCIA DEL TEMA DE INVESTIGACIÓN.....	18
1.5.	LIMITACIONES DEL ESTUDIO.....	18
CAPÍTULO II	.....	19
MARCO TEÓRICO	.....	19
2.1.	ANTECEDENTES DE LA INVESTIGACIÓN.....	19
2.2.	BASES TEÓRICAS.....	21
2.2.1.	FÓRMULA RODANTE DE UN CAMIÓN .....	21
2.2.2.	CAMIÓN CON FÓRMULA RODANTE 6X2.....	22
2.2.3.	DESEMPEÑO DE UN CAMIÓN 6X2.....	23
2.2.4.	MOTOR DE COMBUSTIÓN INTERNA .....	23
2.2.5.	FUERZAS RESISTIVAS.....	29
2.3.	BASES CONCEPTUALES.....	36
2.3.1.	DEFINICIONES CONCEPTUALES.....	36
2.4.	OPERACIONALIZACIÓN DE VARIABLES.....	37
CAPÍTULO III	.....	38
METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN	.....	38
3.1.	MÉTODO DE INVESTIGACIÓN .....	38
3.1.1.	MÉTODO SISTÉMICO .....	38
3.2.	TIPO DE INVESTIGACIÓN.....	39
3.2.1.	INVESTIGACIÓN BÁSICA .....	39
3.3.	NIVEL DE INVESTIGACIÓN.....	39
3.3.1.	INVESTIGACIÓN DESCRIPTIVA.....	39
3.4.	DISEÑO DE INVESTIGACIÓN .....	40
3.4.1.	DISEÑO DESCRIPTIVO SIMPLE .....	40
3.5.	POBLACIÓN Y MUESTRA .....	40

3.5.1. UNIDAD DE OBSERVACIÓN .....	41
3.6. TÉCNICAS E INSTRUMENTOS DE RECOLECCIÓN DE DATOS ....	42
3.7. PROCEDIMIENTO DE RECOLECCIÓN DE DATOS .....	43
3.7.1. ESTUDIO DEL CASO .....	43
3.7.2. TOMA DE DATOS.....	43
CAPÍTULO IV.....	45
REDUCCIÓN DE CONSUMO DE COMBUSTIBLE A TRAVÉS DE ANÁLISIS DEL DESEMPEÑO DE CAMIONES 6X2.....	45
4.1. DATOS RECOLECTADOS .....	45
4.2. CAMIÓN 6X2 PARA EL ANÁLISIS .....	45
4.3. CÁLCULO DE RESISTENCIAS QUE SE Oponen AL MOVIMIENTO 45	
4.3.1. CÁLCULO DE LA RESISTENCIA AERODINÁMICA.....	45
4.3.2. CÁLCULO DE LA RESISTENCIA AL RODAMIENTO.....	46
4.3.3. CÁLCULO DE LA RESISTENCIA POR INERCIA .....	47
4.3.4. CÁLCULO DE LA RESISTENCIA POR PENDIENTE .....	48
4.3.5. CÁLCULO DE LA RESISTENCIA POR ROZAMIENTO MECÁNICO 48	
4.4. CONSUMO DE COMBUSTIBLE.....	48
4.4.1. DEFLECTORES.....	50
4.4.2. MANTENIMIENTO PREVENTIVO PERIÓDICO .....	52
4.4.3. CONTROL EN LA LOGÍSTICA.....	52
CAPÍTULO V.....	54
RESULTADOS DE LA INVESTIGACIÓN .....	54
5.1. PRESENTACIÓN DE RESULTADOS.....	54
5.1.1. PÉRDIDAS DE POTENCIA POR RESISTENCIA AL MOVIMIENTO 54	

5.1.2. MEDIDAS PARA LA REDUCCIÓN DE CONSUMO DE COMBUSTIBLE .....	54
5.1.3. COMPARACIÓN DE RESULTADOS .....	55
5.2. ANÁLISIS ESTADÍSTICO DE LOS RESULTADOS.....	57
5.2.1. MARCAS DE CAMIONES .....	57
5.2.2. TIPO DE CABINA.....	58
5.2.3. DISPOSITIVOS AERODINÁMICOS.....	59
5.2.4. CARGA.....	60
5.2.5. HÁBITOS DE MANEJO.....	61
5.3. DISCUSIÓN E INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS .....	62
5.3.1. RELACIÓN DE RESULTADOS.....	62
5.3.2. LIMITACIONES DE LA INVESTIGACIÓN.....	63
5.3.3. IMPLICANCIA DE RESULTADOS .....	64
5.4. APORTES Y APLICACIONES .....	65
CONCLUSIONES .....	66
RECOMENDACIONES .....	67
BIBLIOGRAFÍA .....	68
ANEXOS .....	69

## ÍNDICE DE FIGURAS E ILUSTRACIONES

Figura 2. 1 Camión con fórmula rodante 6x2 – Scania P 250 LB.....	23
Figura 2. 2 Sistema de transmisión.....	25
Figura 2. 3 Nomenclatura del neumático .....	26
Figura 2. 4 Efecto Venturi .....	31
Figura 2. 5 Coeficientes aerodinámicos .....	33
Figura 3. 1 Caja negra .....	41
Figura 3. 2 Caja blanca .....	42
Figura 4. 1 Medidas Volvo FH420.....	46
Figura 4. 2 Pesos y capacidades Volvo FH420.....	47
Figura 4. 3 Camión sin deflectores.....	51
Figura 4. 4 Camión con deflectores .....	51
Figura 5. 1 Preferencia sobre las marcas de camiones .....	58
Figura 5. 2 Preferencia sobre el tipo de cabina.....	59
Figura 5. 3 Número de dispositivos aerodinámicos.....	60
Figura 5. 4 Neumáticos sobre la superficie .....	61
Figura 5. 5 Hábitos de manejo - Diagrama de Venn .....	62
Figura 9. 1 Datos técnicos Volvo FH420.....	82
Figura 9. 2 Datos técnicos Motor D13C .....	83
Figura 9. 3 Kilómetro 120 de la Carretera Central – Ticlio .....	84
Figura 9. 4 Camión cisterna sin deflectores .....	84
Figura 9. 5 Camión 6x2 sin deflectores.....	85
Figura 9. 6 Camión volquete 6x2 sin deflectores .....	85
Figura 9. 7 Camión de carga 6x2 sin deflectores .....	86

## ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. 1 Costeo de operaciones de vehículo de carga .....	17
Tabla 2. 1 Coeficiente de adherencia.....	29
Tabla 2. 2 Coeficientes de resistencia al rodamiento.....	34
Tabla 2. 3 Operacionalización de variables .....	37
Tabla 3. 1 Parque Automotor Junín .....	41
Tabla 4. 1 Datos de recorrido.....	49
Tabla 4. 2 Relación de Potencia - Consumo de combustible.....	49
Tabla 4. 3 Reducción de consumo de combustible con deflectores.....	51
Tabla 4. 4 Reducción de consumo de combustible - Mantenimiento preventivo .....	52
Tabla 4. 5 Consumo de combustible - Control en la logística .....	53
Tabla 4. 6 Camiones 6x2 con deflectores que circulan por el kilómetro 120 de la Carretera Central - Ticlio.....	69
Tabla 5. 1 Comparación de resultados .....	55
Tabla 5. 2 Reducción de consumo de combustible obtenido - Uso de deflectores.....	56
Tabla 5. 3 Reducción de consumo de combustible obtenido - Mantenimiento preventivo.....	56
Tabla 5. 4 Reducción de consumo de combustible - Control en la logística ....	56
Tabla 5. 5 Tabla de frecuencias - Marcas de camiones.....	57
Tabla 5. 6 Tabla de frecuencias - Tipo de cabina .....	58
Tabla 5. 7 Tabla de frecuencias - Número de dispositivos aerodinámicos .....	59
Tabla 5. 8 Tabla de frecuencias - Neumáticos sobre la superficie .....	61
Tabla 5. 9 Tabla de frecuencias - Hábitos de manejo .....	62

## **INTRODUCCIÓN**

El costo que demanda el consumo de combustible es de vital importancia para las empresas dedicadas a la industria del transporte de carga pesada, por tal razón es de interés conocer qué factores incrementan el consumo de combustible y qué medidas podemos implementar para la reducción de éste. Se toma muestras de las diversas marcas de camiones con fórmula rodante 6x2 que circulan por el Km 120 de la Carretera Central, ya que estos vehículos son los que generan el mayor gasto en consumo de combustible, el desarrollo de esta actividad afecta severamente la rentabilidad de las empresas. Dar a conocer los factores que elevan el consumo de combustible en camiones con fórmula rodante 6x2 e implementarlos con dispositivos que contrarresten estos factores, dan validez a esta investigación debido a que permitirá reducir el consumo excesivo de combustible. En los últimos veinte años se han venido desarrollando medios y métodos para reducir el consumo de combustible como la recirculación de los gases de escape, regulación para reducción de toxicidad, uso de aditivos y emulsiones, neutralizadores catalíticos, neutralizadores líquidos, desarrollo de filtros termo reactores, implementación de deflectores. Este último se viene aplicando de forma irregular por razones de desconocimiento u otras circunstancias de carácter técnico. El presente trabajo de investigación analiza factores físicos y ambientales que generan incremento en el consumo de combustible, de manera que se readaptará dispositivos auxiliares en camiones de fórmula rodante 6x2 como es el caso de los deflectores, a fin de demostrar analíticamente que la no utilización de dichos dispositivos influye considerablemente en el desempeño de vehículos de carga pesada.

Por lo expuesto, propuse la “Reducción de consumo de combustible a través de análisis del desempeño de camiones 6x2”, trabajo de investigación descriptivo con aplicación en camiones con fórmula rodante 6x2, que consta de los siguientes capítulos:

CAPÍTULO I: Menciona el planteamiento del problema, los objetivos a alcanzar y la justificación e importancia por el cual desarrollé el trabajo de investigación.

CAPÍTULO II: Menciona el marco teórico, antecedentes que fueron la base para la reducción de consumo de combustible.

CAPÍTULO III: Menciona la metodología realizada en la presente tesis, así como el tipo y nivel de investigación. También figura el procedimiento de cómo se recolectó la información para su análisis.

CAPÍTULO IV: Menciona el análisis de factores físicos que actúan sobre los camiones con fórmula rodante 6x2 que afectan su consumo de combustible. También se identifican sistemas que contrarrestan dicho consumo.

CAPÍTULO V: Menciona la discusión de resultados obtenidos en el CAPÍTULO IV mediante tablas estadísticas, así mismo se valida mi hipótesis según nuestra base teórica previo análisis de los resultados para posteriormente definir mis conclusiones.

El autor.

## **CAPÍTULO I**

### **PLANTEAMIENTO DEL ESTUDIO**

#### **1.1. FUNDAMENTACIÓN DEL PROBLEMA**

Por la Red Vial del Centro del Perú, más específicos, por el Km 120 de la Carretera Central Ticlio, circulan hasta 165 camiones por día con fórmula rodante 6x2.

Teniendo en cuenta que el consumo de combustible no es el único costo que involucra el transporte de carga pesada, es un porcentaje muy elevado a tener en consideración puesto que los ingresos que genere el servicio de transporte de carga pesada se ven afectado frente a todos los gastos que genera mantener en pie las operaciones de las empresas.

Existen circunstancias que influyen en el incremento excesivo del consumo de combustible; esto a partir de malos hábitos de manejo, operación logística ineficiente, la no realización del mantenimiento preventivo del camión, de igual manera factores físicos como la resistencia al rodamiento, resistencia aerodinámica, la resistencia por inercia y la resistencia por rozamiento mecánico.

Estos son los factores que hacen que el consumo de combustible se vea afectado, disminuyendo de esta manera la rentabilidad de las organizaciones dedicadas a la industria del transporte de carga pesada.

Como una referencia, el Ministerio de Energía y Minas (MINEM), sobre los combustibles que utilizan los vehículos para el transporte de carga, señala que el 89.7% de vehículos utilizan Diésel, el 9.1% gasolina, el 1.7% GLP y el 0.3% GNV. Donde el 89.7% representa netamente a los vehículos de transporte de carga pesada. Por otro lado, en un estudio realizado por el Ministerio de Comercio Exterior y Turismo (MINCETUR) acerca de los costos que representa el transporte de carga pesada, señala que el consumo de combustible, en cuanto a costos, representa el 51.21% del total de costos operativos por transporte de carga pesada.

Para la solución inmediata del problema antes mencionado, se plantea la necesidad de analizar el desempeño de los camiones con fórmula rodante 6x2, a fin de poder implementar medidas para reducir el consumo de combustible.

## **1.2. FORMULACIÓN DEL PROBLEMA**

### **1.2.1. PROBLEMA GENERAL**

¿Cómo reducir el consumo de combustible a través de análisis del desempeño de camiones 6x2?

### **1.2.2. PROBLEMAS ESPECÍFICOS**

1. ¿Cuáles son los factores que afectan el consumo de combustible?
2. ¿Cómo alteran los factores el consumo de combustible?
3. ¿Qué hacer para la reducción del consumo de combustible?

## **1.3. OBJETIVOS DE LA INVESTIGACIÓN**

### **1.3.1. OBJETIVO GENERAL**

Reducir el consumo de combustible a través de análisis del desempeño de camiones 6x2.

### **1.3.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS**

1. Identificar factores que alteran el consumo de combustible de camiones 6x2.
2. Analizar factores que alteran el consumo de combustible de camiones 6x2.

3. Implementar medidas para la reducción de consumo de combustible de camiones 6x2.

#### **1.4. JUSTIFICACIÓN E IMPORTANCIA**

##### **1.4.2. JUSTIFICACIÓN**

El análisis y desarrollo de la “Guía de orientación del uso eficiente de la energía y de diagnóstico energético” realizada por el Ministerio de Energía y Minas (MINEM), muestra la utilización de combustibles en el transporte de carga, donde el 89.7% de vehículos utilizan Diésel, el 9.1% gasolina, el 1.7% GLP y el 0.3% GNV; representando ese 89.7% el consumo de combustible de los vehículos de carga pesada. Así mismo, en la “Guía de orientación al usuario del transporte terrestre” realizado por el Ministerio de Comercio Exterior y Turismo (MINCETUR), indica que los costos que genera un vehículo de carga son costos fijos, costos operativos y costos de administración. Entre los costos fijos encontramos al impuesto vehicular que consta del 1% sobre el valor del vehículo, el permiso de operación que tiene un costo del 3.5% de la UIT y su validez puede ser hasta de 10 años, la licencia de conducción con un costo total del 3.5% de la UIT por cada 3 años, el salario del conductor que incluye el sueldo básico, los aportes al fondo de pensión, compensación por tiempo de servicio, seguro de salud e impuestos, incentivos, viáticos y sobretiempo, el seguro vehicular, financiación del vehículo y el sistema de monitoreo remoto. Entre los costos operativos encontramos el costo de aceites y lubricantes, costo de neumáticos, costo de mantenimiento y reparaciones, costo extra salarial del conductor, costo por uso de infraestructura y el costo de combustible el cual es el costo más significativo de todos los costos ya que representa el 51.21% del total de costos operativos por transporte de carga pesada. Entre los costos administrativos encontramos a los costos de administración de flota y a los costos de administración de negocio.

Tabla 1. 1 Costeo de operaciones de vehículo de carga

Elementos de Costeo	Valor	Unidad
Días trabajados en el año (52 semana x 5)	260	días
Kilometraje anual estimado	120.000	km
<b>COSTOS FIJOS</b>		
Costo fijo histórico anual	13.000	US\$/vehículo
Costo fijo diario	50	US\$/día
Costo fijo por kilómetro	0,108	US\$/km
<b>COSTOS VARIABLES (Operativos)</b>		
Combustible	0,210	US\$/km
Neumáticos	0,070	US\$/km
Aceite y Lubricantes	0,010	US\$/km
Peajes y accesos	0,015	US\$/km
Mantenimiento	0,070	US\$/km
Reparaciones	0,035	US\$/km
<b>TOTAL COSTO VARIABLE</b>	<b>0,410</b>	<b>US\$/km</b>
<b>COSTOS DE ADMINISTRACIÓN</b>		
Costo administración histórico anual	2.000	US\$/vehículo
Costo administración diario	7,692	US\$/día
Costo administración por kilómetro	0,017	US\$/km

FUENTE: Guía de orientación al usuario del transporte terrestre -  
MINCETUR

Se evidencia que, previo análisis de desempeño de camiones con fórmula rodante 6x2, mediante la implementación de deflectores, control en la logística de transporte de carga pesada, planificación del mantenimiento preventivo y buenos hábitos de manejo reducen un 10% el consumo de combustible en los mismos.

#### 1.4.3. RAZONES QUE MOTIVAN LA INVESTIGACIÓN

El resultado del presente trabajo servirá de soporte en el desarrollo de futuras investigaciones enfocadas en cómo reducir el consumo de combustible de vehículos de transporte de carga pesada.

#### **1.4.4. IMPORTANCIA DEL TEMA DE INVESTIGACIÓN**

La importancia del trabajo de investigación tiene plena justificación económica para las empresas dedicadas al transporte de carga pesada puesto que mejora la eficacia y eficiencia de la logística, recomienda mantenimientos preventivos, aporta buenos hábitos de manejo y sobre todo reduce el consumo de combustible, todo esto en camiones con fórmula rodante 6x2.

El estudio, al reducir el consumo de combustible a través de análisis del desempeño de camiones 6x2, no sólo mejora la rentabilidad de las empresas sino también reduce la contaminación ambiental ya que reducido el nivel de consumo de combustible se reduce el nivel de emisiones de gases tóxicos.

#### **1.5. LIMITACIONES DEL ESTUDIO**

La falta de colaboración por parte de la empresa DEVIANDES, empresa que lleva el control de paso de vehículos en Casapalca. La empresa DEVIANDES se negó a facilitarme los datos.

No se contó con tecnologías para el registro de datos.

Entre las principales limitaciones que se ha presentado durante el desarrollo de la investigación fue la ubicación geográfica donde se encuentra Ticlio, ya que durante la observación y muestra de datos se presenciaron inclemencias en el tiempo, llámese fuertes lluvias, neblinas, una temperatura de 1 a 2°C. Debido a que Ticlio forma parte de la Cordillera de los Andes y se encuentra a una altitud de 4818 msnm.

## **CAPÍTULO II**

### **MARCO TEÓRICO**

#### **2.1. ANTECEDENTES DE LA INVESTIGACIÓN**

Según María de Lourdes García Murrieta y Jorge Rodríguez Garduño (2009), en su tesis "Desarrollo de un marco conceptual para el manejo y operación de la carga con un enfoque de Ingeniería de Transporte", sostienen:

Las condiciones en las que se transporta una carga vía terrestre, frente a la competencia en el transporte de mercancías vía aérea, influyen notablemente en la economía de las empresas dedicadas al transporte de carga pesada. Estas empresas tienen un compromiso mayor como es cambiar el manejo y operación de la carga, siendo el principal elemento de competitividad el precio por el transporte. No existe competitividad ni productividad cuando no se atiende el manejo ni la operación de la carga.

Sensibiliza la importancia económica que presenta en los centros de trabajo el hecho de clasificar y manipular de manera efectiva la carga, ya que una mala logística conlleva a forzar el motor de los vehículos de transporte de carga generando que el nivel del consumo de combustible vaya en crecimiento, aumentando así el costo por operaciones de logística. (p.108).

Al respecto, Brian Alexander Amaya Munera y Julián Mesa Vasco (2012), en su tesis "Análisis de reducción de costos logísticos en el sector transporte de carga", sostienen:

La información que proporciona el gobierno, las fichas técnicas de los vehículos facilitada por las concesionarias e informes de las empresas, muchas veces son datos que simularían un mundo ideal y puede que no se cumpla en ocasiones. Sin embargo, existen personas que viven su día a día en este sector, son las empresas mediante estas empresas que se ven perjudicadas por la realidad de las condiciones del transporte de carga pesada. Habiendo factores importantes como determinadas fuerzas que se oponen al movimiento del vehículo ocasionado que se eleve el consumo de combustible y esto a su vez elevan el costo del servicio. Plantea transportar un peso adecuado sobre el tracto – camión, pues esto maximiza la rentabilidad del servicio, ya que al transportar una carga que se encuentre dentro de los límites permisibles de capacidad del tracto – camión, prolonga la vida útil de este. (p.72).

Iskandar Fraija (2006), en su estudio "Aerodinámica en los vehículos", sostiene:

La resistencia al avance del vehículo se ve afectado por factores inherentes a la geometría de su diseño exterior de carrocería y de componentes externos que lo conformen los cuales, dependiendo de la aplicación final, ayudan a minimizar o incrementar el impacto final al avance del vehículo. Adicionalmente, la tendencia de diseño aerodinámico de los automóviles es cada vez más exigente por las regulaciones en consumos energéticos, exigencias de seguridad, control ambiental, y demás aspectos relacionados con la viabilidad de la producción de los prototipos de diseño en función de la complejidad geométrica de estos y la disponibilidad de equipos para fabricarlos. (p.70).

Jordi Gonzales Llorca y Tomás Vicente Esquerdo Lloret (2016), en su estudio "Comportamiento aerodinámico de elementos deflectores en semirremolques", sostienen:

La adición de unos deflectores, para una misma área frontal, mejora el coeficiente de penetración del vehículo, reduciendo la resistencia aerodinámica sobre el mismo, y por tanto reduciendo el consumo de combustible y las emisiones contaminantes. También se sugiere que se debe elegir la implementación de deflectores si preferimos una reducción de coeficiente aerodinámico, lo que se traduce a un menor consumo de combustible, reducción de emisiones contaminantes y menor esfuerzo por parte del motor. Logrando una reducción de consumo de combustible entre un 8.75% y 13.61%, dependiendo de cuantos deflectores se implementan en el semirremolque.

La revista automotriz Conducción Eficiente (2016), especializada en temas de ingeniería automotriz comenta que:

Mantener los neumáticos inflados según la presión recomendada por el fabricante, la realización de alineamiento y balanceo del vehículo, mantenimiento del sistema de frenos, afinamiento del motor nos proporciona un 10% de reducción de consumo de combustible.

## **2.2. BASES TEÓRICAS**

### **2.2.1. FÓRMULA RODANTE DE UN CAMIÓN**

Según el Ministerio de Transportes y Comunicaciones (MTC), para denominar a los vehículos de carga según la disposición de sus ejes, existe un sistema que consiste en emplear dos números separados por el símbolo "x", donde el primer número indica el número de puntos de apoyo del vehículo sobre el terreno, mientras que el segundo número indica cuantos son los puntos de tracción. Entre ellos podemos encontrar: 4x2, 4x4, 6x2, 6x4, 6x6, 8x2 y 8x4

### **2.2.2. CAMIÓN CON FÓRMULA RODANTE 6X2**

Según el Ministerio de Transportes y Comunicaciones (MTC), un camión es un vehículo automotor de transporte de mercancías y los clasifica según la carrocería que estos poseen, las cuales son:

- Chasis combinado, que incorpora una cabina y se encuentra preparada para instalar una carrocería.
- Remolcador, diseñado especialmente para alar semirremolques y formar parte del soporte de la carga total que se transmite a través de la quinta rueda, llamado también tracto – camión.
- Remolcador grúa, diseñado para alar semirremolques y soportar parte de la carga total que le transmite este a través de la quinta rueda. También es llamado tracto – camión o tracto – remolcador, debido a la grúa que se encuentra detrás de la cabina cuyo fin es cargar y descargar mercancías al remolque.
- Cargo bus, vehículo diseñado para el transporte de pasajeros.
- Plataforma, posee una carrocería plena en uno o más niveles para el transporte de mercancías en general.
- Baranda, vehículo destinado al transporte de mercancías con carrocería de madera o metal, sin techo.
- Volquete, vehículo que posee una carrocería abierta (tolva de volteo) para el transporte de mercancías a granel, materiales de construcción, minerales o desechos.

La presente tesis aborda específicamente, camiones con fórmula rodante 6x2. Cabe resaltar que estos camiones cuentan con seis puntos de apoyo y dos puntos de tracción.

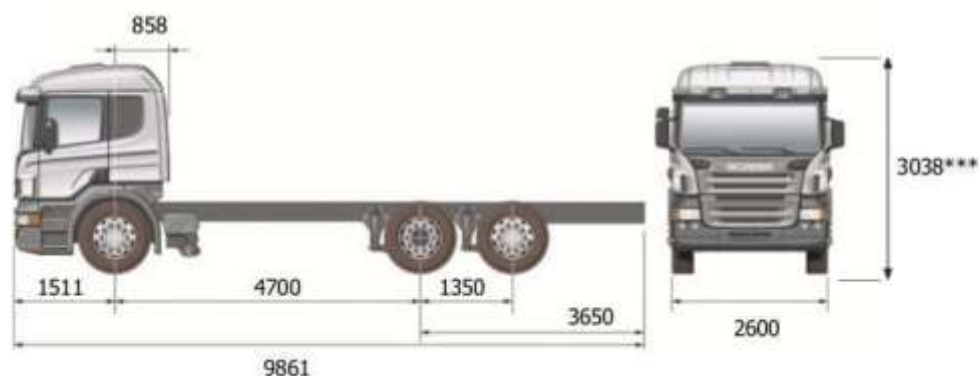


Figura 2. 1 Camión con fórmula rodante 6x2 – Scania P 250 LB  
FUENTE: Catálogo de Volvo

### 2.2.3. DESEMPEÑO DE UN CAMIÓN 6X2

Según la Superintendencia de Transporte Terrestre de Personas, Carga y Mercancías (SUTRAN), el desempeño de un camión con fórmula rodante 6x2, consta de lineamientos técnicos que permiten proporcionar a los empresarios de transporte de carga pesada, seleccionar componentes del tren motriz para lograr un performance mecánico y energético óptimo que se adapte a las condiciones de operación a lo largo del kilómetro 120 de la Carretera Central – Ticlio.

El camión es un cuerpo sujeto a las leyes de la física. Como tal, el movimiento del camión se dará cuando la fuerza del motor sea transmitida a las ruedas, gracias al rendimiento en la transmisión, el radio dinámico, el torque y la fuerza de adherencia. El movimiento de un camión se encontrará sometida a fuerzas que se opongan a su desplazamiento. Entre estas fuerzas podemos encontrar la resistencia aerodinámica, resistencia al rodamiento, la resistencia por inercia, resistencia por pendiente y la resistencia por rozamiento mecánico.

### 2.2.4. MOTOR DE COMBUSTIÓN INTERNA

Según el Ministerio de Transportes y Comunicaciones (MTC), en la actualidad los vehículos cuentan con un motor de combustión interna que le brinda potencia a raíz de la combustión de un

hidrocarburo conjuntamente con el aire que se encuentra en el medio ambiente. Existen dos hidrocarburos utilizados en la industria del transporte, la gasolina y el diésel. No obstante, en la industria del transporte de carga pesada, el motor que realiza un mejor desempeño es el motor diésel.

#### **2.2.4.1. Sistema de combustible**

La empresa CAM2, empresa especializada en operaciones de mezcla y envasado de aceites, lubricantes multigrado desarrollado exclusivamente para motores de alta potencia, afirma que el sistema de combustible está compuesto por el tanque de combustible, la bomba de aceite, filtro de aire, filtro de combustible, filtro de aceite e inyectores. Sistema que se encarga de suministrar combustible al motor.

#### **2.2.4.2. Rendimiento en la transmisión**

El sistema de transmisión de un camión consta de un conjunto de componentes encargados de conducir la potencia necesaria originada en el motor, desde el cigüeñal para que las ruedas motrices giren. Los elementos que constan el sistema de transmisión son: embrague, caja de velocidades, árbol de transmisión, diferencial y palieres.

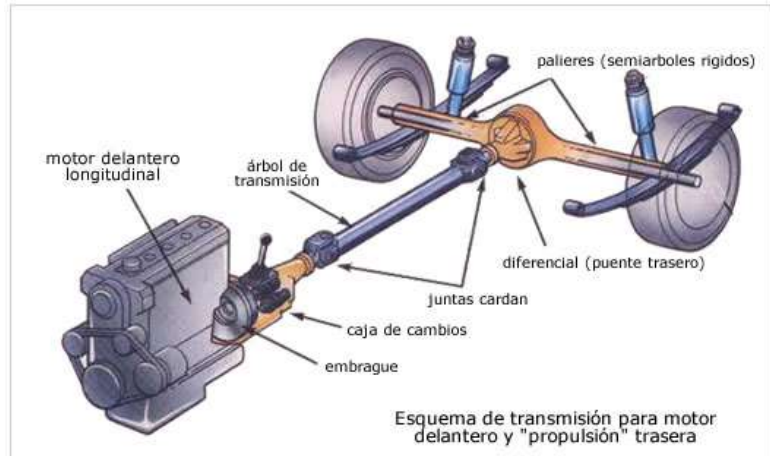


Figura 2. 2 Sistema de transmisión

Fuente: Revista Expo Camiones

El rendimiento en la transmisión está definido por el cociente de la potencia obtenida en el rodamiento por la potencia del motor.

### 2.2.4.3. Radio dinámico del neumático

Según la Autoridad Nacional de Licencias Ambientales (ANLA), Bogotá, Colombia, define al radio dinámico como el radio real de un neumático cuando está deformado por el peso del vehículo cargado con cierto peso a una determinada velocidad.

$$\text{radio dinámico} = \frac{\text{circunferencia de rodadura}}{2\pi} \quad \dots(2.1)$$

El radio dinámico está en función a una serie de factores como: tipo de neumático, tipo de suelo, dimensiones del neumático, velocidad, carga, presión del aire en los neumáticos, entre otros.

El valor del radio dinámico es representado por el 96-97% del radio del neumático sin carga, de forma aproximada.



Figura 2. 3 Nomenclatura del neumático

Fuente: ANLA

El radio sin carga se determina a partir de la nomenclatura del neumático. Reemplazando en la ecuación 2.1 tenemos:

$$\text{radio sin carga} = 0.5 \times \left[ (225\text{mm} \times 2 \times 65\%) + \left( \frac{25.4\text{mm}}{\text{in}} \times 15\text{in} \right) \right]$$

$$\text{radio sin carga} = 336.75\text{mm}$$

#### 2.2.4.4. Torque

El torque, también llamado momento o par, es el producto de la fuerza por la distancia cuyo efecto produce un giro.

En un motor. El torque es la presión que genera la combustión interna, que actúa sobre los pistones, los cuales, en contribución de las bielas y el cigüeñal, transforman la presión en un movimiento rotativo que será transmitido a las ruedas.

La fuerza de una rueda, también llamado fuerza de tracción, es el resultado de la división del torque de la rueda por el radio dinámico del neumático.

La ecuación que define al torque es:

$$T = F \times d \quad \dots\dots(2.2)$$

Donde :

T = Torque (N.m)

F = Fuerza(N)

d = Distancia al punto de aplicación(m)

También:

$$F_R = \frac{T_R}{R_d} \quad \dots(2.3) \quad \rightarrow \quad T_R = T_M \times i_c \times i_d \times 0.9 \quad \dots(2.4)$$

Reemplazando la ecuación 2.4 en 2.3

$$F_R = \frac{(T_M \times i_c \times i_d \times 0.9)}{R_d} \quad \dots(2.5)$$

Donde :

$F_R$  = Fuerza de una rueda, fuerza de tracción(kgf)

$T_R$  = Torque del rodamiento(kgm)

$R_d$  = Radio dinámico(m)

$T_M$  = Torque máximo(kgm)

$i_c$  = Relación de marcha

$i_d$  = Relación diferencial

0.9 = Rendimiento de la transmisión

#### 2.2.4.5. Potencia

La potencia está definida por el trabajo desarrollado en una unidad de tiempo.

En los motores, de conocerse el valor del torque a una determinada r.p.m., la potencia se obtiene multiplicando el valor del torque por el régimen del motor. Así mismo, la potencia se calcula dividiendo el trabajo por el tiempo.

$$P = \frac{W}{t} \quad \dots(2.6)$$

Donde :

P = Potencia(N.m / s)

W = Trabajo(N.m)

t = Tiempo(s)

#### **2.2.4.6. Consumo específico de combustible**

El consumo específico de combustible representa la cantidad de combustible que un motor consume según el régimen de éste para suministrar una determinada cantidad de potencia por una unidad de tiempo.

Por tanto, cuan menor sea el consumo específico de combustible, mayor será el rendimiento.

Luego, el consumo específico de combustible se mide en g/kWh.

#### **2.2.4.7. Embrague**

El embrague es el encargado de transmitir el movimiento del motor, torque, a las ruedas, mediante discos de fricción desde el volante del motor hasta la transmisión.

El torque del embrague se define bajo la siguiente ecuación:

$$T_{em} = \frac{(R \times M \times N \times Q)}{12} \quad \dots(2.7)$$

Donde :

$T_{em}$  = Torque del embrague (N.m)

R = Radio medio del disco (m)

M = Coeficiente de fricción (0.25 para pasta orgánica  
0.32 para pasta metálica)

N = Número de caras de fricción

Q = Carga del plato (Kg)

Cabe resaltar que, el valor calculado del torque requerido del embrague debe ser como mínimo un 40% más elevado que el valor del torque máximo del motor.

#### **2.2.4.8. Fuerza de adherencia del neumático**

La fuerza de adherencia es la fricción entre la goma del neumático y el suelo. Esta fuerza no es un valor estable,

puesto que depende mucho de la temperatura, presión del neumático y el tipo de suelo por donde se transita. Es pues el resultado del producto del peso incidente en el eje de tracción P, por el coeficiente de fricción del neumático en contacto con el suelo  $\mu$ , por el coseno del ángulo de inclinación(rampa) de la superficie  $\alpha$ . En general, el coseno del ángulo de la rampa es 1, siendo este valor despreciable.

$$F_{ad} = P \times \mu \quad \dots(2.8)$$

Donde :

$F_{ad}$  = Fuerza de adherencia

P = Peso en el eje de tracción

$\mu$  = Coeficiente de adherencia, coeficiente de fricción

Tabla 2. 1 Coeficiente de adherencia

Velocidad de la marcha	Estado de los neumáticos	Calzada seca	Calzada húmeda	Calzada mojada	Charco con agua	Calzada helada
km/h	M	$\mu$	$\mu$	M	$\mu$	$\mu$
50	Nuevos	0.65	0.65	0.55	0.5	Menor a 0.1
	Desgastados	1	0.5	0.4	0.25	
90	Nuevos	0.8	0.6	0.4	0.2	
	Desgastados	0.95	0.2	0.1	Menor a 0.1	
120	Nuevos	0.75	0.65	0.2	0.1	
	Desgastados	0.9	0.1	Menor a 0.1	Menor a 0.1	

Fuente: Kashima University

### 2.2.5. FUERZAS RESISTIVAS

Existen fuerzas que se oponen al movimiento de un camión, estas fuerzas consumen parte de la energía generada en el motor.

### 2.2.5.1. Resistencia aerodinámica

La resistencia aerodinámica es la fuerza que se opone al desplazamiento de un camión a través del aire. Esta se encuentra en función de la forma y tamaño de la frontal del camión, la velocidad con la que se circula, la densidad del aire y la dirección del viento.

La aerodinámica es una rama de la Mecánica de Fluidos que estudia los gases, principalmente al aire en movimiento. Las principales leyes y efectos utilizados en la aerodinámica son los siguientes:

1. El teorema de Bernoulli, formulado por Daniel Bernoulli (1700 – 1782), indica que, si un fluido aumenta su presión, este disminuye su velocidad.

Debido a que, en la automoción, esta variación tiende a cero, el valor se desprecia.

2. El efecto Venturi, comprobado experimentalmente por Giovanni Battista Venturi (1746 – 1822), es un fenómeno en el que un fluido en movimiento en el interior de un ducto cerrado disminuye su presión al incrementar su velocidad después de atravesar una zona de sección menor.

En la automoción es conocido como Efecto Suelo, es un caso particular donde el aire que circula entre el suelo y el camión, aumenta su velocidad cuando el espacio entre las dos superficies disminuye.

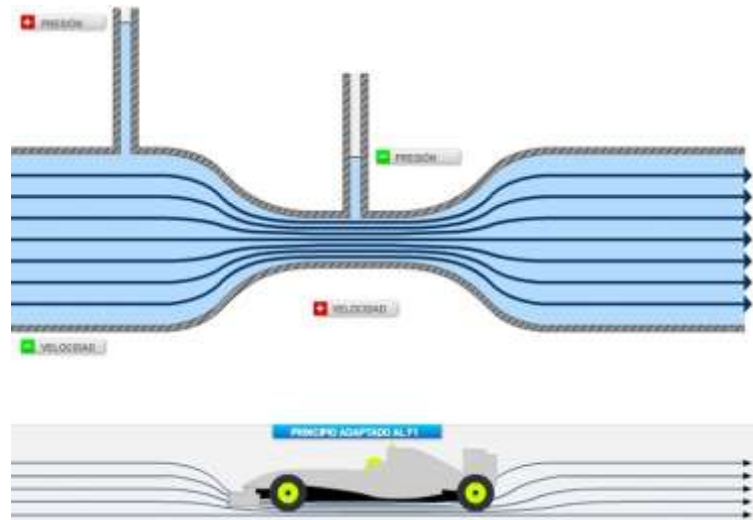


Figura 2. 4 Efecto Venturi  
Fuente: Efecto Venturi – Aplicación Motores

3. Tercera ley de Newton, también conocida como el principio de Acción y Reacción, nos da a conocer que, si un cuerpo A ejerce una acción sobre otro cuerpo B, este realiza otra acción igual sobre A en sentido contrario.
4. Perfil Alar. Las leyes antes mencionadas son utilizadas en aviación para el diseño de la geometría de las alas con el fin de que el fluido recorra una mayor distancia por la parte superior que por la inferior. Debido a que el perfil alar es incompresible, las partículas que recorren la parte superior tendrán una mayor velocidad que las partículas que recorren la parte inferior.

En la automoción, al contrario que en aeronáutica, busca crear una zona de alta presión por encima del camión y una inferior por debajo del mismo, para esto se emplean principios similares en el diseño de deflectores, los cuales son dispositivos que reducen la resistencia aerodinámica de los camiones.

Existen coeficientes aerodinámicos que son números adimensionales que son empleados para el estudio

aerodinámico de las fuerzas que actúan sobre los camiones en movimiento. El coeficiente aerodinámico también es conocido como coeficiente de arrastre.

La resistencia aerodinámica está definida por la siguiente fórmula:

$$R_A = \frac{V^2 \times \rho \times S \times C_a}{2} \quad \dots(2.9)$$

Donde:

$R_A$  = Resistencia aerodinámica

$V$  = Velocidad del camión 6x2 (m / s)

$\rho$  = Densidad del aire (kg / m<sup>3</sup>)

$S$  = Área frontal del camión (m<sup>2</sup>)

$C_a$  = Coeficiente aerodinámico

Coefficientes de arrastre representativos  $C_D$  para varios cuerpos tridimensionales para  $Re > 10^4$ , con base en el área frontal (para usar en la relación de fuerza de arrastre  $F_D = C_D A \rho V^2 / 2$  donde  $V$  es la velocidad corriente arriba)

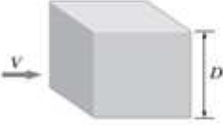
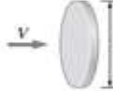









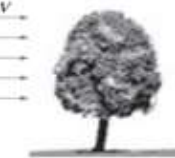










<p>Cubo, <math>A = D^2</math></p>  <p><math>C_D = 1.05</math></p>	<p>Disco circular delgado, <math>A = \pi D^2 / 4</math></p>  <p><math>C_D = 1.1</math></p>	<p>Cono (para <math>\theta = 30^\circ</math>), <math>A = \pi D^2 / 4</math></p>  <p><math>C_D = 0.5</math></p>																										
<p>Esfera, <math>A = \pi D^2 / 4</math></p>  <p>Laminar: <math>C_D = 0.5</math> Turbulento: <math>C_D = 0.2</math></p>	<p>Elipsoide, <math>A = \pi D^2 / 4</math></p>  <table border="1" data-bbox="1077 492 1388 683"> <thead> <tr> <th rowspan="2">L/D</th> <th colspan="2"><math>C_D</math></th> </tr> <tr> <th>Laminar</th> <th>Turbulento</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>0.75</td> <td>0.5</td> <td>0.2</td> </tr> <tr> <td>1</td> <td>0.5</td> <td>0.2</td> </tr> <tr> <td>2</td> <td>0.3</td> <td>0.1</td> </tr> <tr> <td>4</td> <td>0.3</td> <td>0.1</td> </tr> <tr> <td>8</td> <td>0.2</td> <td>0.1</td> </tr> </tbody> </table>	L/D	$C_D$		Laminar	Turbulento	0.75	0.5	0.2	1	0.5	0.2	2	0.3	0.1	4	0.3	0.1	8	0.2	0.1							
L/D	$C_D$																											
	Laminar	Turbulento																										
0.75	0.5	0.2																										
1	0.5	0.2																										
2	0.3	0.1																										
4	0.3	0.1																										
8	0.2	0.1																										
<p>Hemisferio, <math>A = \pi D^2 / 4</math></p>  <p><math>C_D = 0.4</math></p>  <p><math>C_D = 1.2</math></p>	<p>Cilindro corto, vertical, <math>A = LD</math></p>  <table border="1" data-bbox="869 739 997 907"> <thead> <tr> <th>L/D</th> <th><math>C_D</math></th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>1</td> <td>0.6</td> </tr> <tr> <td>2</td> <td>0.7</td> </tr> <tr> <td>5</td> <td>0.8</td> </tr> <tr> <td>10</td> <td>0.9</td> </tr> <tr> <td>40</td> <td>1.0</td> </tr> <tr> <td><math>\infty</math></td> <td>1.2</td> </tr> </tbody> </table> <p>Los valores son para flujo laminar</p>	L/D	$C_D$	1	0.6	2	0.7	5	0.8	10	0.9	40	1.0	$\infty$	1.2	<p>Cilindro corto, horizontal, <math>A = \pi D^2 / 4</math></p>  <table border="1" data-bbox="1252 739 1380 896"> <thead> <tr> <th>L/D</th> <th><math>C_D</math></th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>0.5</td> <td>1.1</td> </tr> <tr> <td>1</td> <td>0.9</td> </tr> <tr> <td>2</td> <td>0.9</td> </tr> <tr> <td>4</td> <td>0.9</td> </tr> <tr> <td>8</td> <td>1.0</td> </tr> </tbody> </table>	L/D	$C_D$	0.5	1.1	1	0.9	2	0.9	4	0.9	8	1.0
L/D	$C_D$																											
1	0.6																											
2	0.7																											
5	0.8																											
10	0.9																											
40	1.0																											
$\infty$	1.2																											
L/D	$C_D$																											
0.5	1.1																											
1	0.9																											
2	0.9																											
4	0.9																											
8	1.0																											
<p><b>(Continuación)</b></p>																												
<p>Cuerpo aerodinámico, <math>A = \pi D^2 / 4</math></p>  <p><math>C_D = 0.04</math></p>	<p>Paracaídas, <math>A = \pi D^2 / 4</math></p>  <p><math>C_D = 1.3</math></p>	<p>Árbol, <math>A = \text{área frontal}</math></p>  <table border="1" data-bbox="1228 1086 1396 1198"> <thead> <tr> <th>V, m/s</th> <th><math>C_D</math></th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>10</td> <td>0.4-1.2</td> </tr> <tr> <td>20</td> <td>0.3-1.0</td> </tr> <tr> <td>30</td> <td>0.2-0.7</td> </tr> </tbody> </table>	V, m/s	$C_D$	10	0.4-1.2	20	0.3-1.0	30	0.2-0.7																		
V, m/s	$C_D$																											
10	0.4-1.2																											
20	0.3-1.0																											
30	0.2-0.7																											
<p>Persona (promedio)</p>  <p>De pie: <math>C_D = 1.0 - 1.3</math> <math>A = 9 \text{ ft}^2 = 0.84 \text{ m}^2</math></p>	<p>Bicicletas</p>  <p>Derecho: <math>A = 5.5 \text{ ft}^2 = 0.51 \text{ m}^2</math> <math>C_D = 1.1</math></p>  <p><math>C_D = 0.5</math></p>  <p><math>C_D = 0.9</math></p> <p>Drafting: <math>A = 3.9 \text{ ft}^2 = 0.36 \text{ m}^2</math> <math>C_D = 0.50</math></p>  <p>En carrera: <math>A = 3.9 \text{ ft}^2 = 0.36 \text{ m}^2</math> <math>C_D = 0.9</math></p>  <p>Con cubierta: <math>A = 5.0 \text{ ft}^2 = 0.46 \text{ m}^2</math> <math>C_D = 0.12</math></p>																											
<p>Semirremolque, <math>A = \text{área frontal}</math></p>  <p>Sin cubierta: <math>C_D = 0.96</math> Con cubierta: <math>C_D = 0.76</math></p>	<p>Camioneta, <math>A = \text{área frontal}</math></p>  <p>Minivan: <math>C_D = 0.4</math></p>  <p>Automóvil de pasajeros: <math>C_D = 0.3</math></p>	<p>Edificios altos, <math>A = \text{área frontal}</math></p>  <p><math>C_D = 1.4</math></p>																										

Figura 2. 5 Coeficientes aerodinámicos  
Fuente: Resistencia del fluido

### 2.2.5.2. Resistencia al rodamiento

La resistencia al rodamiento es un fenómeno que se produce por la deformación del neumático cuando el camión se encuentra en movimiento, estas deformaciones requieren que el camión brinde más potencia sobre las ruedas. Debido a que la resistencia al rodamiento es una fuerza de fricción, ella depende del peso del camión y de un coeficiente de resistencia al rodamiento en función al tipo de suelo.

$$R_x = f_r \times M \times g \times \cos \theta \quad \dots(2.10)$$

Donde :

$R_x$  = Resistencia al rodamiento

$f_r$  = Coeficiente de resistencia al rodamiento

$M$  = Masa del camión(kg)

$g$  = Gravedad( $m/s^2$ )

$\theta$  = Inclinación del camino

Tabla 2. 2 Coeficientes de resistencia al rodamiento

Tipo de vehículo	Superficie		
	Asfalto	Cascajo	Tierra Suelta
Automóvil	0.015	0.08	0.3
Camión	0.012	0.06	0.25
Tractor	0.02	0.04	0.2

Fuente: Dinámica de un vehículo

### 2.2.5.3. Resistencia por inercia

La inercia es una propiedad física que posee un cuerpo, en este caso, los camiones con fórmula rodante 6x2, de permanecer en su estado de reposo o movimiento. Esto quiere decir que, si un camión se encuentra en movimiento y se requiere aumentar la velocidad, la potencia brindada por el motor deberá ser suficiente

para vencer la resistencia por inercia y poder obtener la velocidad deseada.

La resistencia por inercia de un camión con fórmula rodante 6x2, ocurre cuando la velocidad inicial varía provocando una fuerza que se opone a que la velocidad se incremente o disminuya.

$$R_i = M \times a \times (1.04 + 0.06 / r_t^2) \quad \dots(2.11)$$

Donde :

$R_i$  = Resistencia por inercia

$M$  = Masa(kg)

$a$  = Aceleración( $m / s^2$ )

$r_t$  = Relación de paso de la transmisión

Debido a que en los camiones con fórmula rodante 6x2, la aceleración es mínima. La resistencia por inercia, para temas de cálculo, tenderá al mínimo.

#### **2.2.5.4. Resistencia por pendiente**

La resistencia por pendiente tiene lugar cuando el camión con fórmula rodante 6x2 se desplaza cuesta arriba, siendo la fuerza que se opone al desplazamiento directamente proporcional al peso del camión y al ángulo de la pendiente. Para ello, también se tiene en cuenta a la carga que se transporta como parte de la masa.

$$R_p = M \times \text{sen} \alpha \quad \dots(2.12)$$

Donde :

$R_p$  = Resistencia por pendiente(N)

$M$  = Masa(kg)

$\alpha$  = Ángulo de la pendiente

La pendiente del Kilómetro 120 – Ticlio de la Carretera Central, estará determinada por la relación que existe entre la altura superada y la longitud recorrida.

$$\text{sen}\alpha = \frac{\text{altura superada}}{\text{longitud recorrida}} \quad \dots(2.13)$$

$$\text{sen}\alpha \times 100 = \text{pendiente en \%} \quad \dots(2.14)$$

#### **2.2.5.5. Resistencia por rozamiento mecánico**

La resistencia por rozamiento mecánico es producida por la fricción que existe entre las piezas del motor y las de la transmisión. Al crear la fuerza que opone resistencia se reduce la potencia y por ende, el trabajo útil.

### **2.3. BASES CONCEPTUALES**

#### **2.3.1. DEFINICIONES CONCEPTUALES**

La presente investigación cuenta con dos variables:

- Variable independiente: Análisis de desempeño de camiones 6x2.
- Variable dependiente: Reducción de consumo de combustible.

##### **2.3.1.1. Análisis de desempeño de camiones 6x2**

El análisis abarca un conjunto de estudios de desempeño de camiones con fórmula rodante 6x2. Esto permite conocer los factores que inciden en el consumo de combustible como lo son las fuerzas resistivas que actúan sobre el desplazamiento del camión.

El desempeño de los camiones con fórmula rodante 6x2 está definido bajo el concepto asociado al trabajo que este realiza para desplazarse de un lugar a otro. El desempeño de un camión con fórmula rodante 6x2 está en función del consumo de combustible y se expresa en kilómetros por litro (Km/L).

##### **2.3.1.2. Reducción de consumo de combustible**

El consumo de combustible está definido por la cantidad de combustible que un camión con fórmula rodante 6x2

necesita para desplazarse de un punto a otro. Dicho consumo se ve afectado por las condiciones que se presenten a medida que el camión se desplace, como es el tipo de carretera, pendiente de la carretera, forma del camión, presión del neumático, peso del camión y la realización del mantenimiento preventivo del camión.

El análisis nos permite tomar medidas para reducir el consumo de combustible en camiones con fórmula rodante 6x2.

## 2.4. OPERACIONALIZACIÓN DE VARIABLES

Tabla 2. 3 Operacionalización de variables

VARIABLE	DEFINICIÓN CONCEPTUAL	DEFINICIÓN OPERACIONAL	DIMENSIONES	INDICADORES
Análisis de desempeño de camiones 6x2	Conjunto de estudios de desempeño de camiones con fórmula rodante 6x2. Permite conocer los factores que inciden en el consumo de combustible como las fuerzas resistivas que actúan sobre el desplazamiento del camión.	Proceso que permite identificar los factores que se ven involucrados en el consumo de combustible, que mediante su análisis nos permite conocer la potencia del motor que se pierde por cada factor.	Factores que afectan el consumo de combustible.	Identificar los factores que afectan el consumo de combustible.
			Potencia del motor.	Analizar los factores que afectan el consumo de combustible. Comparar potencia inicial del motor con la potencia real en ejecución.
Reducción de consumo de combustible	Disminución del consumo de combustible que está definido por la cantidad de combustible que un camión con fórmula rodante 6x2 necesita para desplazarse de un punto a otro.	Medidas a implementar frente al problema del consumo excesivo de combustible.	Implementar dispositivos aerodinámicos. Ejecutar mantenimiento preventivo periódicamente. Mejor control de logística de transporte de carga pesada. Buenos hábitos de manejo.	Porcentaje de cantidad de combustible que se reduce.

FUENTE: Elaboración propia.

## **CAPÍTULO III**

### **METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN**

#### **3.1. MÉTODO DE INVESTIGACIÓN**

##### **3.1.1. MÉTODO SISTÉMICO**

El propósito del método sistémico, según C. Espinoza (2014) es estudiar el objeto mediante la determinación de sus elementos, sus relaciones y límites para observar su estructura y la dinámica de su funcionamiento. El enfoque sistémico enfrenta el problema en su complejidad a través de un pensamiento basada en la totalidad, en el estudio de la relación entre las partes y de las propiedades emergentes resultantes.

Para el desarrollo del presente trabajo de investigación se ha utilizado tres fuentes importantes dentro del medio del transporte de carga pesada. El primero, el estudio del mercado de los usuarios de camiones de transporte de carga con fórmula rodante 6x2. El segundo, las características técnicas del tren motriz elegido aleatoriamente del muestreo. El tercero, estudio de los factores externos que influyen en el incremento del consumo de combustible. En consecuencia, la mejora cualitativa y cuantitativa en cuanto al consumo de combustible de camiones de transporte de carga pesada con fórmula rodante 6x2, a partir del análisis de desempeño. Por lo cual, el método de la presente investigación es no experimental.

## **3.2. TIPO DE INVESTIGACIÓN**

### **3.2.1. INVESTIGACIÓN BÁSICA**

La investigación básica, según C. Espinoza (2014) tiene como propósito ampliar el conocimiento científico a partir de la observación del funcionamiento de los fenómenos de la realidad. Sus niveles son la descripción y explicación.

El tipo de investigación es básica, debido a que la investigación busca ampliar los conocimientos sobre los factores que influyen en el incremento de consumo de combustible en camiones con fórmula rodante 6x2, y de esta manera analizarlos para tomar medidas que reduzcan el consumo de combustible de los mismos.

## **3.3. NIVEL DE INVESTIGACIÓN**

### **3.3.1. INVESTIGACIÓN DESCRIPTIVA**

La investigación descriptiva, según C. Espinoza (2014) tiene como propósito describir los objetos de investigación tal como están funcionando u ocurriendo. La investigación descriptiva consiste en llegar a conocer las situaciones, costumbres y actitudes predominantes a través de la descripción exacta de las actividades, objetos, procesos y personas. Su meta no se limita a la recolección de datos, sino a la predicción e identificación de las relaciones que existen entre dos o más variables. Los investigadores no son meros tabuladores, sino que recogen los datos sobre la base de una hipótesis o teoría, exponen y resumen la información de manera cuidadosa y luego analizan minuciosamente los resultados, a fin de extraer generalizaciones significativas que contribuyan al conocimiento.

El nivel de investigación es descriptivo, ya que recoge información sobre la variable independiente para que de esta manera podamos analizarla y plantear medidas que disminuyan el consumo de combustible en camiones con fórmula rodante 6x2.

### **3.4. DISEÑO DE INVESTIGACIÓN**

#### **3.4.1. DISEÑO DESCRIPTIVO SIMPLE**

Una investigación con diseño descriptivo simple, según C. Espinoza (2014) busca recoger información actualizada sobre el objeto de investigación. Sirve para estudios de diagnóstico descriptivo, caracterizaciones, perfiles, etc.

Diagrama:  $M \rightarrow O$

Donde:

M: Muestra u objeto en que se realizará el estudio

O: Observación de la muestra.

No podemos suponer las influencias de algunas variables. Nos limitamos a recoger información de la situación actual.

El diseño de la investigación es descriptivo simple, ya que busca recolectar información en cuanto a factores que incrementan el consumo de combustible de camiones con fórmula rodante 6x2, analizarlos y plantear medidas que reduzcan dicho consumo.

Diagrama:  $M \rightarrow O$

Donde:

M: Muestra de los camiones 6x2 que circulan por el kilómetro 120 de la Carretera Central – Ticlio.

O: Observación de la muestra para reducción de consumo de combustible a través de análisis de desempeño.

### **3.5. POBLACIÓN Y MUESTRA**

La población con la que se trabajó fueron todos los camiones con fórmula rodante 6x2 que circulan por el kilómetro 120 de la Carretera Central – Ticlio. La muestra, para efectos de recolección de datos son camiones de la marca Volvo que cumplan con la configuración 6x2. El tamaño de la

muestra ha sido estimado a partir de los registros existentes en la Dirección Departamental de Transportes y Comunicaciones de Junín.

Tabla 3. 1 Parque Automotor Junín

DEPARTAMENTO DE JUNIN - PARQUE AUTOMOTOR - 2014 – 2020							
CLASE	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020
CAMIONES EN GENERAL	12914	13547	14153	14498	14643	14744	14784
CAMIONES 6X2	9080	10110	11250	12410	13156	13690	13805

Fuente: Registro Nacional de Transporte de Carga – MTC

### 3.5.1. UNIDAD DE OBSERVACIÓN

Se describe el objeto de estudio mediante la siguiente caja negra:

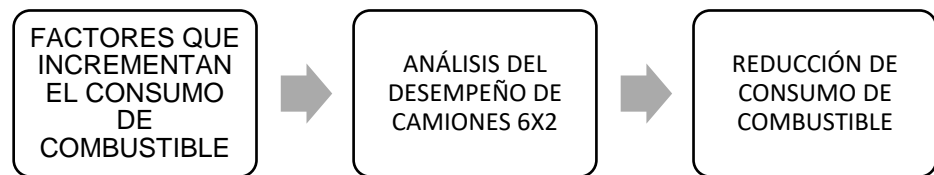


Figura 3. 1 Caja negra  
Fuente: Elaboración propia

En seguida, se muestra la relación que presentan los elementos que determinan su estructura mediante la siguiente caja blanca:

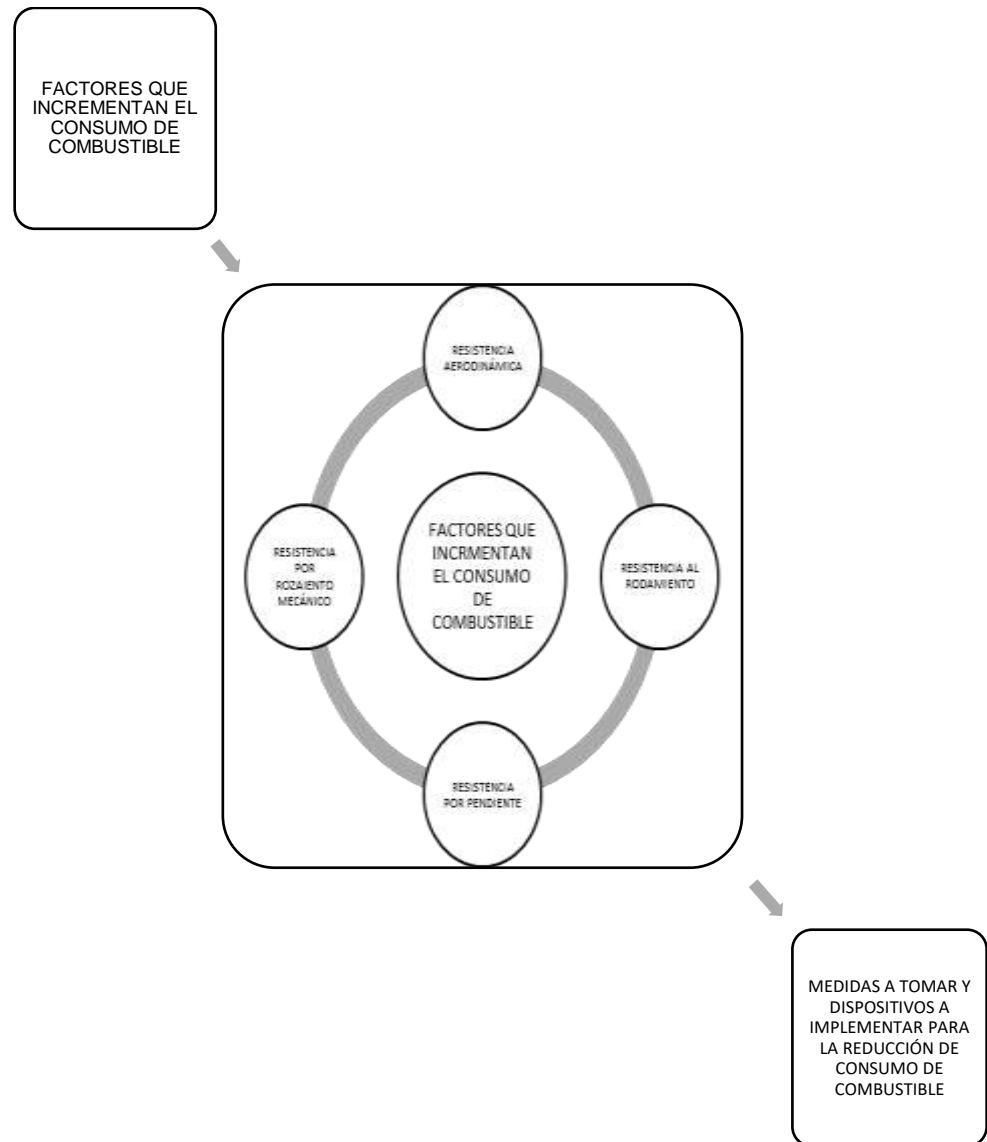


Figura 3. 2 Caja blanca  
Fuente: Elaboración propia

### 3.6. TÉCNICAS E INSTRUMENTOS DE RECOLECCIÓN DE DATOS

Las técnicas e instrumentos de recolección de datos utilizados en la presente investigación fueron:

- Reportes recogidos.
- Reportes de los conductores.
- Historial del parque automotor.
- Información del Ministerio de Transportes y Comunicaciones.

### **3.7. PROCEDIMIENTO DE RECOLECCIÓN DE DATOS**

Una vez propuesta las bases teóricas dentro del método de investigación, di lugar a la aplicación de las mencionadas técnicas e instrumentos de recolección de datos, de manera contextual a mi tema de investigación. Empecé por identificar los pasos a seguir en cada una de las técnicas, de cómo iba a obtener los reportes, dónde podría adquirir los reportes, cómo voy a trabajar, en qué momento u hora del día podría recolectar datos durante mi visita a Ticlio, qué camión sería el mejor para mi análisis.

#### **3.7.1. ESTUDIO DEL CASO**

En primera instancia se obtuvo los datos brindados por el Ministerio de Transportes y Comunicaciones de la Región Junín, a fin de tener un panorama más amplio de la cantidad de camiones en general existentes en la región Junín. A partir de eso se pudo observar el incremento considerable que están teniendo los camiones año tras año y que son los camiones 6x2 los que los empresarios de la industria de transporte de carga pesada prefieren para sus operaciones. En ese sentido se vio por conveniente considerar como primera característica de nuestra unidad para el análisis, la configuración 6x2 de chasis de los camiones.

#### **3.7.2. TOMA DE DATOS**

Se realizó una visita al kilómetro 120 de la Carretera Central, a la altura de Ticlio, previa coordinación con mi asesor y encuestas inopinadas a conductores de manera verbal sobre en qué horarios circulan mayormente los camiones por dicho punto, concluyendo a una hora promedio de entre las 10 de la mañana y las 2 de la tarde. Para lo cual se estuvo en el lugar de la toma de datos desde las 8 de la mañana hasta las 4 de la tarde.

Durante la visita se observó, efectivamente, que los camiones que más circulan a lo largo del kilómetro 120 de la Carretera Central son los camiones con fórmula rodante 6x2. Así mismo, se pudo constatar que la marca más utilizada para el servicio de transporte de carga pesada es la marca Volvo.

También se observó que sólo un 15.76% del total de camiones con cuentan con un sistema o dispositivos aerodinámicos que contrarresten la resistencia aerodinámica y que existen dos tipos de cabina, uno de tipo COE, que en inglés se denomina Cab – Over y da lugar a las cabinas planas o comúnmente conocidas como ñatas; y las cabinas convencionales, que son las que llevan el motor delante del conductor, conocidas también por cabinas de nariz alargada. Siendo esta última la menos utilizada pese a tener un diseño aerodinámico.

De igual manera, un 89.09% de camiones transporta una sobrecarga, más allá de lo permitido, pudiendo observar este hecho reflejado en la compresión que sufrían los neumáticos en contacto con la superficie y el sonido que emitían los motores al realizar el sobre esfuerzo.

El número total de camiones con fórmula rodante tomados como muestra fueron 165, de los cuales se pudo encontrar a marcas como Volvo, Scania, Hino, Isuzu, International, Mack, Iveco, Freightline, Mercedes Benz, Volkswagen, Sitrak, Kenworth y Daf. Como ya se mencionó anteriormente, es Volvo la marca preferida por los empresarios de la industria del transporte de cargas pesada.

## **CAPÍTULO IV**

### **REDUCCIÓN DE CONSUMO DE COMBUSTIBLE A TRAVÉS DE ANÁLISIS DEL DESEMPEÑO DE CAMIONES 6X2**

#### **4.1. DATOS RECOLECTADOS**

A continuación, se muestra la cantidad de camiones con fórmula rodante 6x2 que circulan por el kilómetro 120 de la Carretera Central – Ticlio, durante 8 horas. Así mismo se detalla qué camiones cuentan con deflectores como dispositivo aerodinámico. (Ver Tabla 4.6, Anexo 1).

Como se puede apreciar sólo el 15.76% del total de camiones con fórmula rodante 6x2, tienen implementados un o unos deflectores.

Cabe resaltar que los camiones que poseen dicho dispositivo aerodinámico son de una marca poco comercial en la industria del transporte de carga pesada.

#### **4.2. CAMIÓN 6X2 PARA EL ANÁLISIS**

Para el análisis del presente trabajo de investigación se tomó como camión para el estudio al camión con fórmula rodante 6x2 de la marca Volvo debido a que es esta marca de camión la que los empresarios de la industria del transporte de carga pesada prefieren para sus operaciones. (Ver Figura 9.1, Figura 9.2, Anexo 3).

#### **4.3. CÁLCULO DE RESISTENCIAS QUE SE Oponen AL MOVIMIENTO**

##### **4.3.1. CÁLCULO DE LA RESISTENCIA AERODINÁMICA**

Se sabe que:

$$R_A = \frac{V^2 \times \rho \times S \times C_a}{2} \quad \dots(2.9)$$

Donde :

$R_A$  = Resistencia aerodinámica

$V$  = Velocidad del camión 6x2(m/s)

$\rho$  = Densidad del aire(kg/m<sup>3</sup>)

$S$  = Área frontal del camión(m<sup>2</sup>)

$C_a$  = Coeficiente aerodinámico

Para ello consideramos lo siguiente:

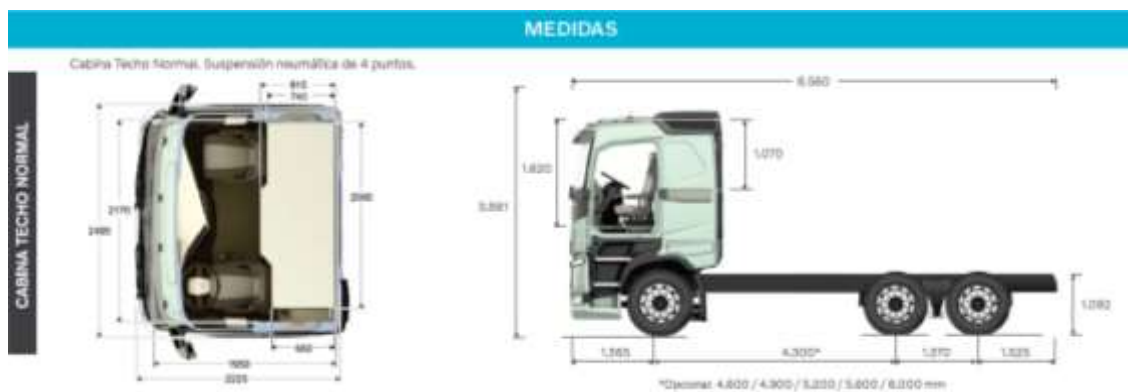


Figura 4. 1 Medidas Volvo FH420

Fuente: Ficha técnica Volvo FH 6x2R EVOLUTION WIN 420

Entonces, reemplazando datos en la ecuación 2.9 :

$R_A$  = Resistencia aerodinámica(N.m/s)

$V = 18.62\text{m/s}$

$\rho = 0.8\text{kg/m}^3$

$S = 7.706\text{m}^2$

$C_a = 0.85$

$$R_A = \frac{18.62^2 \times 0.8 \times 7.706 \times 0.85}{2}$$

$R_A = 908.379\text{N.m/s}$

$R_A = 0.908\text{kW}$

#### 4.3.2. CÁLCULO DE LA RESISTENCIA AL RODAMIENTO

Se sabe que:

$$R_x = f_r \times M \times g \times \cos \theta \quad \dots(2.10)$$

Donde :

$R_x$  = Resistencia al rodamiento

$f_r$  = Coeficiente de resistencia al rodamiento

$M$  = Masa del camión(kg)

$g$  = Gravedad( $m / s^2$ )

$\theta$  = Inclinación del camino

Para ello consideramos lo siguiente:

### PESOS Y CAPACIDADES (Kg)

	Eje delantero	Eje trasero	Total
Capacidad técnica	7.500	20.500	28.000
Límite legal	6.000	18.000	24.000
Peso del chasis*	5.185	3.132	8.317
Capacidad máxima de tracción			65.000

\*Pesos estimados con 100 lts de combustible, sin chofer y con rueda de auxillio. Llantas de aluminio, frenos a disco y cabina techo normal. Conf. Evo Win.

Figura 4. 2 Pesos y capacidades Volvo FH420  
Fuente: Ficha técnica Volvo FH 6x2R EVOLUTION WIN 420

Entonces, reemplazando datos en la ecuación 2.10 :

$R_x$  = Resistencia al rodamiento(N.m / s)

$f_r = 0.012$

$M = 24000\text{kg}$

$g = 9.81\text{m} / \text{s}^2$

$\theta = 8^\circ$

$R_x = 0.012 \times 24000 \times 9.81 \times \cos 8$

$R_x = 2797.785\text{N.m} / \text{s}$

$R_x = 2.798\text{kW}$

### 4.3.3. CÁLCULO DE LA RESISTENCIA POR INERCIA

Se sabe que:

$$R_i = M \times a \times (1.04 + 0.06 / r_t^2) \quad \dots(2.11)$$

Donde :

$R_i$  = Resistencia por inercia

$M$  = Masa(kg)

$a$  = Aceleración( $m / s^2$ )

$r_t$  = Relación de paso de la transmisión

Entonces, reemplazando datos en la ecuación 2.11:

$$R_i = 24000 \times 0.01 \times (1.04 + 0.06 / 2.43^2)$$

$$R_i = 252.038 \text{ N.m / s}$$

$$R_i = 0.252 \text{ kW}$$

#### 4.3.4. CÁLCULO DE LA RESISTENCIA POR PENDIENTE

Se sabe que:

$$R_p = M \times \text{sen} \alpha \quad \dots(2.12)$$

Donde :

$R_p$  = Resistencia por pendiente(N)

$M$  = Masa(kg)

$\alpha$  = Ángulo de la pendiente

Entonces, reemplazando datos en la ecuación 2.12 :

$$R_p = 24000 \times \text{sen} 8^\circ$$

$$R_p = 24000 \times 0.1392$$

$$R_p = 3.3401 \text{ N}$$

$$R_p = 3.340 \text{ kW}$$

#### 4.3.5. CÁLCULO DE LA RESISTENCIA POR ROZAMIENTO MECÁNICO

Se sabe que la fricción que existe entre los componentes del motor es mínima debido a que éste trabaja lubricado con aceite. Motivo por el cual despreciaremos el valor de la resistencia.

#### 4.4. CONSUMO DE COMBUSTIBLE

Para temas de cálculo consideramos lo siguiente:

Tabla 4. 1 Datos de recorrido

Recorrido Ticlio - Casapalca	18.8Km
Capacidad de tanque	735Lt

FUENTE: Google Maps – Catálogo Volvo

Según el Ministerio de Transportes y Comunicaciones (MTC) un camión de 25000 Kg de carga útil gasta 35 litros de combustible por cada 100 Km de recorrido.

El consumo de combustible de un camión con fórmula rodante 6x2 depende de factores como la carga que se transporta, el tipo de conducción, condiciones ambientales y geográficas y potencia del motor.

Teniendo en cuenta que se consume 35 litros de combustible por cada 100 Km de recorrido, se dice que en 18Km de recorrido se consume 6.3 litros de combustible.

Tabla 4. 2 Relación de Potencia - Consumo de combustible

POTENCIA PERDIDA	TRABAJO REALIZADO	CONSIDERACIONES	% de COMSUNO DE COMBUSTIBLE	CONSUMO DE COMBUSTIBLE
3.34kW	Resistencia por inercia	Peso	45.77%	2.8832Lt
	Resistencia por pendiente	Pendiente		
3.706kW	Resistencia al rodamiento	Carga	50.78%	3.1992Lt
	Resistencia aerodinámica	Forma de carrocería		
		Velocidad		
0.252kW	Resistencia por rozamiento	Combustión	3.45%	0.2175Lt

FUENTE: Elaboración propia

Entonces se tiene que:

1. Con una pérdida de 3.34kW en la potencia, el consumo de combustible es de 2.8832 Lt. en 18 Km.
2. Con una pérdida de 3.706kW en la potencia, el consumo de combustible es de 3.1992 Lt en 18 Km.
3. Con una pérdida de 0.252kW en la potencia, el consumo de combustible es 0.2175 Lt en 18 Km.

#### **4.4.1. DEFLECTORES**

Los deflectores son dispositivos aerodinámicos que hoy en día los empresarios dedicados a la industria del transporte de carga pesada desconocen su importancia.

Si bien es cierto, en algunos casos se ha visto que se implementan deflectores a un camión con fórmula rodante 6x2, sólo para que el vehículo luzca bien. Desconociendo realmente el valor y función de este dispositivo.

Teniendo como problemática el consumo de combustible y por ende la emisión de gases tóxicos, un deflector puede aportar significativamente en la disminución de costos de operación en el transporte de carga pesada. En este tema entra a jugar un papel muy importante estos dispositivos que contribuyen en el ahorro de combustible.

El uso de deflectores en los vehículos en general, alcanza un promedio de ahorro de consumo de combustible entre el 6 – 10 % (Jordi Gonzales Llorca y Tomás Vicente Esquerdo Lloret, 2016). Los deflectores dirigen el flujo de aire hacia la parte superior y lateral de la cabina evitando la interferencia entre la cabina y la carga.

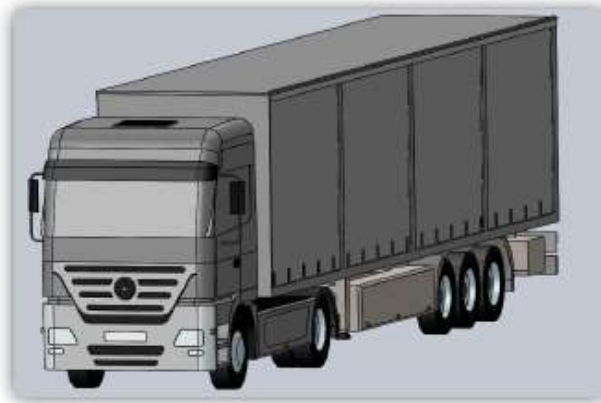


Figura 4. 3 Camión sin deflectores  
 FUENTE: Estudio del comportamiento aerodinámico de elementos  
 deflectores en semirremolques



Figura 4. 4 Camión con deflectores  
 FUENTE: Estudio del comportamiento de elementos deflectores  
 en semirremolques

Entonces, después de implementar deflectores en los camiones con fórmula rodante 6x2 se tendrá:

Tabla 4. 3 Reducción de consumo de combustible con deflectores

TIPO DE RESISTENCIA	CONSUMO DE COMBUSTIBLE	
	SIN DEFLECTORES	CON DEFLECTORES
AERODINÁMICA	3.1992 LT	2.8792 Lt
RODAMIENTO		

FUENTE: Elaboración propia

#### 4.4.2. MANTENIMIENTO PREVENTIVO PERIÓDICO

En los camiones con fórmula rodante 6x2, existen muchos elementos que influyen sobre el elevado consumo de combustible, como por ejemplo el estado en el que se encuentra el lubricante con el que trabaja el motor, el desgaste y presión de los neumáticos. Son temas para tomar en cuenta al momento de buscar reducir el consumo de combustible. Así mismo, cumplen un papel no menos importante, los filtros de aire, filtro de combustible y filtro de aceite, ya que, si dichos filtros se encuentran en mal estado, estaría ingresando al motor del camión con fórmula rodante 6x2 partículas ajenas al proceso de combustión interna, ocasionando de esta manera el consumo elevado de combustible.

Del estudio presentado en la revista Conducción Eficiente (2016) podemos decir que luego de realizar el mantenimiento preventivo a los camiones con fórmula rodante 6x2 se tendrá lo siguiente:

Tabla 4. 4 Reducción de consumo de combustible - Mantenimiento preventivo

TIPO DE RESISTENCIA	CONSUMO DE COMBUSTIBLE	
	SIN MANTENIMIENTO	DESPUÉS DEL MANTENIMIENTO
ROZAMIENTO	0.2175 Lt	0.1957 Lt

FUENTE: Elaboración propia

#### 4.4.3. CONTROL EN LA LOGÍSTICA

El control logístico en las operaciones de transporte de carga pesada es escaso. Si bien es cierto el cobro por flete genera ingresos, el mal control de éstos es perjudicial en el consumo de combustible.

Los camiones con fórmula rodante 6x2 son sobre cargados con pesos que exceden lo que el fabricante del vehículo indica como límite máximo permisible, provocando de esta manera que el motor realice trabajos forzados.

Controlar el consumo de combustible es la mejor estrategia para mantener la rentabilidad de las empresas, ya que el combustible abarca el 50% en cuanto a costos al mantener los camiones en operación (Sodexo, 2018). El peso de la carga que se transporta llega a alterar notablemente el consumo de combustible. Si bien es cierto, los camiones están diseñados para transportar grandes magnitudes de carga, esto no los a prueba de consumir grandes cantidades de combustible. La NRCAN (Organización Canadiense de Recursos Naturales) afirma que mientras más pesado sea el vehículo, más energía necesita para moverse.

Debido a que los camiones con fórmula rodante 6x2 que transportan carga pesada poseen mucha inercia y que genera resistencia por su propio peso, influye en el consumo excesivo de combustible.

Brian Alexander Amaya Munera y Julián Mesa Vasco en su análisis de reducción de costos logísticos en el sector transporte de carga (2012) afirma que luego de implementar un control en la logística del transporte de carga pesada se logra reducir el 9% de consumo de combustible.

Entonces tenemos lo siguiente:

Tabla 4. 5 Consumo de combustible - Control en la logística

TIPO DE RESISTENCIA	CONSUMO DE COMBUSTIBLE	
	SIN CONTROL EN LA LOGÍSTICA	CON CONTROL EN LA LOGÍSTICA
INERCIA	2.8832	2.6237
PENDIENTE		

FUENTE: Elaboración propia

## **CAPÍTULO V**

### **RESULTADOS DE LA INVESTIGACIÓN**

#### **5.1. PRESENTACIÓN DE RESULTADOS**

##### **5.1.1. PÉRDIDAS DE POTENCIA POR RESISTENCIA AL MOVIMIENTO**

De la investigación desarrollada se puede constar que, los factores que influyen en el exceso de consumo de combustible y que los empresarios dedicados a la industria del transporte de carga pesada dejan pasar por alto, son las fuerzas que se oponen al movimiento de los camiones con fórmula rodante 6x2. Estas son las resistencias y cantidad de potencia que se pierde:

1. Resistencia aerodinámica – 0.908kW
2. Resistencia al rodamiento – 2.798kW
3. Resistencia por pendiente – 0.252kW
4. Resistencia por inercia – 3.340kW
5. Resistencia por rozamiento mecánico – Mínimo

Resultando 7.298kW como pérdida total de potencia.

##### **5.1.2. MEDIDAS PARA LA REDUCCIÓN DE CONSUMO DE COMBUSTIBLE**

Actualmente los camiones con fórmula rodante 6x2 que circulan por el kilómetro 120 de la Carretera Central – Ticlio, no cuentan con sistemas ni dispositivos que solucionen el problema del exceso de consumo de combustible bajo las condiciones geográficas donde

llevan desarrollando su trabajo, perjudicando de esta manera notablemente la rentabilidad de las empresas. Entre las medidas y dispositivos que contrarrestan las fuerzas que se oponen al movimiento de los camiones 6x2 tenemos:

1. Deflectores
2. Correcta elección y presión de neumáticos
3. Control en la logística del transporte de carga pesada
4. Realización periódica de mantenimiento preventivo
5. Buenos hábitos de manejo

### 5.1.3. COMPARACIÓN DE RESULTADOS

A continuación, se detalla el consumo de combustible antes de implementar medidas que contrarresten las fuerzas resistivas al movimiento y después de implementar las mismas.

Tabla 5. 1 Comparación de resultados

CRITERIOS	CONSUMO DE COMBUSTIBLE	
	ANTES DE IMPLEMENTAR MEDIDAS	DESPUÉS DE IMPLEMENTAR MEDIDAS
USO DE DEFLECTORES	3.1992Lt	2.8792
MANTENIMIENTO PREVENTIVO	0.2175Lt	0.1957
CONTROL EN LA LOGÍSTICA	2.8832Lt	2.6237
TOTAL, DE CONSUMO DE COMBUSTIBLE	6.3Lt	5.6986Lt

FUENTE: Elaboración propia

Se muestra una comparación detallada por criterios:

Tabla 5. 2 Reducción de consumo de combustible obtenido - Uso de deflectores

CRITERIOS	CONSUMO DE COMBUSTIBLE	PORCENTAJE (%)	REDUCCIÓN DE CONSUMO DE COMBUSTIBLE
SIN DEFLECTORES	3.1192Lt	100%	7.694280584%
CON DEFLECTORES	2.8792Lt	92.31%	

FUENTE: Elaboración propia

Tabla 5. 3 Reducción de consumo de combustible obtenido - Mantenimiento preventivo

CRITERIOS	CONSUMO DE COMBUSTIBLE	PORCENTAJE (%)	REDUCCIÓN DE CONSUMO DE COMBUSTIBLE
SIN MANTENIMIENTO	0.2175Lt	100%	10.022988505%
DESPUÉS DEL MANTENIMIENTO	0.1957Lt	89.98%	

FUENTE: Elaboración propia

Tabla 5. 4 Reducción de consumo de combustible - Control en la logística

CRITERIOS	CONSUMO DE COMBUSTIBLE	PORCENTAJE (%)	REDUCCIÓN DE CONSUMO DE COMBUSTIBLE
SIN CONTROL EN LA LOGÍSTICA	2.8832Lt	100%	9.0004162042%
CON CONTROL EN LA LOGÍSTICA	2.6237Lt	91.00%	

FUENTE: Elaboración propia

Luego de haber realizado la investigación decimos que se logra reducir el consumo el combustible en un 9.5445% en general, después de implementar medidas que contrarresten las fuerzas resistivas al movimiento de un camión con fórmula rodante 6x2.

## 5.2. ANÁLISIS ESTADÍSTICO DE LOS RESULTADOS

### 5.2.1. MARCAS DE CAMIONES

Del estudio realizado para identificar los factores que alteran el consumo de combustible se encontró que existen marcas de camiones con fórmula rodante 6x2 que los empresarios de la industria del transporte de carga pesada prefieren para sus operaciones.

Tabla 5. 5 Tabla de frecuencias - Marcas de camiones

MARCA DE CAMIÓN	FRECUENCIA ABSOLUTA (fi)	FRFECUENCIA RELATIVA (hi)	PORCENTAJE (%)
Volvo	62	0.375757576	37.58%
Scania	20	0.121212121	12.12%
Hino	9	0.054545455	5.45%
Isuzu	14	0.084848485	8.48%
International	14	0.084848485	8.48%
Mack	9	0.054545455	5.45%
Iveco	5	0.03030303	3.03%
Freightline	21	0.127272727	12.73%
Mercedes Benz	4	0.024242424	2.42%
Volkswagen	1	0.006060606	0.61%
Sitrak	1	0.006060606	0.61%
Daf	2	0.012121212	1.21%
Kenworth	3	0.018181818	1.82%
TOTAL	165	1	100%

FUENTE: Elaboración propia

Esta tabla de frecuencias podemos representarla también mediante un gráfico de barras donde se puede apreciar mucho mejor la diferencia significativa sobre la preferencia de uso de camiones con fórmula rodante 6x2 de la marca Volvo.

Un 37.8% de camiones del total son de la marca Volvo.

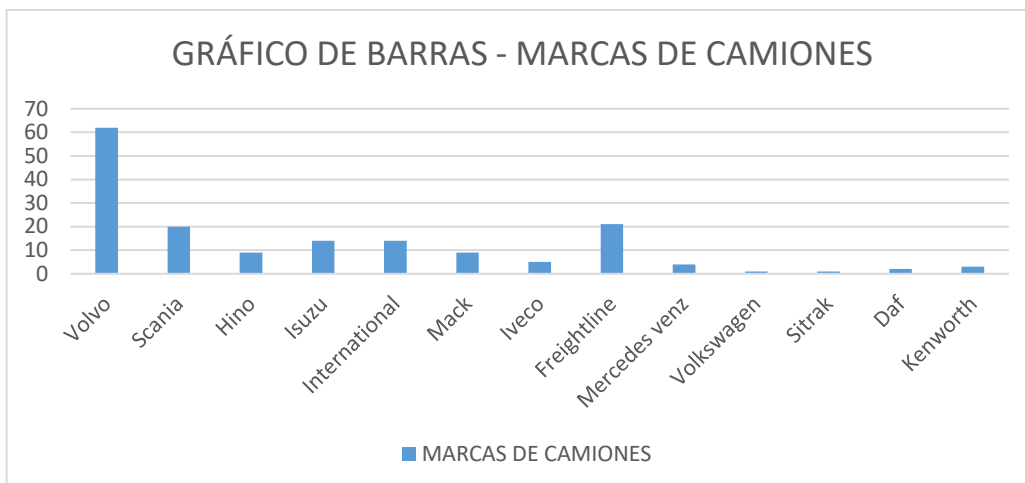


Figura 5. 1 Preferencia sobre las marcas de camiones  
FUENTE: Elaboración propia

Como se puede apreciar, la marca Volvo es sin duda, la marca preferida por los empresarios dedicados a la industria del transporte para sus operaciones.

### 5.2.2. TIPO DE CABINA

Por otro lado, de la totalidad de camiones se observó el tipo de cabina que posee cada camión con fórmula rodante 6x2. Siendo dos tipos: Cabinas COE (Cab Over Engine) comúnmente llamada cabinas ñatas, se caracteriza por ubicar al motor por debajo del conductor, y las cabinas convencionales que comúnmente las llamamos cabinas alargadas, se caracterizan por ubicar al motor delante del conductor.

Tabla 5. 6 Tabla de frecuencias - Tipo de cabina

TIPO DE CABINA	FRECUENCIA ABSOLUTA (fi)	FRECUENCIA RELATIVA (hi)	PORCENTAJE (%)
COE	102	0.618181818	61.82%
CONVENCIONAL	63	0.381818182	38.18%
TOTAL	165	1	100%

FUENTE: Elaboración propia

Representado en un gráfico tenemos que:

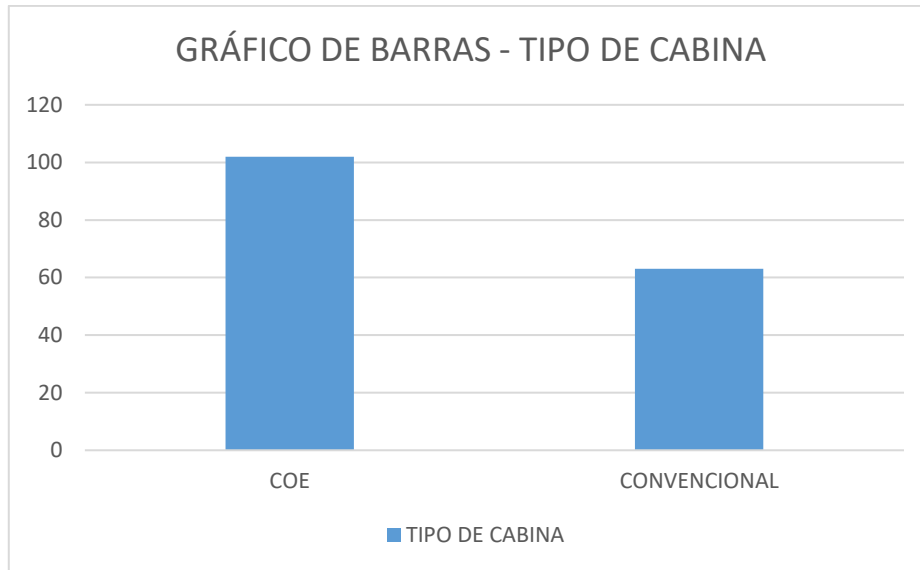


Figura 5. 2 Preferencia sobre el tipo de cabina  
FUENTE: Elaboración propia

El número de camiones que poseen una cabina de tipo convencional es menor que el número de camiones que poseen una cabina de tipo COE. Representando solo el 38.8% del total de camiones.

### 5.2.3. DISPOSITIVOS AERODINÁMICOS

Teniendo en cuenta que, las cabinas convencionales poseen un diseño aerodinámico a diferencia de las cabinas de tipo COE, se observó si los camiones con fórmula rodante 6x2 poseen o no dispositivos aerodinámicos que ayuden a contrarrestar la resistencia del aire. De donde se obtuvo la siguiente tabla:

Tabla 5. 7 Tabla de frecuencias - Número de dispositivos aerodinámicos

NÚMERO DE DISPOSITIVOS AERODINÁMICOS	FRECUENCIA ABSOLUTA (fi)	FRECUENCIA RELATIVA (hi)	PORCENTAJE (%)
0	139	0.842424242	84.24%
1	17	0.103030303	10.30%
2	3	0.018181818	1.82%
3	6	0.036363636	3.64%
TOTAL	165	1	100.00%

FUENTE: Elaboración propia

Vista la tabla se aprecia que, gran parte de los camiones con fórmula rodante 6x2 no cuentan con dispositivos aerodinámicos. Representando un 84.24% del total.

Vista de otra manera:

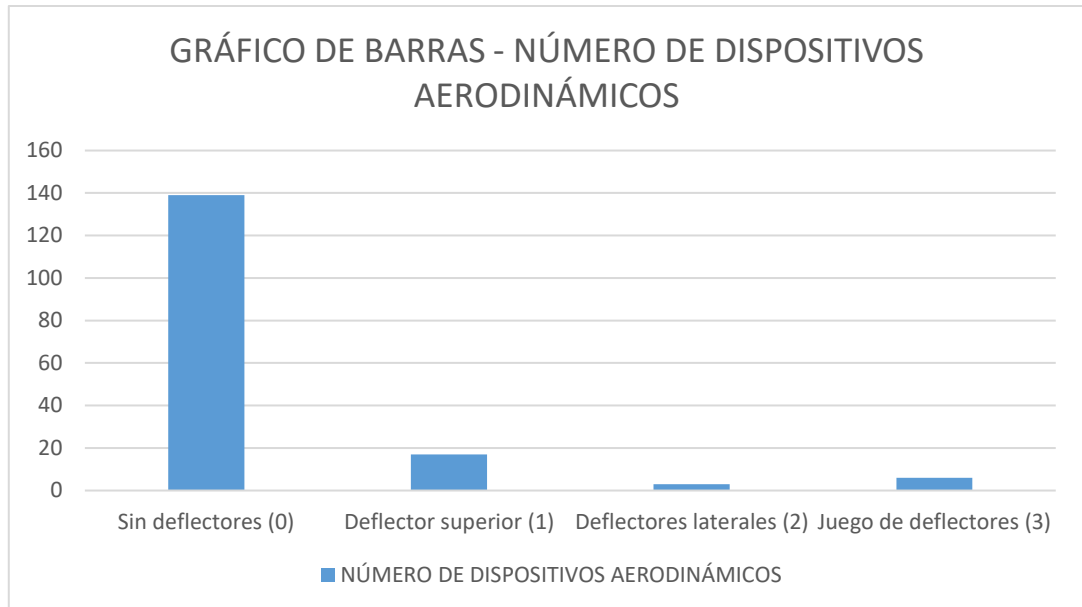


Figura 5. 3 Número de dispositivos aerodinámicos  
FUENTE: Elaboración propia

Del gráfico, decimos que los camiones en su mayoría no cuentan con dispositivos aerodinámicos y un dato alarmante es que el 100% de camiones de la marca Volvo, ver tabla 5, son camiones que poseen una cabina de tipo COE, cabina que no presenta diseño aerodinámico y además que tampoco cuentan con dispositivos aerodinámicos que ayuden a contrarrestar la resistencia del aire.

#### 5.2.4. CARGA

Se observa a su vez que los camiones transportan una sobrecarga, muchas veces más de lo permitido por el fabricante y esto es notorio a simple vista.

En el siguiente cuadro se presenta una de las características que se pueden observar a simple vista cuando un camión lleva sobrecarga.

Tabla 5. 8 Tabla de frecuencias - Neumáticos sobre la superficie

NEUMÁTICOS SOBRE LA SUPERFICIE	FRECUENCIA ABSOLUTA (fi)	FRECUENCIA RELATIVA (hi)	PORCENTAJE (%)
Deformados	147	0.890909091	89.09%
Normales	18	0.109090909	10.91%
TOTAL	165	1	100.00%

FUENTE: Elaboración propia

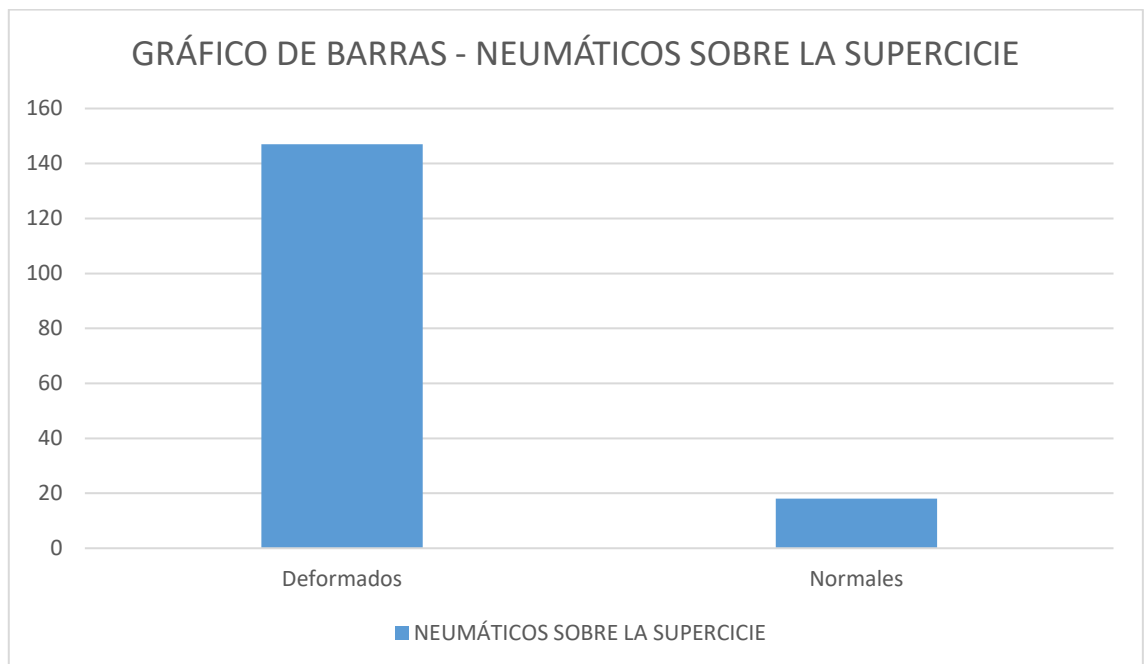


Figura 5. 4 Neumáticos sobre la superficie

FUENTE: Elaboración propia

Del estudio decimos que los camiones que transportan sobre carga son el 89.09% del total.

### 5.2.5. HÁBITOS DE MANEJO

Del presente estudio se obtuvo que existen malos hábitos de manejo por parte de los conductores. Fuerzan al motor al momento de transportar la carga pesada para lograr la velocidad y fuerza deseada, así como la no realización de los mantenimientos preventivos respectivos, pudiéndose observar este efecto en las emisiones de gases durante su operación.

Tabla 5. 9 Tabla de frecuencias - Hábitos de manejo

HÁBITOS DE MANEJO	FRECUENCIA ABSOLUTA (fi)	FRECUENCIA RELATIVA (hi)	PORCENTAJE (%)
Sonido forzado del motor	49	0.296969697	29.70%
Emisiones de gases	78	0.472727273	47.27%
Ambos	38	0.23030303	23.03%
TOTAL	165	1	100.00%

FUENTE: Elaboración propia

Vista en el siguiente diagrama para su mejor comprensión:



Figura 5. 5 Hábitos de manejo - Diagrama de Venn

FUENTE: Elaboración propia

Entonces decimos que, el 100% de camiones poseen malos hábitos de manejo, ya sea por forzar el motor al momento de transportar la carga pesada y/o por no realizar el mantenimiento preventivo de los mismos.

### 5.3. DISCUSIÓN E INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS

#### 5.3.1. RELACIÓN DE RESULTADOS

A partir de los resultados obtenidos, aceptamos la hipótesis que establece que, si analizamos el desempeño de camiones con fórmula rodante 6x2, se puede conocer los factores que ocasionan el consumo excesivo de combustible. Así mismo podemos plantear

medidas de manejo, implementar accesorios, planificar el mantenimiento en camiones 6x2 que circulan por el kilómetro 120 de la Carretera Central - Ticlio, que reduzcan el consumo de combustible.

Estos resultados, respecto a la logística de transporte de carga, guardan relación con lo que afirma María de Lourdes García Murrieta y Jorge Rodríguez Garduño (2009) y Brian Alexander Amaya Munera y Julián Mesa Vasco (2012), quienes señalan que una mala logística conlleva a forzar el motor de los vehículos de transporte de carga generando que el nivel del consumo de combustible vaya en crecimiento debido a que no se lleva un control sobre la carga que se transporta por lo que plantean transportar un peso adecuado sobre el tracto – camión, pues esto maximiza la rentabilidad del servicio.

A su vez los resultados, en cuanto a la resistencia aerodinámica, guardan relación con lo que indica Iskandar Fraija (2006) y Jordi Gonzales Llorca y Tomás Vicente Esquerdo Lloret (2016) quienes concluyen que la geometría del diseño de la carrocería de los vehículos puede aumentar o disminuir el impacto que tiene el aire frente al movimiento de los mismos, plantean la implementación de deflectores si se prefiere una reducción de coeficiente aerodinámico, lo que se ve traducido en un menor consumo de combustible, reducción de emisiones contaminantes y menor esfuerzo por parte del motor.

Ello es acorde con lo que en este trabajo de investigación se encontró.

### **5.3.2. LIMITACIONES DE LA INVESTIGACIÓN**

El tamaño de la muestra fue de 165 camiones con fórmula rodante 6x2 y fue tomado durante una visita al kilómetro 120 de la Carretera Central, Ticlio. Los datos fueron registrados personalmente ya que la empresa DEVIANDES, encargada del control de paso de

vehículos de la zona no nos facilitó la información requerida. Los datos no pudieron ser tomados las 24 horas del día durante uno a más días debido a que no se contó con tecnologías que nos permitan el registro de estas y por la ubicación geográfica, 4818msnm, donde se encuentra Ticlio, no nos permite permanecer personalmente en el punto de trabajo para la recolección de datos. Por tanto, los datos fueron tomados durante las 8:00am y 4:00pm de un día lunes a raíz de una encuesta verbal inopinada a conductores que brindan servicio de transporte interprovincial Lima – Huancayo, concluyendo que el horario donde mayormente circulan los camiones es entre las 10:00am a 2:00pm.

Se desconoce la carga real que transporta cada camión en movimiento, así como la velocidad y la aceleración con la que circulan y ángulo de inclinación de la superficie debido a que no se contó con tecnologías que nos brinde dicha información. Motivo por el cual, para temas de cálculo, se consideró como carga a la carga máxima permitida por el fabricante, una velocidad de 18.62m/s, velocidad a la que me desplazé en el vehículo que me llevó hasta la zona de toma de datos mientras seguíamos a un camión a lo largo de su recorrido, una aceleración 0.01 m/s<sup>2</sup> y un ángulo de inclinación de la superficie de 8 grados, MINEM (2016).

### **5.3.3. IMPLICANCIA DE RESULTADOS**

Los resultados de la investigación implican conocer las fuerzas que actúan sobre el camión con fórmula rodante 6x2 en movimiento para poder entender que los datos presentados en catálogos son datos ideales, como la potencia. La potencia que brinda el motor no es la potencia reflejada en el movimiento del camión, como se ha podido ver existe una disminución de potencia por cada fuerza que se oponga al movimiento. En este sentido, los conductores se ven en la necesidad de forzar al motor para lograr la potencia que se espera obtener al pisar el acelerador, traduciéndose este hecho en el incremento de consumo de combustible.

Los empresarios y conductores desconocen de los factores que alteran el consumo de combustible y eso implica que se debe tomar medidas que contrarresten la resistencia de determinadas fuerzas.

#### **5.4. APORTES Y APLICACIONES**

De acuerdo a lo investigado podemos plantear medidas que ayuden a contrarrestar fuerzas resistivas al movimiento de un camión con fórmula rodante 6x2 a fin de disminuir el consumo de combustible.

Es trabajo de investigación sirve de base para futuros estudios donde se quiera estudiar el consumo de combustible en camiones de diversas fórmulas rodantes y vehículos en general.

Al aplicar medidas que contrarresten las fuerzas resistivas al movimiento de camiones con fórmula rodante 6x2, como la implementación de deflectores, control en la logística de transporte de carga pesada, buenos hábitos de manejo, realización periódica de los mantenimientos preventivos; también se logra disminuir la contaminación del medio ambiente ya que, al evitar el consumo excesivo de consumo de combustible, los camiones también reducen sus emisiones de gases tóxicos.

## **CONCLUSIONES**

1. Los camiones con fórmula rodante 6x2 que circulan por el kilómetro 120 de la Carretera Central – Ticlio, consumen cantidades excesivas de combustible. El consumo de combustible representa el 51.21% del costo por operaciones.
2. Existen fuerzas resistivas que se oponen al movimiento de un camión con fórmula rodante 6x2. Dicha suma de fuerzas resistivas equivale a 7.298kW, valor que es descontado a la potencia que brinda el motor del camión.
3. Implementar dispositivos aerodinámicos como los deflectores a los camiones con fórmula rodante 6x2 reducen en un 7.69% el consumo de combustible.
4. El mal control del mantenimiento preventivo de los camiones con fórmula rodante 6x2, es un factor importante en el incremento de consumo de combustible ya que reduce la potencia que brinda el motor.
5. Implementar un plan de mantenimiento preventivo periódico ayuda en la reducción del consumo de combustible en un 10.02%.
6. Implementar controles para una mejora en la logística de operaciones de transporte de carga pesada reduce el consumo de combustible en un 9%.
7. Implementar medidas que contrarresten las fuerzas resistivas que se oponen al movimiento de camiones con fórmula rodante 6x2, reduce un 9.5445% el consumo de combustible habitual.

## **RECOMENDACIONES**

1. Es conveniente ampliar el conocimiento de la presente tesis, al realizar otros trabajos de investigación en la que consideren vehículos con distinta fórmula rodante. Ya que partiendo de esta investigación se pueden implementar controles en el consumo de combustible en otro tipo de camiones.
2. Se recomienda implementar indicadores de consumo de combustible y ejecutar el mantenimiento preventivo de los camiones con fórmula rodante 6x2, periódicamente cada 20000Km de recorrido. Realizando en este tipo de mantenimiento el cambio de: aceite, filtro de aceite, filtro de aire, filtro de combustible.
3. Implementar en los camiones con fórmula rodante 6x2, deflectores frontales y laterales para contrarrestar la resistencia aerodinámica. De esta manera se podrá observar la reducción del consumo de combustible notablemente en un 10%.
4. Mantener los neumáticos a una presión de 120 PSI en cada uno, con el fin de que las fuerzas en las ruedas puedan vencer la resistencia al rodamiento, favoreciendo de esta manera en un 2% en la reducción de consumo de combustible.
5. Llevar un mejor control en la logística de operaciones del transporte de carga pesada, respetando los límites de carga permisibles que los fabricantes de los camiones 6x2 proporcionan a las empresas. El exceso de carga en un camión provoca que éste consuma más combustible a lo largo de su recorrido.

## BIBLIOGRAFÍA

1. Vásquez Vera, Augusto. (2020). *Mecánica Técnica*. Universidad Nacional de Ingeniería.
2. Chudakov D. A. (1997). *Fundamentos de la teoría y el cálculo de tractores y automóviles*. Editorial Mir. Moscú.
3. Volvo Basic. (1999). *Prontuario de la calidad Volvo*. Perú.
4. Máquinas y control numérico. (1999). *Manual de mecánica industrial*. Editorial cultural S. A. España.
5. William H. Crouse. (1991). *Equipo mecánico y eléctrico del automóvil*. Editorial Marcombo. México.
6. F. Navez. (1996). *Biblioteca práctica del automóvil*. Editorial J. Bruguer. España.
7. UNI – FIM. (1995). *Sistemas del tren motriz*. Oficina de Bienes y Prestación de Servicios. Lima.
8. Volvo. (2020). *Desempeño de tu camión Volvo*. Brasil.
9. Ciro Espinoza Montes. (2014). *Metodología de investigación tecnológica*. Universidad Nacional del Centro del Perú.
10. Felipe Carlos Gutiérrez Naveda. (2019). *Balance nacional de energía 2019*. Ministerio de Energía y Minas.

## ANEXOS

1. Datos recolectados acerca de los camiones 6x2 con deflectores que circulan por el kilómetro 120 de la Carretera Central – Ticlio.

Tabla 4. 6 Camiones 6x2 con deflectores que circulan por el kilómetro 120 de la Carretera Central - Ticlio

MARCA	PLACA	TIPO DE CABINA		NÚMERO DE DEFLECTORES			
		COE *	CONV. **	SIN DEFLECTOR (0)	SUPERIOR (1)	LATERALES (2)	SUP / LAT (3)
IVECO	ACH – 909	1	0	1	0	0	0
ISUZU	W4B – 895	1	0	1	0	0	0
VOLVO	W3M – 828	1	0	1	0	0	0
VOLVO	AEB – 978	0	1	1	0	0	0
SCANIA	A9H – 899	0	1	1	0	0	0
ISUZU	B7R – 776	0	1	1	0	0	0

ISUZU	B4A – 884	0	1	1	0	0	0
VOLVO	C0P – 876	1	0	1	0	0	0
SCANIA	T5L – 970	1	0	1	0	0	0
IVECO	F4P – 977	1	0	1	0	0	0
VOLVO	A4S – 860	1	0	1	0	0	0
VOLVO	F3H – 882	1	0	1	0	0	0
MERCEDES BENZ	F9Y – 744	1	0	1	0	0	0
VOLVO	W4C – 729	1	0	1	0	0	0
VOLVO	H7C – 858	1	0	1	0	0	0
MERCEDES BENZ	A8Z – 972	0	1	1	0	0	0
SCANIA	AWN – 735	1	0	1	0	0	0
ISUZU	A3T – 977	1	0	1	0	0	0
HINO	F9T – 752	1	0	1	0	0	0
VOLVO	F3T – 826	1	0	1	0	0	0
HINO	F5V – 972	0	1	1	0	0	0
HINO	B6I – 756	0	1	1	0	0	0

VOLVO	AYP – 803	0	1	1	0	0	0
ISUZU	D1T – 538	0	1	1	0	0	0
ISUZU	C4R – 975	0	1	1	0	0	0
SCANIA	V8Y – 755	1	0	1	0	0	0
SCANIA	V8Y – 712	1	0	1	0	0	0
SCANIA	V8Y – 700	1	0	1	0	0	0
VOLVO	AKH – 883	1	0	1	0	0	0
MERCEDES BENZ	A2T – 850	1	0	1	0	0	0
INTERNATIONAL	AMQ - 811	0	1	0	1	0	0
INTERNATIONAL	C9L - 715	0	1	1	0	0	0
VOLVO	D0M - 932	1	0	1	0	0	0
INTERNATIONAL	D8G - 908	0	1	0	1	0	0
KENWORTH	AKD - 944	0	1	1	0	0	0
INTERNATIONAL	D9X - 717	0	1	1	0	0	0
SCANIA	B1G - 923	1	0	1	0	0	0
VOLVO	A3Y - 877	1	0	1	0	0	0

VOLVO	A6R - 810	1	0	1	0	0	0
ISUZU	V4S - 827	1	0	1	0	0	0
HINO	AWE - 923	1	0	1	0	0	0
FREIGHTLINER	T5J - 850	0	1	0	1	0	0
VOLVO	C9E - 813	1	0	1	0	0	0
INTERNATIONAL	F6E - 907	0	1	1	0	0	0
FREIGHTLINER	T8I - 844	0	1	1	0	0	0
HINO	T5N - 851	1	0	1	0	0	0
DAF	E6U - 714	1	0	1	0	0	0
FREIGHTLINER	AYS - 942	0	1	1	0	0	0
FREIGHTLINER	AYS - 937	0	1	1	0	0	0
KENWORTH	ALK - 798	0	1	1	0	0	0
KENWORTH	F8Q - 729	0	1	0	1	0	0
INTERNATIONAL	B7N - 894	0	1	1	0	0	0
SCANIA	AUR - 926	1	0	1	0	0	0
FREIGHTLINER	D7J - 836	0	1	1	0	0	0

FREIGHTLINER	AEQ - 845	0	1	1	0	0	0
MACK	AMZ - 624	0	1	1	0	0	0
VOLVO	ANY - 713	1	0	1	0	0	0
FREIGHTLINER	AEQ - 844	0	1	1	0	0	0
ISUZU	AKJ - 759	1	0	1	0	0	0
VOLVO	A9E - 936	0	1	1	0	0	0
VOLVO	D1E - 813	1	0	1	0	0	0
SCANIA	ASW - 747	1	0	1	0	0	0
FREIGHTLINER	AJP - 824	0	1	0	1	0	0
MACK	F3K - 720	0	1	0	0	1	0
VOLVO	ASI - 830	1	0	1	0	0	0
VOLVO	AWT - 725	1	0	1	0	0	0
SITRAK	ATJ - 826	1	0	1	0	0	0
VOLVO	A1U - 903	1	0	1	0	0	0
VOLVO	L2R - 925	1	0	1	0	0	0
FREIGHTLINER	AYM - 743	0	1	1	0	0	0

FREIGHTLINER	AYM - 737	0	1	1	0	0	0
INTERNATIONAL	AAQ - 794	0	1	1	0	0	0
VOLVO	AQH - 891	1	0	1	0	0	0
VOLVO	W4T - 908	0	1	1	0	0	0
HINO	ATA - 709	1	0	1	0	0	0
SCANIA	D4P - 730	1	0	1	0	0	0
VOLVO	P3N - 725	1	0	1	0	0	0
VOLVO	AHI - 771	1	0	1	0	0	0
VOLVO	G8T - 406	1	0	1	0	0	0
ISUZU	W3V - 935	1	0	1	0	0	0
ISUZU	BAC - 867	1	0	1	0	0	0
SCANIA	A3D - 904	1	0	1	0	0	0
VOLVO	B3R - 871	1	0	1	0	0	0
MACK	AMY - 731	0	1	0	0	0	1
VOLVO	F1Z - 702	1	0	1	0	0	0
VOLKSWAGEN	AAA - 743	1	0	1	0	0	0

VOLVO	D50 - 852	1	0	1	0	0	0
FREIGHTLINER	APW - 940	0	1	0	0	0	1
MACK	C1E - 25	0	1	0	0	1	0
INTERNATIONAL	D5P - 855	1	0	1	0	0	0
INTERNATIONAL	F0Y - 237	0	1	0	0	0	1
SCANIA	D4A - 713	1	0	1	0	0	0
VOLVO	Q9K - 453	1	0	1	0	0	0
IVECO	Y1O - 976	1	0	0	0	0	1
INTERNATIONAL	D0O - 974	0	1	1	0	0	0
VOLVO	F7M - 715	1	0	1	0	0	0
FREIGHTLINER	AQN - 793	0	1	0	1	0	0
FREIGHTLINER	BAA - 748	0	1	0	0	0	1
VOLVO	A2M - 861	1	0	1	0	0	0
SCANIA	AJP - 804	1	0	1	0	0	0
VOLVO	ACA - 936	1	0	1	0	0	0
SCANIA	AAC - 773	1	0	1	0	0	0

SCANIA	AAC - 795	1	0	1	0	0	0
VOLVO	M2N - 771	1	0	1	0	0	0
VOLVO	D3V - 903	1	0	1	0	0	0
VOLVO	F9E - 912	1	0	1	0	0	0
FREIGHTLINER	D8J - 829	0	1	0	0	1	0
INTERNATIONAL	AUU - 873	0	1	0	0	0	1
SCANIA	B5I - 921	1	0	1	0	0	0
MERCEDES BENZ	B3Z - 974	0	1	1	0	0	0
VOLVO	W4R - 785	1	0	1	0	0	0
VOLVO	ALA - 75	0	1	1	0	0	0
HINO	D9A - 802	1	0	1	0	0	0
SCANIA	C2X - 980	1	0	1	0	0	0
VOLVO	V5L - 744	1	0	1	0	0	0
FREIGHTLINER	ATV - 740	0	1	0	1	0	0
ISUZU	B3X - 932	1	0	1	0	0	0
VOLVO	APQ - 736	1	0	1	0	0	0

VOLVO	R2V - 755	1	0	1	0	0	0
VOLVO	A5K - 864	1	0	1	0	0	0
VOLVO	AMU - 820	1	0	1	0	0	0
VOLVO	ARN - 722	1	0	1	0	0	0
DAF	A1F - 947	1	0	1	0	0	0
VOLVO	A1F - 934	1	0	1	0	0	0
VOLVO	V0X - 981	0	1	1	0	0	0
VOLVO	V0X - 973	0	1	1	0	0	0
VOLVO	V7E - 913	1	0	1	0	0	0
IVECO	AKI - 861	1	0	1	0	0	0
VOLVO	A4W - 831	1	0	1	0	0	0
MACK	AVJ - 856	0	1	0	1	0	0
FREIGHTLINER	AEK - 791	0	1	1	0	0	0
VOLVO	D1X - 909	1	0	1	0	0	0
MACK	ASR - 935	0	1	0	1	0	0
MACK	ASS - 708	0	1	0	1	0	0

VOLVO	F4V - 805	1	0	1	0	0	0
FREIGHTLINER	V0K - 904	0	1	1	0	0	0
VOLVO	A1K - 870	1	0	1	0	0	0
INTERNATIONAL	V3U - 826	0	1	0	1	0	0
VOLVO	VDE - 706	1	0	1	0	0	0
FREIGHTLINER	FDV - 707	0	1	0	1	0	0
VOLVO	V8B - 729	1	0	1	0	0	0
SCANIA	C3E - 850	1	0	1	0	0	0
MACK	T4U - 943	0	1	0	1	0	0
VOLVO	ANT - 723	1	0	1	0	0	0
VOLVO	C9D - 705	1	0	1	0	0	0
INTERNATIONAL	F8Q - 709	0	1	0	1	0	0
VOLVO	AUM - 850	1	0	1	0	0	0
VOLVO	D7L - 842	1	0	1	0	0	0
ISUZU	W4Q - 719	1	0	1	0	0	0
FREIGHTLINER	F5H - 846	0	1	1	0	0	0

VOLVO	HHY - 652	0	1	1	0	0	0
FREIGHTLINER	I4H - 492	1	0	0	1	0	0
FREIGHTLINER	BBD - 783	0	1	1	0	0	0
ISUZU	HSI - 203	1	0	1	0	0	0
HINO	F1F - 743	1	0	1	0	0	0
VOLVO	K3M - 908	1	0	1	0	0	0
VOLVO	A00 - 395	1	0	1	0	0	0
VOLVO	G9P - 390	1	0	1	0	0	0
MACK	D4A - 845	0	1	0	1	0	0
SCANIA	D9M - 418	1	0	1	0	0	0
INTERNATIONAL	A4D - 479	0	1	0	1	0	0
HINO	H1I - 950	1	0	1	0	0	0
ISUZU	P3L - 758	1	0	1	0	0	0
IVECO	AYV - 673	0	1	1	0	0	0
SCANIA	J2M - 849	1	0	1	0	0	0

Fuente: Recolección de datos propia en el kilómetro 120 de la Carretera

Central – Ticlio

\* COE: Cabina sobre el motor (Cab-Over Engine)

\*\* CONV: Cabina convencional (Nariz alargada)

## 2. FICHA TÉCNICA VOLVO FH 6X2R EVOLUTION WIN 420



**VOLVO FH 6X2R  
EVOLUTION WIN  
420 CV**



Volvo Trucks. Acelerando el futuro.

✓ CABINA TECHO NORMAL	✓ EBS + ESP + CONTROL DE TRACCIÓN	✓ ACC (CONTROL CRUCERO ADAPTATIVO)	✓ AIRBAG	✓ LLANTAS DE ALUMINIO
-----------------------	-----------------------------------	------------------------------------	----------	-----------------------

### DATOS TÉCNICOS

#### MOTOR

Modelo VOLVO D13C Euro 5 SCR  
Características: 12,8 ltr, 6 cilindros en línea y 4 válvulas por cilindro. Unidades individuales de inyector bomba. Sistema de inyección con gobernamiento electrónico.  
Potencia: 420 CV (3100 - 1900 rpm)  
Torque: 2.700 Nm (1000 - 1400 rpm)

#### CAJA DE VELOCIDADES

Modelo Volvo AT2612F  
Tipo: Automatizada sin sincronización.  
Sistema: I-Shift  
Marchas: 12 velocidades adelante + 4 atrás  
Opcional: I-See (reconocimiento de ruta)

#### SUSPENSIÓN DELANTERA

Tipo: Ballestas parabólicas de 3 hojas con amortiguadores y barra estabilizadora.  
Capacidad: 7.500 Kg

#### SUSPENSIÓN TRASERA

Tipo: Suspensión neumática de 8 folios con amortiguadores y barra estabilizadora.  
Capacidad: 20.500 Kg

#### FRENOS

Tipo: Frenos a disco con control electrónico. EBS/ABS, control de tracción y control de estabilidad ESP.  
Freno auxiliar: Freno de motor VEB a través de las válvulas de 420 CV.  
Opcional: Retarder

#### DIFERENCIAL

Modelo: 12551360  
Ratio: Ratio de reducción 2,65:1 y opc.  
Capacidad de arrastre: 65 Tn  
Bloqueo de diferencial de serie

#### TANQUES DE COMBUSTIBLE

Combustible: Aluminio D-Shape de 735 litros\*  
Aditivo SCR: Capacidad de 64 litros  
\*Distintas opciones de capacidades.

#### CHASIS

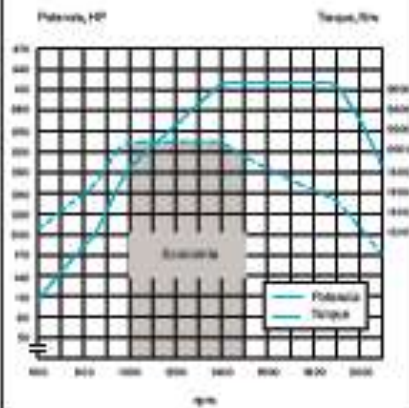
Materia: Acero especial LNE/80  
Altura: 300 mm

#### NEUMÁTICOS Y LLANTAS

Neumáticos: 295/80R22,5  
Llantas: Aluminio 9F  
Opcional: Llantas de acero

### D13C420 Potencia/Torque

Potencia según ISO 1585, DL 684/80/EEC, ACE Reg 95



### PESOS Y CAPACIDADES (Kg)

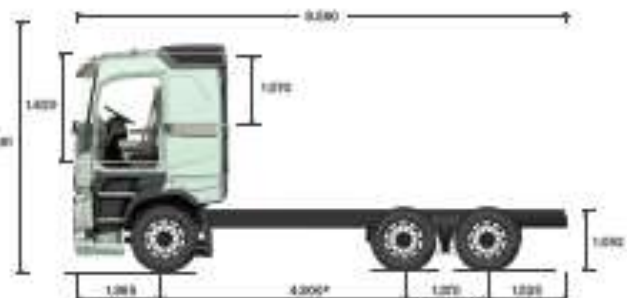
	Eje delantero	Eje trasero	Total
Capacidad de bomba	7.500	20.500	28.000
Límite legal	6.000	18.000	24.000
Peso del chasis*	3.315	3.130	6.377
Capacidad máxima de tracción			65.000

\*Peso estimado con 100 ltr de combustible, sin chasis y con radio de equilibrio. Llantas de aluminio, frenos a disco y cabina techo normal. Conl. Euro 5B.

### MEDIDAS

Cabina Techo Normal, Suspensión neumática de 4 puntos.

CABINA TECHO NORMAL



\*Cantec: 4.800 / 4.800 / 5.290 / 5.690 / 6.000 mm



#### Una posición confortable

Todo conductor reconoce la diferencia de un asiento cómodo. En el Volvo FH se puede ajustar 20cm para el frente y para atrás, además de 10cm verticalmente.

#### Visibilidad

Cabina con gran línea visual y excelente visibilidad.

#### Tablero

El sistema IntelliDrive agrupa la información y los contenidos adecuados en el lugar correcto, para que el conductor mantenga los ojos donde realmente importa: en el camino.

#### Todo al alcance de las manos

Botones de control de velocidad, cruise, radio e informaciones del tablero le permiten mantener las manos en el volante.

#### Una buena noche de sueño

Nuevos colchones más confortables. Comando en frena para luces, alarma, audio y cierre de puertas. Compartimento bajo frena más amplio.

## PUESTO DE CONDUCCIÓN

Asiento de lujo con suspensión neumática. Asiento pasajero fijo. Volante de cuero multifunción con mandos para audio y computadores de abordo. Columna de dirección ajustable en altura, profundidad y ángulo. Radio, MP3 y Bluetooth. Tablero color y display secundario versión High de 7" color touch con navegación GPS y aplicaciones. Espejo con gran ángulo de amba laterales con control eléctrico y calefacción. Espejo lateral ecollar (pujetero).

## DESCANSO Y CONFORT

Panel de control multifunción de lujo en liters. Contraseñas en ventanas y parabrisas. Parasoles tipo persianas. Volteo hidráulico de cabina. Cierre de puertas a distancia. Iluminación interior día y noche con dimmer.

## CLIMATIZACIÓN

Aire acondicionado manual. Techo solar con accionamiento eléctrico. Climatizador de techo.

## SEGURIDAD

Cabina de última generación construida bajo el concepto de módulo de supervivencia. Sistema anti-empotramiento frontal FUR. Columnas de seguridad roble. Control de velocidad cruzado. Luces traseras de LED con aviso de frenada de emergencia y alarma de marcha atrás. Luces diurnas de LED. Limpia faros delanteros. Frenos a disco con ABS/EBD, ESP y control de tracción.

#### Paquete de Seguridad S2:

- Airbag para conductor
- ACC (Control Cruzado Adaptativo)

## EQUIPAMIENTO Y SERVICIOS OPCIONALES

### PAQUETES / OPCIONALES

#### PAQUETE SEGURIDAD S2

- Airbag para conductor
- ACC + Frenado de Emergencia
- Sensor de Punto Ciego
- Alarma de cansancio
- Monitorio de líneas de rodaje
- Faros auxiliares de esquive

#### OPCIONALES

- Dirección Dinámica
- Calefactor de estacionamiento
- Tomas de fuerza
- Heladera
- Deflector de techo
- ADR

### SISTEMA DE GESTIÓN DE FLOTAS



#### DYNAFLEET

Seguimiento y optimización del desempeño del camión en forma remota.

### CONTRATOS DE MANTENIMIENTO



#### PROGRAMA AZUL

Mantenimiento preventivo básico: 12 meses.



#### PROGRAMA AZUL PLUS

Mantenimiento preventivo completo: 12 meses.



#### PROGRAMA ORO

Mantenimiento preventivo y reparación: 36 meses.

Todos los contratos de mantenimiento tienen sus respectivos costos. Los contratos pueden ser modificados sin previo aviso por Volvo Trucks y Bares Argentina S.A. Volvo Trucks & Bares Argentina S.A. no garantiza el alcance de los servicios incluidos en cada contrato, así como, el alcance y plazo de vigencia de los mismos. Volvo Trucks & Bares Argentina S.A. presta en cualquier momento y en precio actual, los contratos de mantenimiento y servicios. La prestación de ciertos servicios depende de la disponibilidad de la red de telecomunicaciones de terceros. El cual no es responsabilidad de Volvo Trucks & Bares Argentina S.A. Algunos equipamientos son opcionales.

### 3. VISTA AMPLIADA DE LA FICHA TÉCNICA VOLVO FH 6X2R EVOLUTION WIN 420

#### DATOS TÉCNICOS

##### MOTOR

**Modelo:** VOLVO D13C Euro 5 SCR  
**Características:** 12,8 lts, 6 cilindros en línea y 4 válvulas por cilindro. Unidades individuales de inyector bomba. Sistema de inyección con gerenciamiento electrónico.  
**Potencia:** 420 CV (1400 - 1900 rpm)  
**Torque:** 2.100 Nm (1000 - 1400 rpm)

##### CAJA DE VELOCIDADES

**Modelo:** Volvo AT2612F  
**Tipo:** Automatizada sin sincronizados.  
**Sistema:** I-Shift  
**Marchas:** 12 velocidades adelante + 4 atrás  
**Opcional:** I-See (reconocimiento de ruta)

##### SUSPENSIÓN DELANTERA

**Tipo:** Ballestas parabólicas de 3 hojas con amortiguadores y barra estabilizadora.  
**Capacidad:** 7.500 Kg

##### SUSPENSIÓN TRASERA

**Tipo:** Suspensión neumática de 8 fuelles con amortiguadores y barra estabilizadora.  
**Capacidad:** 20.500 Kg

##### FRENOS

**Tipo:** Frenos a disco con control electrónico. EBS/ABS, control de tracción y control de estabilidad ESP.  
**Freno auxiliar:** Freno de motor VEB a través de las válvulas de 410 CV.  
**Opcional:** Retarder

##### DIFERENCIAL

**Modelo:** RSS1360  
**Relación de reducción:** 2,85:1 y opc.  
**Capacidad de arrastre:** 65 Tn  
 Bloqueo de diferencial de serie

##### TANQUES DE COMBUSTIBLE

**Combustible:** Aluminio D-Shape de 735 litros\*  
**Aditivo SCR:** Capacidad de 64 litros  
 \*Distintas opciones de capacidades.

##### CHASIS

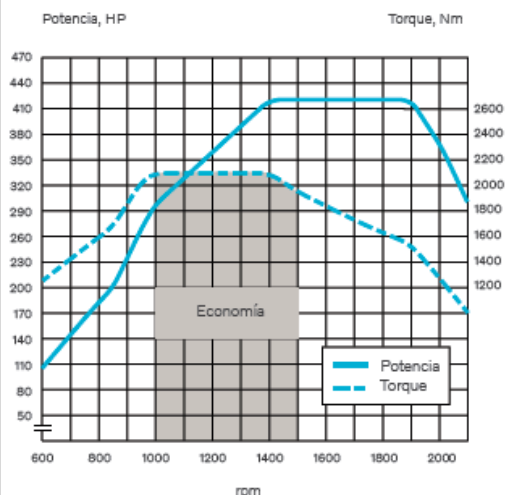
**Material:** Acero especial LNE60  
**Altura:** 300 mm

##### NEUMÁTICOS Y LLANTAS

**Neumáticos:** 295/80R22,5  
**Llantas:** Aluminio 9"  
**Opcional:** Llantas de acero

#### D13C420 Potencia/Torque

Potencia según ISO 1585, Dir. 89/491/EEC, ECE Reg 85



#### PESOS Y CAPACIDADES (Kg)

	Eje delantero	Eje trasero	Total
<b>Capacidad técnica</b>	7.500	20.500	28.000
<b>Límite legal</b>	6.000	18.000	24.000
<b>Peso del chasis*</b>	5.185	3.132	8.317

**Capacidad máxima de tracción** 65.000  
 \*Pesos estimados con 100 lts de combustible, sin chofer y con rueda de auxilio. Llantas de aluminio, frenos a disco y cabina techo normal. Conf. Evo Win.

Figura 9. 1 Datos técnicos Volvo FH420  
FUENTE: Ficha Técnica Volvo FH 6x2R 420 CV

<b>D13C</b>	
Nº de cilindros	6
Cilindrada	12,8 dm <sup>3</sup>
Desplazamiento	158 mm
Diámetro	131 mm
Relación de compresión	17,8:1
Gama económica de revoluciones	1.000-1.500 rpm
Potencia de frenado del regulador de gases de escape (2.300 rpm)	185 kW
Potencia del freno motor VEB (2.300 rpm)	300 kW
VEB opcional en el D13C420	
Potencia del freno motor VEB + (2.300 rpm)	375 kW
VEB* opcional en todos los motores D13C	
Filtros de aceite 2 de flujo completo, 1 de derivación	
Volumen de cambio de aceite, incluido el filtro	33 l
Sistema de refrigeración, volumen total	38 l
Intervalo para el cambio de aceite: hasta 100.000 km o una vez al año con VDS4.	

Figura 9. 2 Datos técnicos Motor D13C  
Fuente: Especificación a medida de su Volvo FH

#### 4. KILÓMETRO 120 DE LA CARRETERA CENTRAL – TICLIO



Figura 9. 3 Kilómetro 120 de la Carretera Central – Ticlio  
FUENTE: Toma capturada en la visita a Ticlio

#### 5. CAMIONES CON FÓRMULA RODANTE 6X2 SIN DEFLECTORES



Figura 9. 4 Camión cisterna sin deflectores  
FUENTE: Toma capturada en la visita a Ticlio



Figura 9. 5 Camión 6x2 sin deflectores  
FUENTE: Toma capturada en la visita a Ticlio



Figura 9. 6 Camión volquete 6x2 sin deflectores  
FUENTE: Toma capturada en la visita a Ticlio



Figura 9. 7 Camión de carga 6x2 sin deflectores  
FUENTE: Toma capturada en la visita a Ticlio