



ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO
FACULTAD DE MECÁNICA
CARRERA INGENIERÍA AUTOMOTRIZ

DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UN DEFLECTOR
ROMPEVIENTOS PARA IMPLEMETAR EN UN CAMION
MERCEDES-BENZ MODELO ATEGO 1725 PARA EL ANALISIS
DE CONSUMO DE COMBUSTIBLE

Trabajo de Titulación

Tipo: Proyecto Técnico

Presentado para optar al grado académico de:

INGENIERO AUTOMOTRIZ

AUTOR:

PABLO ANDRÉS MARCILLO MOYA

Riobamba - Ecuador

2021



ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO

FACULTAD DE MECÁNICA

CARRERA INGENIERÍA AUTOMOTRIZ

**DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UN DEFLECTOR
ROMPEVIENTOS PARA IMPLEMETAR EN UN CAMION
MERCEDES-BENZ MODELO ATEGO 1725 PARA EL ANALISIS
DE CONSUMO DE COMBUSTIBLE**

Trabajo de Titulación

Tipo: Proyecto Técnico

Presentado para optar al grado académico de:

INGENIERO AUTOMOTRIZ

AUTOR: PABLO ANDRÉS MARCILLO MOYA

DIRECTOR: Ing. VÍCTOR DAVID BRAVO MOROCHO MSc.

Riobamba – Ecuador

2021

©2021, Pablo Andrés Marcillo Moya

Se autoriza la reproducción total o parcial, con fines académicos, por cualquier medio o procedimiento, incluyendo la cita bibliográfica del documento, siempre y cuando se reconozca el Derecho de Autor.

Yo, Pablo Andrés Marcillo Moya, declaro que el presente trabajo de titulación es de mi autoría y los resultados del mismo son auténticos. Los textos en el documento que provienen de otras fuentes están debidamente citados y referenciados.

Como autor asumo la responsabilidad legal y académica de los contenidos de este trabajo de titulación; El patrimonio intelectual pertenece a la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo.


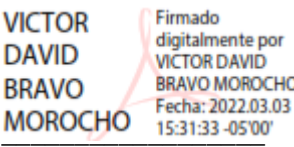

Riobamba, 09 de Septiembre de 2021.

Pablo Andrés Marcillo Moya

172616706-5

ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO
FACULTAD DE MECÁNICA
CARRERA INGENIERÍA AUTOMOTRIZ

El Tribunal del trabajo de titulación certifica que: El trabajo de titulación: Tipo: Proyecto Técnico, **DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UN DEFLECTOR ROMPEVIENTOS PARA IMPLEMETAR EN UN CAMION MERCEDES-BENZ MODELO ATEGO 1725 PARA EL ANALISIS DE CONSUMO DE COMBUSTIBLE** , realizado por el señor : **PABLO ANDRÉS MARCILLO MOYA**, ha sido minuciosamente revisado por los Miembros del Tribunal del trabajo de titulación, El mismo que cumple con los requisitos científicos, técnicos, legales, en tal virtud el Tribunal Autoriza su presentación.

	FIRMA	FECHA
Ing. José Francisco Pérez Fiallos PRESIDENTE DEL TRIBUNAL	 Firmado digitalmente por JOSÉ FRANCISCO PÉREZ FIALLOS Fecha: 2022.03.03 19:03:15 -05'00'	2021-09-09
Ing. Víctor David Bravo Morocho DIRECTOR DEL TRABAJO DE TITULACIÓN	 Firmado digitalmente por VICTOR DAVID BRAVO MOROCHO Fecha: 2022.03.03 15:31:33 -05'00'	2021-09-09
Ing. Edwin Rodolfo Pozo Safla MIEMBRO DE TRIBUNAL	 Firmado digitalmente por EDWIN RODOLFO POZO	2021-09-09

DEDICATORIA

Dedico con todo mi cariño esta tesis a mi padre Jorge que ha sido mi primer profesor tanto en la vida como en el mundo de la mecánica, a mi madre Cecilia que siempre ha estado apoyando en toda mi carrera y con sus consejos me ayudo cumplir con esta meta.

Quiero dedicar también esta tesis a todos mis amigos, por el apoyo que me han brindado, por extender su mano en momentos difíciles por el cariño y brindado cada día, de verdad mil gracias, siempre los llevo en mi corazón.

Por todo esto les ofrendo este trabajo en gratitud a su amor, apoyo y paciencia.

Andrés

AGRADECIMIENTO

Quiero expresar mi gratitud a Dios, que con su bendición llena mi vida y la de mi familia en especial a mi padre Jorge y a mi madre Cecilia que nunca dejaron de apoyarme en toda mi carrera en los momentos buenos y malos

Mi profundo agradecimiento a los docentes que forma parte de Facultad de Ingeniería Automotriz que con sus conocimientos supieron formarnos a lo largo de toda esta carrera universitaria, en especial a mi director el Ing. David Bravo por su paciencia y ayuda en el desarrollo de la presente tesis.

Andrés

TABLA DE CONTENIDO

ÍNDICE DE TABLAS.....	viii
ÍNDICE DE FIGURAS.....	ix
ÍNDICE DE GRÁFICOS.....	x
ÍNDICE DE ANEXOS.....	xi
RESUMEN.....	xii
SUMMARY.....	xiii
INTRODUCCIÓN.....	1

CAPÍTULO I

1. DIAGNOSTICO DEL PROBLEMA.....	2
1.1. Objetivo General.....	3
1.2. Objetivos Específicos.....	3

CAPÍTULO II

2. FUNDAMENTOS TEÓRICOS.....	4
2.1. Consumo de combustible en el ecuador.....	4
2.2. Fuerzas actuantes sobre el vehículo.....	6
2.2.1. Resistencia a la rodadura.....	6
2.2.2. Resistencia Aerodinámica.....	9
2.2.3. Resistencia a la pendiente.....	10
2.3. Resistencia al avance de vehículos industriales, autobuses y autocares.....	11
2.4. Forma de la Cabina.....	12
2.5. Influencia de los tipos cabina y deflectores en el coeficiente C_x	13
2.6. Curvas de desempeño del motor.....	13

CAPÍTULO III

3. MARCO METODOLÓGICO.....	15
3.1. Planificación de la construcción.....	15
3.1.1. Materiales Utilizados.....	15
3.1.2. Herramientas y maquinas.....	16
3.1.3. Tareas realizadas por cada componente.....	16

3.1.4.	<i>Pasos seguidos para la construcción</i>	16
3.1.5.	<i>Evaluación, pruebas, rediseño</i>	20
3.1.5.1	<i>Simulación del deflector a presión hidrostática en ANSYS</i>	20
3.1.5.2.	<i>Esfuerzo principal máximo generada por la presión hidrostática del viento.</i>	22
3.1.5.3.	<i>Simulación dinámica de flujo aire en el deflector con el programa Solidworks</i>	23
3.1.5.4.	<i>Simulación dinámica de flujo aire sobre el camión</i>	24
3.2.	Evaluación consumo de combustible con y sin deflector en camión tipo furgón ..	26
3.2.1.	<i>Norma aplicada</i>	26
3.2.2.	<i>Ruta de pruebas</i>	26
3.2.3.	<i>Vehículo de pruebas</i>	27
3.2.4.	<i>Protocolo de pruebas</i>	29

CAPÍTULO IV

4.	RESULTADOS Y DISCUSIÓN	31
4.1.	Resultado de las pruebas de simulación	31
4.2.	Resultados de las pruebas de ruta	31
4.3.	Validación de resultados	32
4.4.	Análisis de resultados	34
4.5.	Análisis Costo-Beneficio	35
	CONCLUSIONES	37
	RECOMENDACIONES	38

GLOSARIO

BIBLIOGRAFÍA

ANEXOS

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1-3: Datos climatológicos de la ruta de pruebas.	20
Tabla 2-3: Cálculo de densidad del aire de la ruta de pruebas.	21
Tabla 3-3: Especificaciones técnicas vehículo Mercedes-Benz/Atego 1725.	28
Tabla 1-4: Registro de datos de la ruta de pruebas.	31
Tabla 2-4: Factor k para el cálculo de repetibilidad.	33
Tabla 3-4: Valor de repetibilidad de las pruebas de ruta.	33
Tabla 4-4: Comparación de consumo de combustible.	34
Tabla 5-4: Calendario de cambios de aceite del vehículo de pruebas.	36
Tabla 6-4: Consumo de combustible del vehículo de pruebas.	36

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1-2: Fuerza de resistencia de rodadura de un neumático	6
Figura 2-2: Influencia de la presión de inflado en el desgates del neumático	8
Figura 3-2: Eficiencia energética de los neumáticos Kg/Tonelada.....	8
Figura 4-2: Descomposición de las fuerzas aerodinámicas.	9
Figura 5-2: Flujo de aire atravesando un vehículo.	9
Figura 6-2: Representación del 6% de pendiente.	11
Figura 7-2: Variación del valor Cx influenciad por la distancia S y un ángulo de incidencia. ..	12
Figura 8-2: Influencia en la forma de la cabina para calcular el valor Cx	12
Figura 9-2: Influencia de dispositivos acoplables a la cabina y cara frontal de la caja.	13
Figura 10-2: Curvas de desempeño de un motor OM 906LA	14
Figura 1-3: Diseño del deflector con el programa Solidworks	16
Figura 2-3: Simulación de presión hidrostática en el programa ANSYS	17
Figura 3-3: Limpieza de la matriz para iniciar la construcción del deflector.....	17
Figura 4-3: Aplicación del hierro blanco sobre la matriz.	18
Figura 5-3: Aplicación de la fibra de vidrio sobre la matriz.....	18
Figura 6-3: Desmoldado del deflector.....	19
Figura 7-3: Lijado de imperfecciones superficiales del deflector.....	19
Figura 8-3: Tratamiento superficial del deflector.....	20
Figura 9-3: Áreas de máxima y mínima presión que soporta el deflector.	22
Figura 10-3: Deformaciones máximas y mínimas que se producen en el deflector.....	23
Figura 11-3: Áreas de presión generadas por el viento	23
Figura 12-3: Simulación del comportamiento del flujo de aire sobre el deflector.	24
Figura 13-3: Comportamiento del flujo de aire sobre el camión sin deflector.....	25
Figura 14-3: Comportamiento del flujo de aire sobre el camión con deflector.....	25
Figura 15-3: Ruta de pruebas de consumo de combustible.	26
Figura 16-3: Perfil de elevación de la ruta de pruebas.	27
Figura 17-3: Vehículo de pruebas sin deflector.	27
Figura 18-3: Vehículo de pruebas con deflector	28
Figura 19-3: Datos del medidos digital del vehículo de pruebas.....	30

ÍNDICE DE GRÁFICOS

Gráfico 1-2: Sectores de consumo de alta demanda del país	4
Gráfico 2-2: Porcentaje de uso de combustibles más utilizados en el país.	5
Gráfico 3-2: Porcentaje de consumo de diesel del año 2018.	5
Gráfico 1-4: Histograma comparativo de repetibilidad de mediciones de la ruta de pruebas. ...	34
Gráfico 2-4: Histograma comparativo de consumo de combustible con y sin deflector.	35
Gráfico 3-4: Costo de combustible para recorrer 41252.28 Km.	36

ÍNDICE DE ANEXOS

ANEXO A: IMÁGENES DEL DISEÑO Y PRUEBAS DEL DEFLECTOR.

ANEXO B: FOTOGRAFÍAS DEL PROCESO DE CONSTRUCCIÓN DEL DEFLECTOR.

ANEXO C: FOTOGRAFÍAS DE LA RECOLECCIÓN DE DATOS SOBRE EL CONSUMO DE COMBUSTIBLE.

ANEXO D: FORMULARIO DE REGISTRO DE LA F1

RESUMEN

El objeto de este proyecto técnico fue optimizar el consumo de combustible de un camión tipo furgón de marca Mercedes-Benz modelo Atego 1725-54, direccionando el aire que impacta en el vehículo, el método utilizado fue la implementación de un deflector rompevientos en la parte superior de la cabina. El primer paso para la fabricación del deflector fue el diseño del deflector en el programa Solidworks, lo siguiente fue realizar la simulación con la herramienta Fluid del programa Solidworks donde se simularon los factores externos del entorno donde va a trabajar el deflector como: temperatura, velocidad del viento, presión atmosférica y finalizando se analizaron las características del material empleado el cual fue la Fibra de VidrioE. Para determinar si la implementación del deflector tuvo o no efecto sobre el consumo de combustible en el camión se realizaron pruebas de ruta con el deflector y sin él, la ruta escogida fue la avenida panamericana sur, el punto de partida fue en la estación de gasolina Amazonas en la ciudad de Machachi y como punto de llegada la estación de servicio La flores en la ciudad de Ambato. En las simulaciones se observó la presencia de vórtices y una presión de aire menor en el deflector que la que soporta. En las pruebas de ruta se redujo un 12% el consumo de combustible que representa un galón en 100Km con el deflector instalado. Con estas pruebas se concluyó que el deflector soportaría el esfuerzo de la presión generada por el aire, el consumo de combustible está relacionado con la presencia de vórtices. Se recomienda en futuros estudios, analizar otras fibras para su construcción, implementar deflectores en las partes laterales de la cabina, en la ruta existen varias opciones debido a la ubicación geográfica del país se tienen distintos tipos de clima.

Palabras claves: <CONSUMO DE COMBUSTIBLE><DEFLECTOR DE AIRE> <EFECTO DE ARRASTRE><MEDIDOR DIGITAL DE COMBUSTIBLE><PRESION DE AIRE>.



HOLGER GERMAN
RAMOS UVIDIA

0190-DBRA-UPT-2022

2022-02-02

SUMMARY

The purpose of this technical project was to optimize the fuel consumption of a Mercedes-Benz van-type truck, model Atego 1725-54, by directing the air impacting the vehicle. The method used was the implementation of a wind deflector on the upper part of the cabin. The first step for the deflector manufacturing was its design in the Solidworks program. The next step was to perform the simulation with the Fluid tool of the Solidworks program. Where external factors of the environment where the deflector will work, such as temperature, wind speed, atmospheric pressure, etc., were simulated. Finally, the characteristics of the material used were analyzed, which was Fiberglass E-Glass. To determine whether or not the implementation of the deflector affected fuel consumption in the truck, road tests were conducted with and without the deflector. The route chosen was the Panamerica Sur avenue, the starting point was the Amazonas gas station in Machachi city, and the arrival point was Las Flores gas station in Ambato city. The simulations showed the presence of vortices and lower air pressure in the deflector than it supports. In road tests, fuel consumption was reduced by 12%, which represents one gallon per 100 km with the deflector installed. It concluded that the deflector will support the effort of the pressure produced by the air, fuel consumption is related to the presence of vortices. It is recommended in forwarding studies, to analyze other fibers for its construction, to implement deflectors in the lateral parts of the cabin, in the routes. There are several options due to the geographical location of the country that has different types of climate.

Keywords: <FUEL CONSUMPTION> <AIR DEFLECTOR> <DRAG EFFECT> <DIGITAL FUEL GAUGE> <AIR PRESSURE>.



Firmado electrónicamente por:
**PATRICIA PILAR
MOYOTA AMAGUAYA**

INTRODUCCIÓN

El presente proyecto técnico se refiere al tema de diseño construcción e implementación de componentes aerodinámicos en un vehículo de transporte pesado con la finalidad de reducir el consumo de combustible, estos componentes toman el nombre de deflectores que tiene la misión de canalizar de una mejor manera el aire reduciendo el efecto de arrastre que se opone al movimiento del vehículo.

La característica principal del efecto de arrastre es que aumenta a medida que aumenta la velocidad del vehículo, por lo que el motor de nuestro vehículo demandara una cantidad mayor de combustible para vencer el efecto de arrastre.

Según el ultima balance energético del país realizado en el año 2018 el sector de transporte es el que más consume combustible con 45.712kBEP (mil barriles de petróleo) que representa el 48.8% del consumo total (Instituto de Investigacion Geologico y Energetico , 2020).

Para el análisis de este problema es necesario mencionar la causa principal, que es la restricción del flujo de aire cuando el vehículo está en movimiento, esta restricción es mayor en vehículos comerciales de carga.

El estudio de este problema se realizó con el interés de conocer la influencia que tiene implementar un deflector en el área superior de la cabina del camión y determinar si existe o no una reducción en el consumo de combustible.

Aplicar los conocimientos en el área de diseño y simulación fueron los intereses académicos que se quería alcanzar.

Los intereses en el área profesional es brindar al público la información correcta sobre la aplicación de estos componentes aerodinámicos y que conozcan cuáles son sus beneficios y no colocarlos solo con la finalidad de decorar el vehículo.

Para el diseño se utilizó el programa Solidworks, y para comprobar si nuestro diseño logra resistir los factores externos a los que será sometido se utilizó la aplicación fluent del programa Solidworks y el programa Ansys.

El procedimiento en esta investigación fue analizar el consumo de combustible de acuerdo con los datos recolectados en las bombas de servicio antes y después de implementar el deflector.

Mediante todo este proceso se puede determinar que existe una reducción en el consumo de combustible y a la emisión de gases contaminantes.

CAPÍTULO I

1. DIAGNOSTICO DEL PROBLEMA

Desde la creación de los vehículos y su evolución constante el hombre se ha enfocado en el estudio de la aerodinámica con la finalidad de que los vehículos sean más eficientes y menos contaminantes.

Uno de los factores que se relaciona directamente con la aerodinámica del vehículo y afecta su rendimiento es el aire ya que a altas velocidades es muy notorio, el aire está clasificado dentro del gran grupo de los fluidos por lo que al variar su temperatura varía su viscosidad la cual es fundamental en el análisis aerodinámico del vehículo y como es en este caso nuestra área de estudio los camiones.

La viscosidad es la resistencia a la deformación en un fluido y debido a la viscosidad del aire las partículas que están en contacto con un cuerpo tienen la misma velocidad y al alejarse forman el gradiente de velocidad, a medida que las partículas se alejan del cuerpo el gradiente de velocidad se reduce. El límite para que la partícula no se vea afectada con la presencia del cuerpo se denomina capa límite, esta capa límite puede tener un flujo laminar o turbulento dependiendo de la velocidad del aire.

La capa límite es laminar cuando el fluido es ordenado y su volumen es constante este efecto se consigue cuando la diferencia de velocidades de las subcapas es pequeña y será turbulento cuando el fluido es desordenado es decir toma direcciones diferentes. Para el estudio de la aerodinámica en vehículos siempre se trata de mantener un flujo laminar debido a que se evita el desprendimiento de la capa límite y se simplifica la resistencia aerodinámica. En el vehículo para que un flujo laminar cambie a flujo turbulento y se produzca el desprendimiento de la capa límite intervienen varios factores.

Uno de ellos es la variación brusca del perfil aerodinámico que es lo que más se encuentra en camiones, el ejemplo más claro es el espacio entre la cabina y el área de carga, en el Ecuador esta zona es ocupada por furgones, container y cajones de madera dependiendo del uso para el cual es requerido el vehículo, estos equipamientos en el vehículo producen un cambio muy brusco del perfil aerodinámico.

Otro factor es el ensanchamiento de la capa límite en todo el largo del vehículo por el aumento de presión, para corregir esta variación de presiones se generan flujos turbulentos.

En nuestra área de estudios existen grandes pérdidas por el gran cambio de perfil aerodinámico que se presenta en los camiones y por la gran área frontal que se enfrenta al avance del vehículo que repercuten en el consumo de combustible haciendo que aumente, en el presente proyecto se busca crear un dispositivo aerodinámico para canalizar el aire y que no choque abruptamente en

la áreas donde existe una abrupta variación del perfil aerodinámico, eliminando flujos de aire turbulentos y reduciendo el consumo de combustible y la contaminación. Siendo beneficioso para el medio ambiente y para el sector del transporte pesado del Ecuador (Alvaro, 2016).

1.1. Objetivo General

Diseñar y construir un deflector para implementar en la parte superior de la cabina de un camión de la marca Mercedes-Benz modelo Atego 1725-54 para reducir el consumo de combustible.

1.2. Objetivos Específicos

- Definir la influencia de los elementos aerodinámicos que tienen sobre el consumo de combustible en camiones tipo furgón.
- Diseñar y simular un deflector con la ayuda de programas de ingeniería para un camión tipo furgón.
- Construir e implementar un deflector de fibra de vidrio para un camión tipo furgón y determinar su incidencia en el consumo de combustible.
- Realizar un análisis costo beneficio anual con la implementación del deflector en el camión tipo furgón.

CAPÍTULO II

2. FUNDAMENTOS TEÓRICOS

2.1. Consumo de combustible en el Ecuador

Según el último balance energético nacional realizado en el periodo 2008 – 2018. El Ecuador muestra un incremento del 42.2% en la demanda de energía pasando de 66 millones de BEP a 94 millones de BEP, siendo el sector del transporte el que más demanda energía, consumiendo un valor promedio de 36 millones de BEP equivalente al 48.8% en comparación con los demás sectores como se indica el Figura 1-2 (Instituto de Investigación Geológica y Energética, 2020).

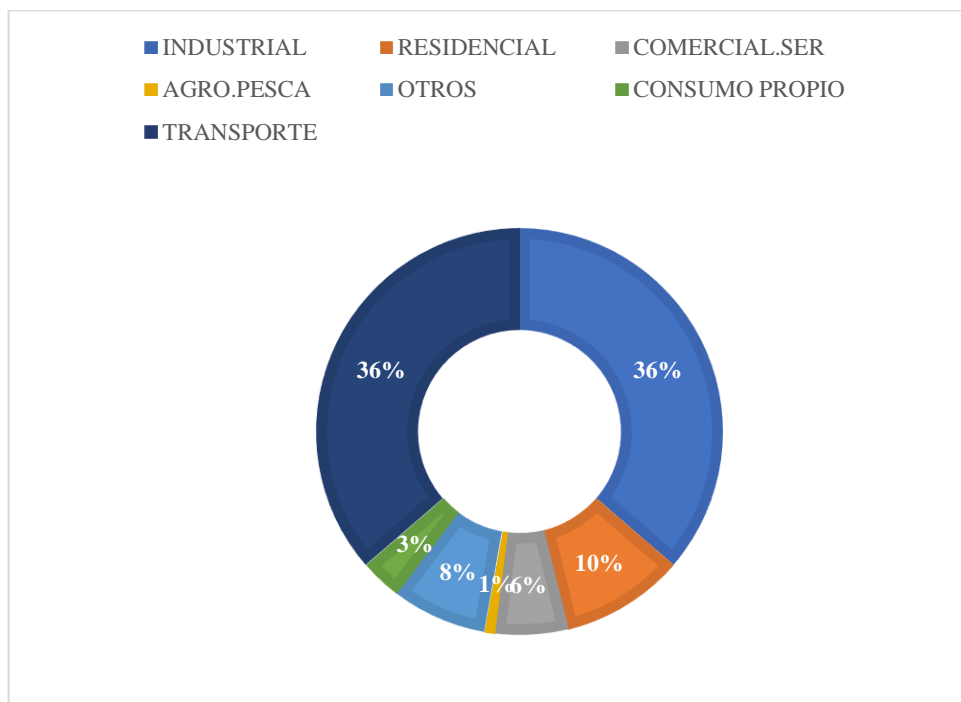


Gráfico 1-2: Sectores de consumo de alta demanda del país

Fuente: (Instituto de Investigación Geológica y Energética, 2020).

Durante el año 2018 las fuentes de mayor consumo de energía son el Diesel con un 32.8%, la Gasolina con 29.8%, la electricidad con 16.7% y el GLP con 9.5%, comparando con las demás fuentes de energía que se consumen como se aprecian en el Gráfico 2-2

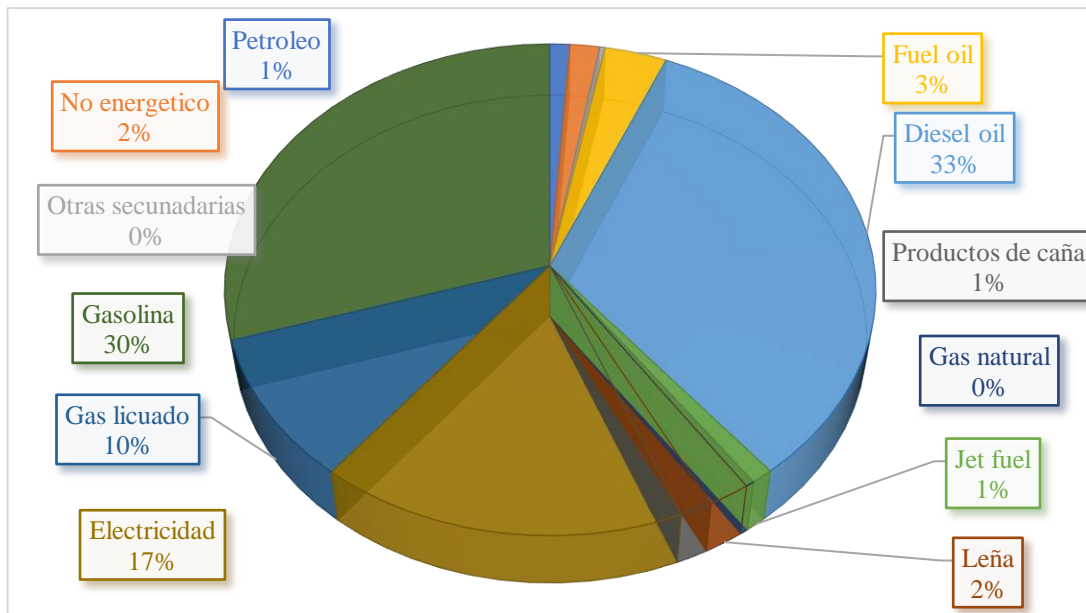


Gráfico 2-2: Porcentaje de uso de combustibles más utilizados en el país.

Fuente: (Instituto de Investigacion Geologico y Energetico , 2020).

Realizando un análisis más profundo de nuestro campo de estudio que es el transporte pesado en la Grafico 3-2 muestra el porcentaje de consumo de diésel en al año 2018 es de 80.5%.

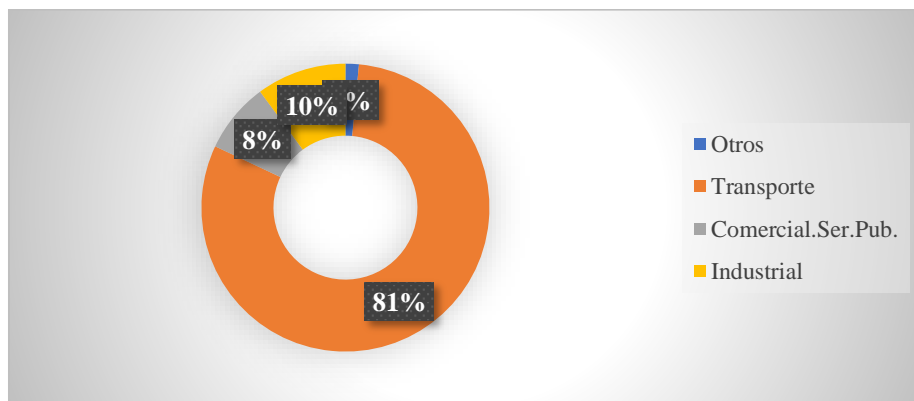


Gráfico 3-2: Porcentaje de consumo de diesel del año 2018.

Fuente: (Instituto de Investigacion Geologico y Energetico , 2020).

Como se observa en cada uno de los análisis el consumo de combustible por parte del trasporte pesado es el que más alto en relación a otros sectores y tipos transporte, por lo que es de gran importancia que los propietarios conozcan y no se enfoquen en solo consumir si no buscar una forma de reducir este consumo de combustible con lo que se beneficia tanto a su economía y al medio ambiente, ya que en la actualidad de nuestro país existe una amplia competencia en el transporte y se requiere reducir costos de operación.

2.2. Fuerzas actuantes sobre el vehículo

En la actualidad, debido al calentamiento global, la crisis mundial y la alta contaminación la principal misión de los fabricantes de vehículos es aprovechar mejor el carburante que consume el motor y obtener un transporte más eficiente para lo cual es necesario saber cómo se desplaza el vehículo. Existen varias fuerzas que influyen en el desplazamiento del vehículo las cuales son:

- Resistencia a la rodadura
- Resistencia aerodinámica
- Resistencia de pendiente

2.2.1. Resistencia a la rodadura

Esta resistencia se produce debido al propio movimiento del vehículo, Se opone a la fuerza de empuje generada por el motor y su valor depende de la masa del vehículo, de la geometría de la dirección, de las características del neumático como: tipo, perfil, presión de inflado, velocidad del desplazamiento, estado de la carretera y su superficie. Esta fuerza representa entre un 20% a 30% de la energía destinado a mover las ruedas.

La resistencia la rodadura es la segunda más importante que se opone al movimiento del vehículo, pero si el vehículo circulara a velocidades bajas esta fuerza tomaría mayor importancia en el Figura 1-2 se puede ver la representación de esta fuerza (Grupo EINA, 2017).

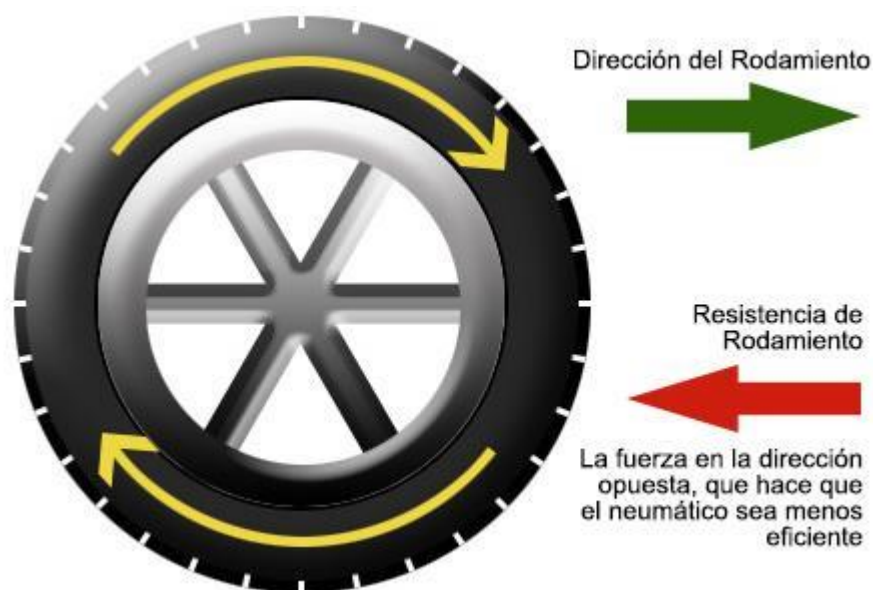


Figura 1-2: Fuerza de resistencia de rodadura de un neumático

Fuente: (Grupo EINA, 2017).

El par neto se opone al giro de la rueda ya que la energía que absorbe el neumático es mayor de la que se tiene disponible, debido a este comportamiento provoca un calentamiento de los materiales ocasionando una deformación permanente del neumático, este fenómeno se lo conoce como histéresis.

El calentamiento del neumático es causado por el rozamiento interno que sufre la cadena de polímero al retorcerse y rozarse entre ellas cuando se deforma el neumático.

Otro de los factores que provoca la absorción de energía por parte del neumático es las irregularidades que se encuentra en la vía como: baches, grietas, gravilla y ondulaciones.

Para simplificar los efectos producidos en un objeto al rodar y con el objetivo de facilitar su estudio, la relación entre la superficie frontal de la huella de contacto (d) y el radio de la rueda (r) se hacen depender de una sola variable denominada coeficiente de rodadura (Cr), ecuación (1.2).

$$Cr = \frac{d}{r} \quad \text{Ec. (1.2)}$$

El coeficiente de rodadura es una de los factores más influyentes a la hora de calcular la resistencia de rodadura, ecuación (2.2)

$$Fr = Cr \cdot P \quad \text{Ec. (2.2)}$$

Donde:

Fr= Fuerza de resistencia a la rodadura

P= Peso o carga que soporta la rueda

Existen otros factores que intervienen en el estudio del coeficiente de rodadura los cuales son:

- Rigidez de la rueda y superficie
- Radio de la rueda
- Carga a la que está sometida
- Acabado de la superficie de contacto
- Viscosidad entre las superficies de contacto
- Temperatura entre los cuerpos de contacto
- Presión de inflado

Existen otras curiosidades que se debe tomar en cuenta ya que también influyen en la resistencia a la rodadura del neumático como, por ejemplo:

- Los neumáticos nuevos tienen el coeficiente a la rodadura un poco más elevado, esto se debe a que al ir puliendo la superficie de contacto el material que está influyendo en la histéresis se va reduciendo y la energía que absorbe el neumático se va reduciendo, así como también la resistencia la rodadura por parte de los neumáticos viejos.
- La sobrepresión de inflado del neumático reduce la deformación de la superficie de contacto, por lo que también reduce el efecto de histéresis, hay que tener mucha precaución, ya que la huella de contacto del neumático se reduce dificultando la maniobrabilidad del vehículo, tanto

el exceso y la falta de presión de inflado del neumático ocasionan desgastes prematuros como se puede apreciar en el Figura 2-2.

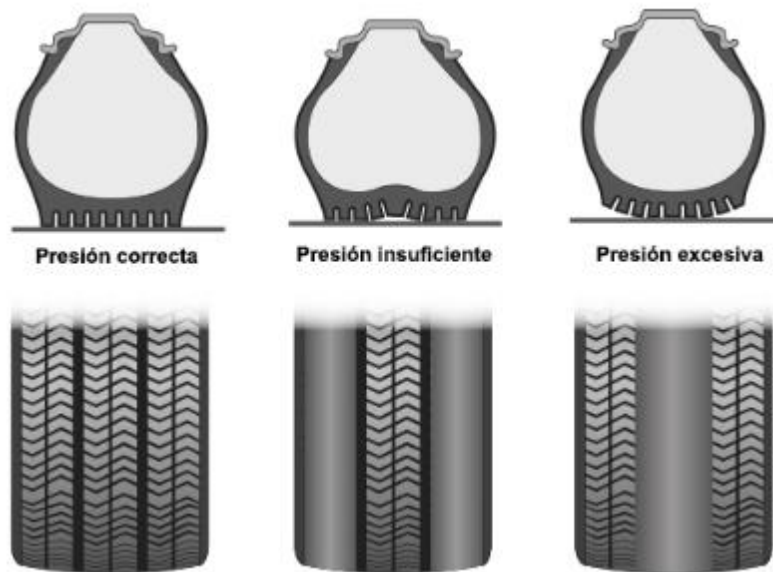


Figura 2-2: Influencia de la presión de inflado en el desgastes del neumático

Fuente: (Grupo EINA, 2017).

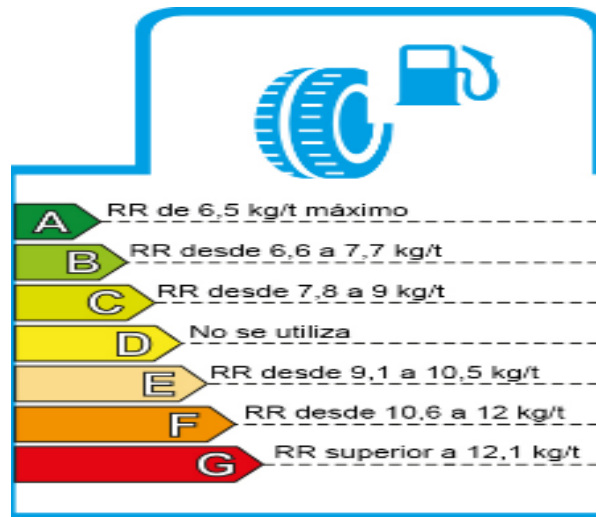


Figura 3-2: Eficiencia energética de los neumáticos Kg/Tonelada

Fuente: (Grupo EINA, 2017).

Para medir esta resistencia a la rodadura se realiza un test donde se monta el neumático sobre un rodillo. El test simula una conducción a 80 km/h con una carga equivalente al 80 % del índice de carga del neumático. Finalmente, la resistencia a la rodadura se mide en kilogramos por tonelada (kg/t). En el Figura 3-2, se puede visualizar las distintas eficiencias de los neumáticos que se obtienen en las pruebas del test de resistencia a la rodadura.

2.2.2. Resistencia Aerodinámica

La aerodinámica vehicular tiene por objeto el conjunto de acciones y efectos que ejerce el aire sobre el vehículo en movimiento, así como la forma de lograr que estos sean los más favorables posibles. En un vehículo, la fuerza aerodinámica es generada cuando una corriente de aire fluye sobre y por debajo de este. La Fuerza Aerodinámica es la resultante de dos fuerzas que desempeñan un papel importantísimo, estas son, la sustentación y la resistencia al avance. En la Figura 4-2, se visualiza la división de la fuerza aerodinámica (Fraija B., 2006).

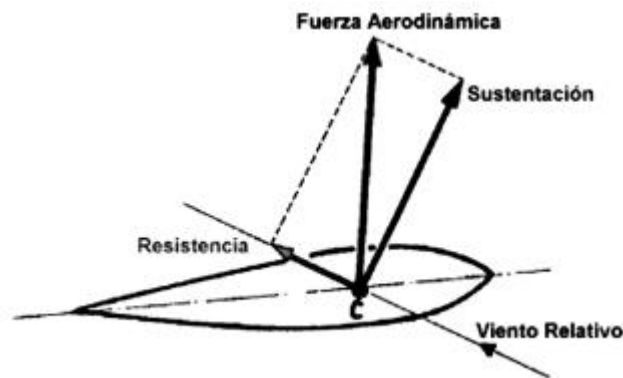


Figura 4-2: Descomposición de las fuerzas aerodinámicas.

Fuente: (Fraija B., 2006).

Dentro del estudio de la aerodinámica vehicular se tienen dos tipos de flujos los cuales tienen incidencia sobre el desempeño final del automóvil:

- **Flujo de aire exterior al vehículo:** Este flujo de aire actúa sobre la superficie exterior produciendo zonas de presión, depresión y rozamiento e influyendo no solo en el avance final del vehículo por la resistencia aerodinámica generada, sino también por los esfuerzos que se generan sobre las llantas y a elevadas velocidades sobre la estabilidad direccional del mismo. En el Figura 5-2, se observa cómo afecta el aire en el exterior del vehículo (Fraija B., 2006).



Figura 5-2: Flujo de aire atravesando un vehículo.

Fuente: (Rodríguez, 2014).

- **Flujo de aire interior al vehículo:** Este flujo es muy tomado en cuenta ya que es necesario para la refrigeración del motor y ventilación del habitáculo de pasajeros siendo primordial el primero debido a los grandes avances en la creación de motores mucho más compactos y las limitadas entradas de aire que poseen la carrocería de los vehículos modernos.

La fuerza de la resistencia del aire depende del tamaño y forma del vehículo, de la velocidad de marcha de la densidad del aire y de la dirección y fuerza del viento. El coeficiente de resistencia aerodinámica C_x mediante ensayos realizados en un túnel de viento (Frajia B., 2006).

La resistencia aerodinámica al avance, C_x , es la variable más importante en el estudio de la aerodinámica de los vehículos, ya que del diseño de los vehículos se pueden obtener algunos beneficios adicionales como lo son la reducción en consumo de combustible y confort, entre otros. Para calcular la fuerza de resistencia del aire se utiliza la siguiente ecuación (3.2)

$$F_A = \frac{1}{2} \cdot C_x \cdot A \cdot \rho \cdot V^2 \quad \text{Ec. (3.2)}$$

Donde: C_x : Coeficiente de resistencia aerodinamica.

A : Superficie frontal del vehículo.

ρ : Densidad del aire.

V = velocidad el vehículo.

De la expresión de la fuerza de resistencia del aire se puede deducir que esta va aumentar proporcionalmente con el cuadrado de la velocidad del vehículo. En el diseño y construcción tiene especial importancia el coeficiente aerodinámico que permitirá un menor esfuerzo del motor y mayor estabilidad y como resultado se obtiene menor resistencia al avance y menor esfuerzo demandado por el motor, mayor estabilidad y mayor ahorro de carburante. Se debe tomar en cuenta que la fuerza que el aire ejerce sobre el vehículo actúa en tres direcciones:

- Resistencia al avance en dirección longitudinal
- Resistencia de sustentación, en sentido vertical
- Resistencia de deriva, en sentido trasversal y puede variar la trayectoria que marca el conductor.

Para los vehículos en el caso de camiones, la caja donde se transporta produce un aumento de combustible del 30% en el caso de que sea abierta en relación a una caja cerrada.

2.2.3. Resistencia a la pendiente

La resistencia a la pendiente depende del perfil de la calzada y la masa del vehículo. El vehículo siempre requiere de una mayor demanda de torque para vencer la resistencia que genera está pendiente, ocasionando que el motor demande una mayor cantidad de combustible. Para calcular esta resistencia de pendiente se utiliza la ecuación (4.2)

$$F_p = m \cdot g \cdot \sin \alpha \quad \text{Ec. (4.2)}$$

La pendiente es un término que se utiliza para medir la inclinación que tiene un terreno, se la expresa en grado o en % de inclinación. Para comprender de mejor manera un 6% de inclinación quiere decir que en un tramo de 100 metros se incrementa la altura en 6 metros, como se observa en el Figura 6-2 (Fraija B., 2006).

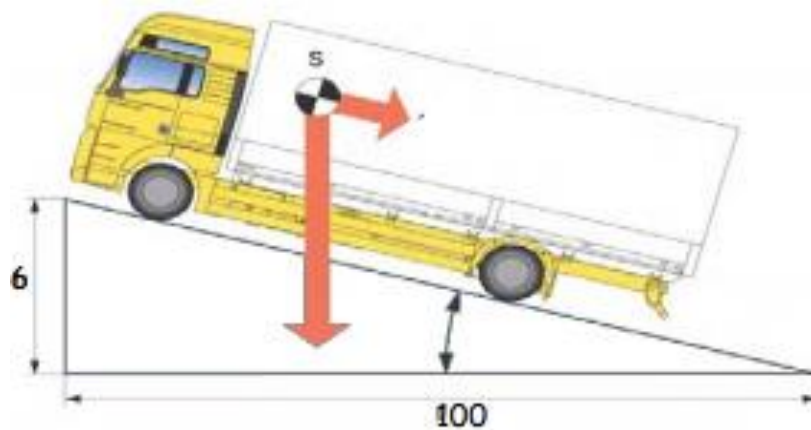


Figura 6-2: Representación del 6% de pendiente.
Fuente: (Fraija B., 2006).

2.3. Resistencia al avance de vehículos industriales, autobuses y autocares

En la actualidad existen diversas industrias las cuales requieren transporte, por lo que los vehículos deben adaptarse para prestar sus servicios, debido a esto presentan formas poco aerodinámicas y una gran superficie frontal, en ocasiones las cargas sobrepasan las dimensiones del vehículo por lo que genera irregularidades y discontinuidad con el perfil de la cabina, aumentando el consumo de combustible.

Para los vehículos industriales existen distintas combinaciones como: tracto-semirremolque, camión-remolque, estas combinaciones hace que los vehículos tomen características aerodinámicas especiales por la interacción entre los dos cuerpos. La influencia de la separación de estos dos cuerpos y el ángulo de incidencia del aire es de gran importancia en los vehículos industriales ya que provocan un aumento en el consumo de combustible.

Para un valor nulo del ángulo de incidencia, la variación de resistencia aerodinámica al avance de los tres componentes cabina, bastidor y caja es relativamente pequeña, siendo mayor para la caja. En el caso del semirremolque es el responsable del incremento del C_x , también influye la distancia de separación entre la cabina y la caja. Como se observa en el Figura 7-2, donde el coeficiente de resistencia aerodinámica al avance de la composición tractocamión-semirremolque y camión remolque influenciado por el ángulo de incidencia. (Izquierdo, 2016).

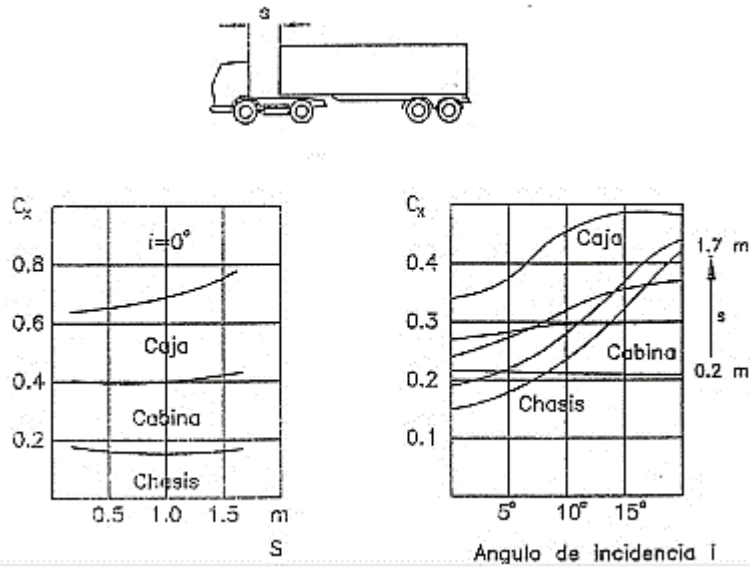


Figura 7-2: Variación del valor C_x influenciado por la distancia S y un ángulo de incidencia.

Fuente: (Izquierdo, 2016).

2.4. Forma de la Cabina

En los vehículos industriales las cajas deben adaptarse al trabajo que van a desempeñar, no se las puede modificar para que tengan una forma más aerodinámica por lo cual se ha hecho más énfasis en el estudio de las cabinas ya que es donde primero el aire va a impactar. La forma de la cabina influye directamente sobre el factor C_x y para determinarlo se utiliza la Figura 8-2, donde se toma en cuenta el valor de la separación entre la cabina y la caja y la altura que hay entre el punto más alto de la cabina y el punto más alto de la caja (Izquierdo, 2016).

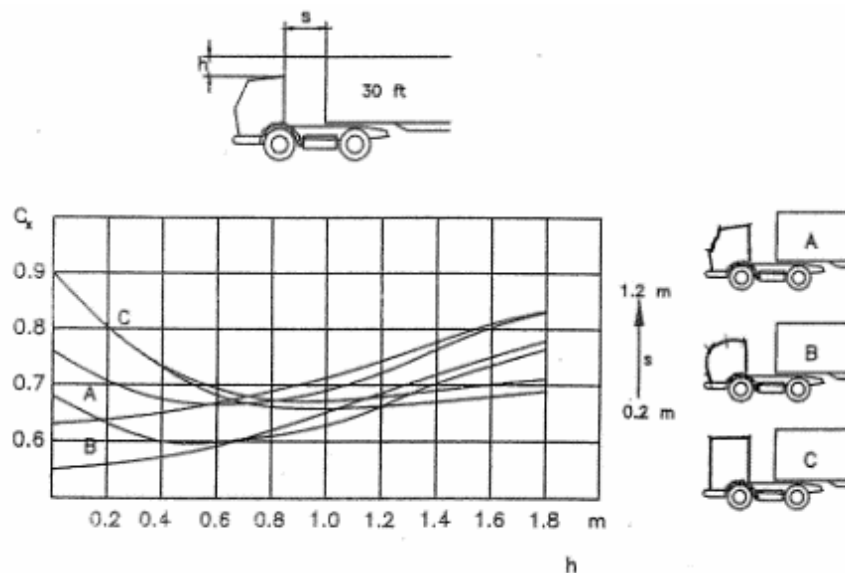


Figura 8-2: Influencia en la forma de la cabina para calcular el valor C_x

Fuente: (Izquierdo, 2016).

Las características principales de las cabinas son las siguientes:

- La influencia de la separación cabina-caja(s) es pequeña para el caso C
- El valor de C_x es mínimo para un valor de h de hasta un metro en nuestra cabina C
- Para valor h mayores a un metro, el valor de C_x es menor para el caso de la cabina currentilínea que es nuestra cabina B
- Para la cabina currentilínea caso B la separación cabina-caja (s) la influencia es mayor que en el caso de la cabina cuadrada caso C y aumenta por la influencia de h .
- Para valores de la altura $h < 1\text{m}$ el valor de C_x es inferior en el caso C.

2.5. Influencia de los tipos cabina y deflectores en el coeficiente C_x .

Por razones de funcionalidad tanto de la cabina como de la caja en ocasiones no se las puede modificar por lo que cual se ha buscado distintas soluciones como la aplicación de deflectores aerodinámicos y abultamientos con formas redondeadas en la cara frontal de la caja con la finalidad de reducir el índice C_x . En el Figura 9-2, se visualiza el efecto que estos dispositivos tienen sobre el valor de C_x .

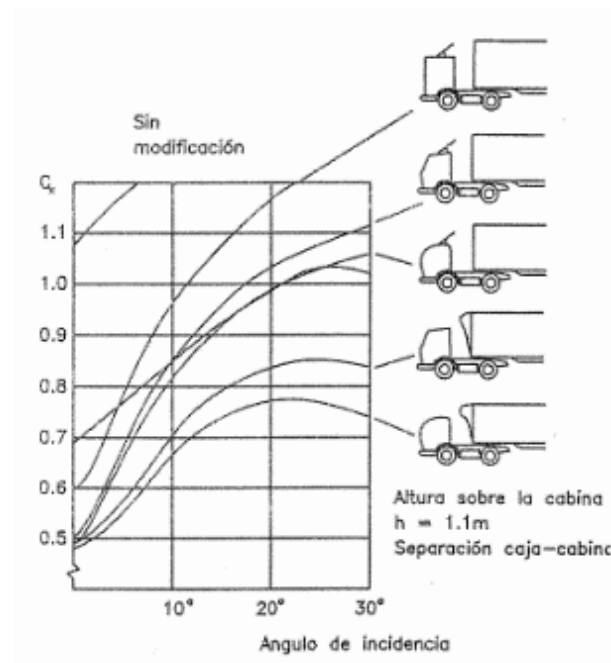


Figura 9-2: Influencia de dispositivos acoplables a la cabina y cara frontal de la caja.

Fuente: (Izquierdo, 2016).

2.6. Curvas de desempeño del motor

Las curvas de desempeño del motor son las que indican el torque, la potencia y el consumo específico, como se observa en el Figura 10-2, aquí se obtiene en un dinamómetro de banco, analizando las curvas individualmente se puede observar el cambio que se produce a medida que

aumentan las revoluciones, también se puede determinar a qué revoluciones se puede obtener el torque y potencia máxima del motor, así como también las revoluciones a las que el consumo de combustible es mínimo.

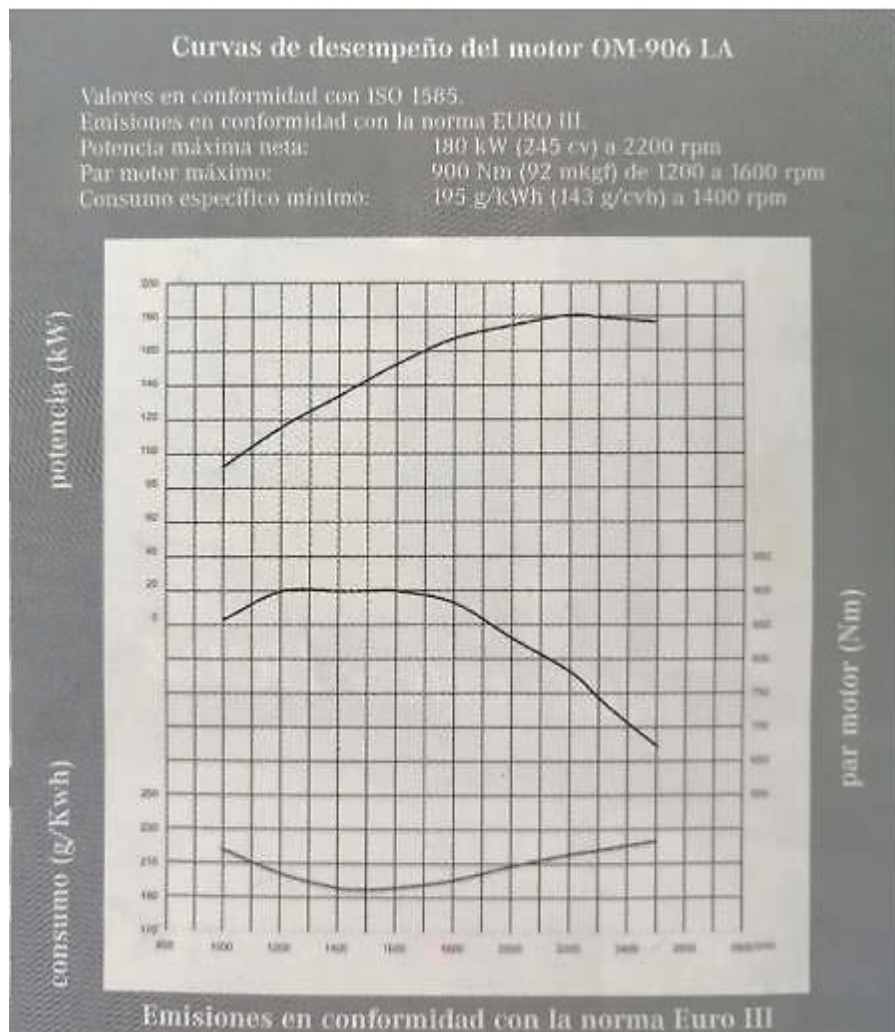


Figura 10-2: Curvas de desempeño de un motor OM 906LA
Fuente: (Mercedes-Benz Autolider Ecuador S.A., 2017).

Para una conducción más eficiente es esencial mantener al motor en los puntos máximos de torque y potencia ya que se aprovecha de una mejor manera el combustible.

CAPÍTULO III

3. MARCO METODOLÓGICO

Se desarrolló el diseño y simulación de un deflector aerodinámico con la ayuda de los programas Solidworks y Ansys.

Para la construcción se solicitó la colaboración del señor Ángel Núñez fabricante de deflectores aerodinámicos, ya que cuenta con una vasta experiencia en este tipo de aditamentos aerodinámicos.

Para las pruebas de consumo de combustible se escoge una ruta donde las condiciones de tráfico no sean altas y se pueda llegar a una velocidad de 90Km/h y poder realizar el ensayo antes de instalar el deflector para determinar el consumo normal del vehículo, posteriormente se instala el deflector y se realizará el mismo recorrido para determinar si existe una reducción en el consumo de combustible.

Para medir la cantidad de combustible que se consumió se toma como datos los proporcionados por las estaciones de servicio, adicionalmente se tiene un medidor digital en el vehículo que proporciona la cantidad de combustible que se encuentra en el recipiente tanto en porcentaje como en litro. Se realizan tablas de comparación para poder diferenciar los consumos de combustibles de las diferentes rutas con la instalación del deflector y sin él.

3.1. Planificación de la construcción.

3.1.1. *Materiales Utilizados*

- **Franela:** Limpieza de la matriz base y cera en la que se basa el diseño del deflector.
- **Cera:** Sirve para la limpieza el aislamiento y la lubricación de la matriz
- **Despegante:** Sirve para que el deflector se despegue de la matriz base que se utilizó para su construcción al momento que esté completamente seco.
- **Hierco Blanco:** Es la primera capa que se aplica a la matriz para iniciar la construcción del deflector, esta, proporciona una superficie liza al secarse completamente.
- **Pintura:** Para dar un tratamiento superficial final al deflector.
- **Tiñer:** Para la preparación de la pintura.

3.1.2. Herramientas y maquinas

- Computador
- Cuchilla
- Pulidora
- Brocha
- Compresor
- Soplete para pintura
- Juego de llaves mixtas

3.1.3. Tareas realizadas por cada componente

- Con el computador se realiza el diseño con la ayuda del programa Solidworks y para la simulación se tiene como herramienta el programa Ansys.
- La cuchilla cumple la función de cortar la fibra de vidrio que es necesario para la construcción del deflector.
- Con la pulidora se limpia la superficie de la matriz que se utiliza en la construcción del deflector.
- Con la brocha se esparce la resina sobre la fibra de vidrio que cubre toda la matriz.
- Con el compresor se genera aire para utilizarlo con el soplete de pintura
- El juego de llaves se utiliza para ajustar los pernos que fijaran el deflector en la cabina del camión.

3.1.4. Pasos seguidos para la construcción

- Diseño del deflector con el programa Solidworks.

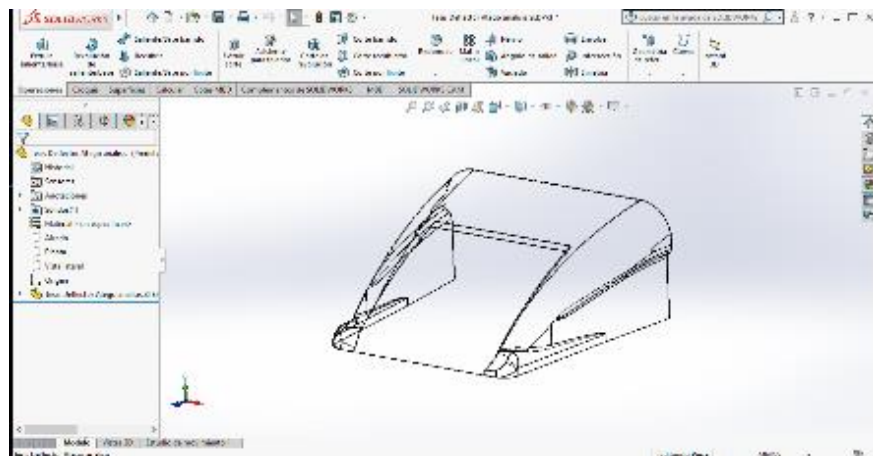


Figura 1-3: Diseño del deflector con el programa Solidworks
Realiza por: Marcillo Pablo 2021.

- Simulación de factores externos que afectaran al deflector con el programa Ansys.

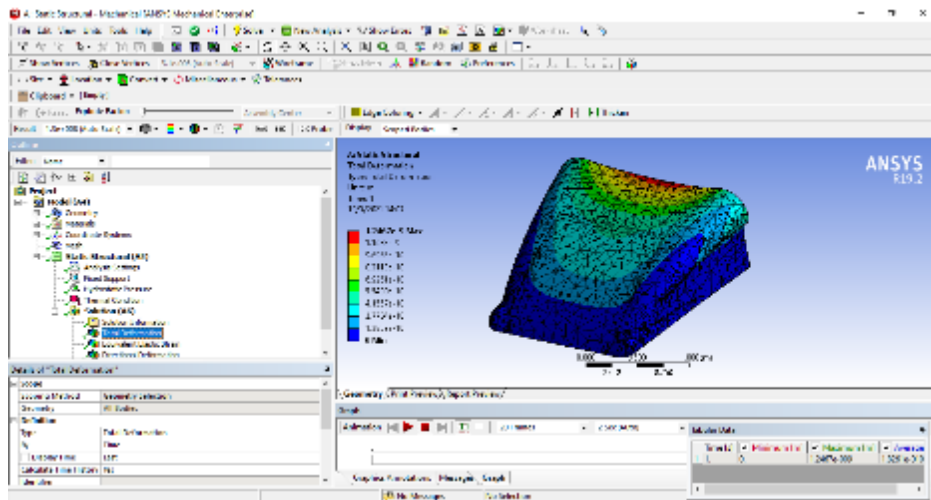


Figura 2-3: Simulación de presión hidrostática en el programa ANSYS

Realiza por: Marcillo Pablo 2021.

- Limpieza de la matriz base donde se realiza el deflector



Figura 3-3: Limpieza de la matriz para iniciar la construcción del deflector

Realiza por: Marcillo Pablo 2021.

- Encerado de la matriz
- Limpieza y pulido de la cera en la matriz
- Aplicación del desmoldante sobre la matriz
- Aplicación del hierco blanco sobre la matriz



Figura 4-3: Aplicación del hierro blanco sobre la matriz.

Realizado por: Marcillo Pablo 2021.

- Corte de la fibra de vidrio que se necesita para el deflector
- Aplicación de la resina y la fibra de sobre la matriz



Figura 5-3: Aplicación de la fibra de vidrio sobre la matriz

Realizado por: Marcillo Pablo 2021.

- Tiempo de secado 24 horas
- Desmoldado de la matriz del deflector



Figura 6-3: Desmoldado del deflector

Realizado por: Marcillo Pablo 2021.

- Corrección de imperfecciones



Figura 7-3: Lijado de imperfecciones superficiales del deflector.

Realizado por: Marcillo Pablo 2021.

- Tratamiento superficial del deflector



Figura 8-3: Tratamiento superficial del deflector.

Realizado por: Marcillo Pablo 2021.

3.1.5. Evaluación, pruebas, rediseño

3.1.5.1 Simulación del deflector a presión hidrostática en ANSYS

La presión que un fluido ejerce sobre una superficie se denomina presión hidrostática, el deflector se ve involucrado directamente con este fenómeno por lo que es necesario analizar su efecto. Con la ayuda del programa Ansys se puede analizar el efecto de la presión hidrostática que este tiene para lo cual necesita datos como temperatura, presión atmosférica y velocidad a la que circula el camión de prueba como se visualiza en la Tabla 1-3.

Tabla 1-3: Datos climatológicos de la ruta de pruebas.

Provincias	Pichincha	Cotopaxi	Tungurahua
Presión atmosférica	1012hPa	1030hPa	1028hPa
Temperatura	25°C => 298°K	10°C => 283°K	14°C => 287 °K
Velocidad del vehículo	90Km/h =>25m/s	90Km/h =>25m/s	90Km/h =>25m/s

Fuente: (Worldmeteo, 2021).

Realizado por: Marcillo Pablo 2021.

Otro de los datos necesarios para realizar la prueba de presión hidrostática es la densidad del aire ecuación (3.3) que se obtendrá de los datos de la Tabla 1-3, la fórmula general de los gases ecuación (1.3) y la fórmula de la densidad ecuación (2.3).

$$PV = nRT \quad \text{Ec. (1.3)}$$

$$nR = mR$$

$$PV = mRT$$

$$\rho = \frac{m}{V} \quad \text{Ec. (2.3)}$$

$$\frac{P}{RT} = \frac{m}{V}$$

$$\rho = \frac{P}{RT} \quad \text{Ec. (3.3)}$$

Donde:

P = presión atmosférica $Pa = \frac{J}{m^3}$

R = constante de los gases ideales $(287 \frac{J}{Kg/^\circ K})$

T = temperatura ambiente $^\circ K$

Aplicando la ecuación (3.7) y realizando los cálculos con los datos de la Tabla 1-3, se puede determinar las diferentes densidades de la ruta de pruebas Tabla 2-3.

Tabla 2-3: Cálculo de densidad del aire de la ruta de pruebas.

Provincias	Pichincha	Cotopaxi	Tungurahua
Calculo	$\frac{101200 \frac{J}{m^3}}{287 \frac{J}{Kg/^\circ K} \times 298^\circ K}$	$\frac{103000 \frac{J}{m^3}}{287 \frac{J}{Kg/^\circ K} \times 283^\circ K}$	$\frac{102800 \frac{J}{m^3}}{287 \frac{J}{Kg/^\circ K} \times 287^\circ K}$
Densidad	$1.1833 \frac{Kg}{m^3}$	$1.2681 \frac{Kg}{m^3}$	$1.2480 \frac{Kg}{m^3}$

Realizado por: Marcillo Pablo 2021.

El tiempo en que el vehículo se demora en recorrer la ruta de prueba es aproximadamente 2 horas (7200s) con lo que se calcula la aceleración ecuación (4.3) que es el último dato necesario para determinar la deformación que provoca la presión hidrostática en el deflector con la ayuda de programa ANSYS.

$$a = \frac{v}{t} \quad \text{Ec. (4.3)}$$

$$a = \frac{25 \frac{m}{s}}{7200s}$$

$$a = 0.003472 \frac{m}{s^2}$$

El resultado de presión hidrostática que soporta el deflector con la densidad máxima de aire es 0.00772628 Pa , cómo se puede observar en el Figura 19-3 el área que recibe más presión es el área frontal ya que es donde primero va a impactar el aire y se encarga de realizar las primeras canalizaciones mientras el aire avanza este es direccionado hacia el exterior la presión va disminuyendo. La fibra de vidrio más utilizada en nuestro medio es la tipo E, esta fibra inorgánica está compuesta de 53-54% SiO₂, 14-15.5% Al₂O₃, 20-24% CaO, MgO y 6.5-9 % B₂O₃. La resistencia máxima a la tracción de este tipo de fibra de vidrio es de 3400 MPa y como se observa en los resultados la presión que soporta el deflector es muchísimo más baja, por lo que trabajara sin ningún problema.

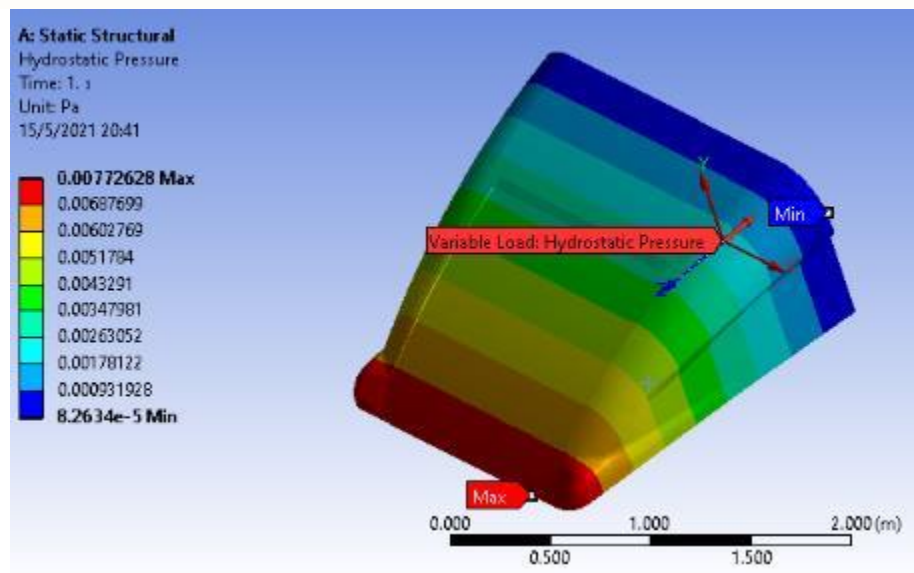


Figura 9-3: Áreas de máxima y mínima presión que soporta el deflector.

Realizado por: Marcillo Pablo 2021.

3.1.5.2. Esfuerzo principal máximo generada por la presión hidrostática del viento.

La prueba de tensión mecánica la fuerza por unidad de área en el entorno de un punto material sobre una superficie real de un medio continuo, se aplica tanto a fuerzas localizadas como a continuas. Con la densidad más alta del aire durante la ruta de pruebas se obtiene una tensión mecánica máxima de 11.54 Pa en la zona que indica la Figura 12-3. En estudios previos sobre la fibra de vidrio se tiene una resistencia a la tracción de hasta 3400Mpa por lo que la tensión mecánica a la que está sometida la soportara sin ningún problema

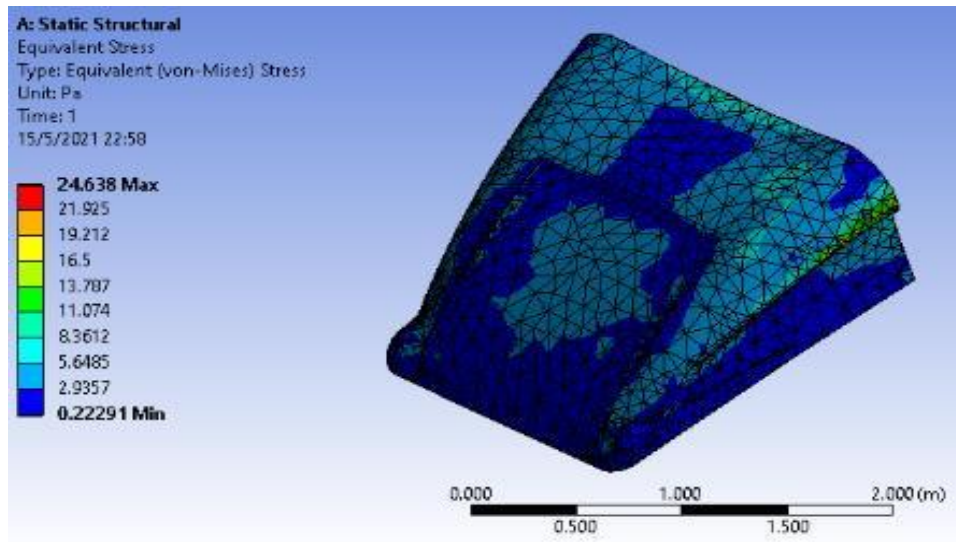


Figura 10-3: Deformaciones máximas y mínimas que se producen en el deflector.

Realizado por: Marcillo Pablo 2021.

3.1.5.3. Simulación dinámica de flujo aire en el deflector con el programa Solidworks

El programa Solidworks es un software para diseño, pero también cuenta con herramientas para simulación como lo es el Flow simulation, con el cual se obtuvo la presión máxima que recibe el deflector a la velocidad máxima del vehículo que es 125Km/h, se escogió esta velocidad para determinar un valor sobredimensionado al que el circula normalmente para tener un coeficiente de seguridad confiable. Como se observa la mayor presión se encuentra en la parte delantera del deflector Figura. 21-3 con una presión máxima de 108163.04 Pa y la fibra de vidrio con la que se construyó el deflector es de 3400MPa

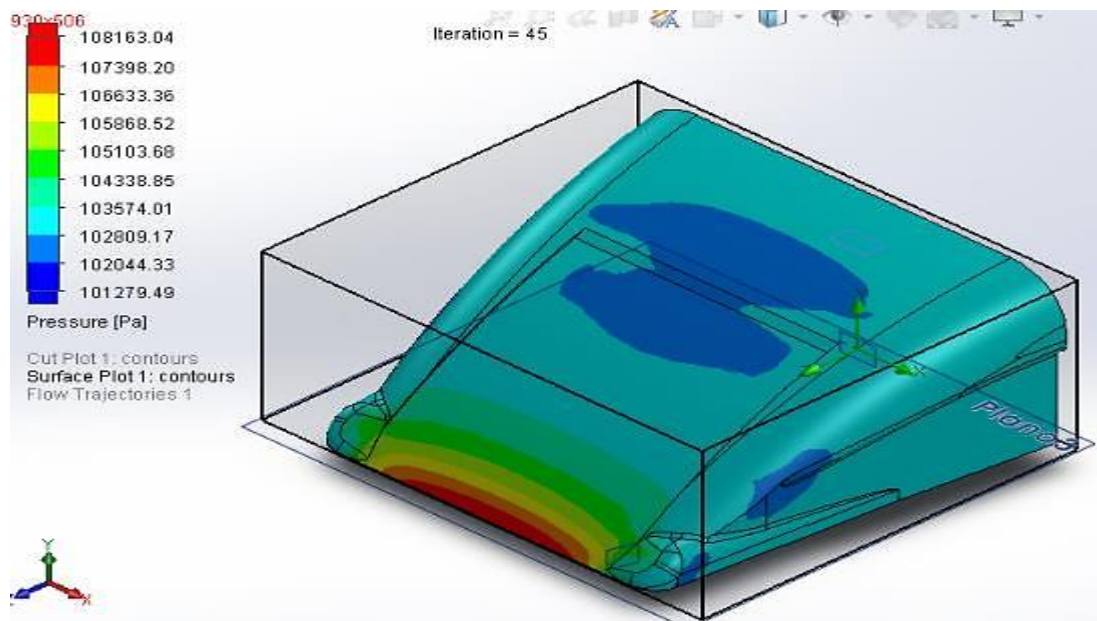


Figura 11-3: Áreas de presión generadas por el viento

Realizado por: Marcillo Pablo 2021.

Para determinar el coeficiente de seguridad se realiza el siguiente cálculo:

$$\text{Factor de seguridad} = \frac{\text{Valor máximo permisible}}{\text{Valor medido}} \quad \text{Ec (5.3)}$$

$$\text{Factor de seguridad} = \frac{3400\text{MPa}}{0.108163\text{MPa}}$$

$$\text{Factor de seguridad} = 31298.8$$

Como se observa el factor de seguridad es sumamente alto ya que la presión aplicada es muy baja y soportara sin ningún esfuerzo la presión aplicada.

También se realizará una simulación de flujo de aire para poder observar su comportamiento cuando el vehículo circula a la velocidad de 125Km/h Figura 22.3.

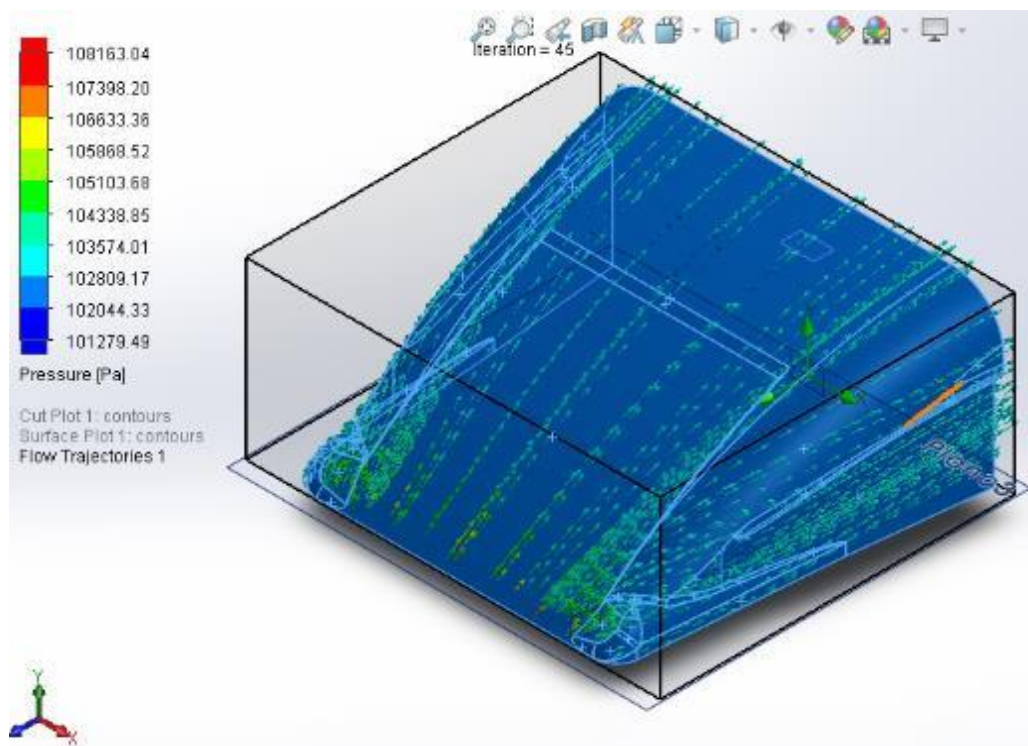


Figura 12-3: Simulación del comportamiento del flujo de aire sobre el deflector.

Realizado por: Marcillo Pablo 2021.

3.1.5.4. Simulación dinámica de flujo aire sobre el camión

La simulación del comportamiento del aire sobre el camión de pruebas, ayuda a comprender de una mejor manera la fuerza que ejerce el viento al movimiento del vehículo y las ventajas de la aplicación del deflector para optimizar el consumo de combustible en la Figura 23-3 se observa en la parte superior de la cabina la formación de vórtices que permanecen un tiempo prolongado ya que no tienen una dirección específica y el viento ejerce una presión en la pared frontal del furgón este vórtice generara una presión negativa por lo que restara a la presión principal

generada, en la simulación la presión generada debido al fenómeno del vórtice es 184033.30 Pa , a diferencia en la Figura 24-3 que con la implementación del deflector se observa como el viento es direccionado hacia el exterior evitando la formación de vórtices obteniendo un valor de presión de 1390413.49Pa

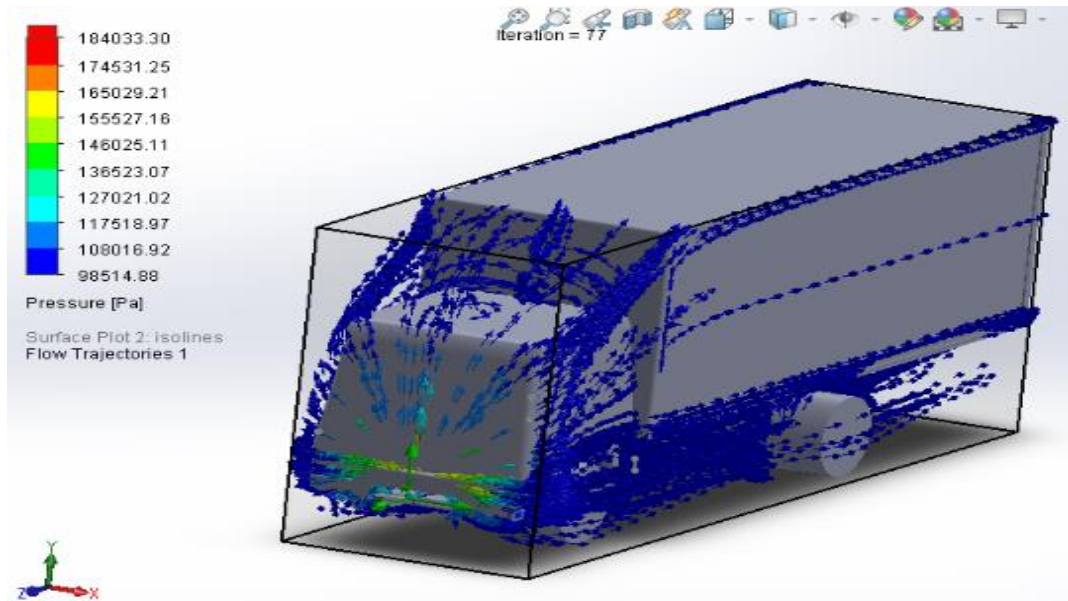


Figura 13-3: Comportamiento del flujo de aire sobre el camión sin deflector

Realizado por: Marcillo Pablo 2021.

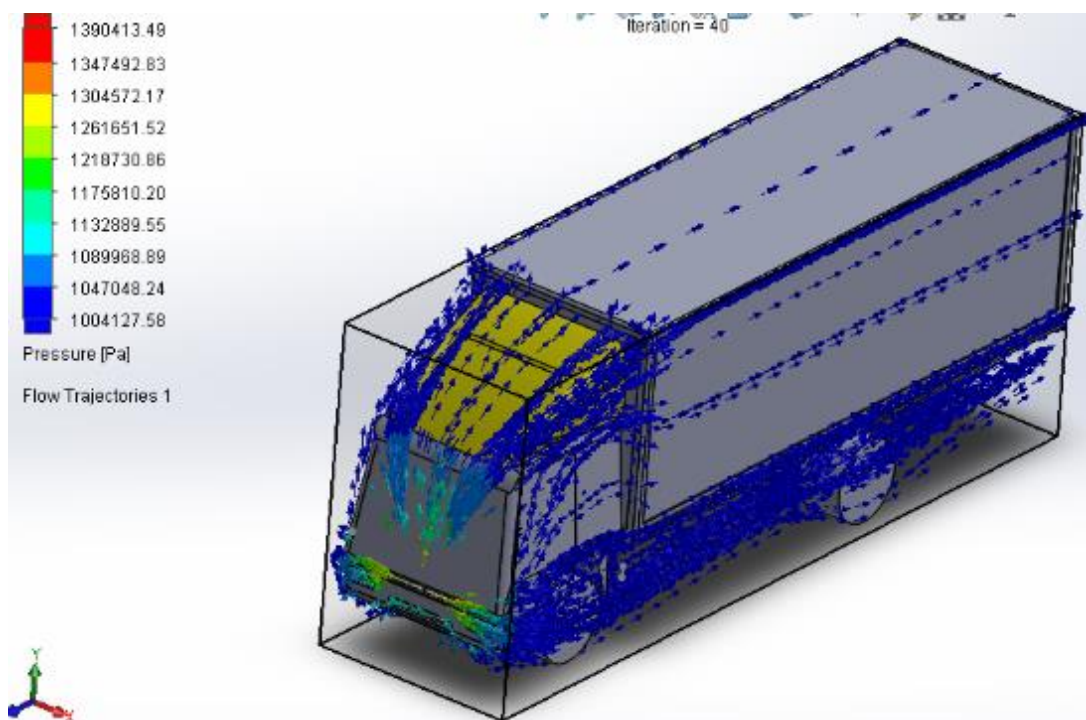


Figura 14-3: Comportamiento del flujo de aire sobre el camión con deflector.

Realizado por: Marcillo Pablo 2021.

3.2. Evaluación del consumo de combustible con y sin deflector en el camión tipo furgón

3.2.1. Norma aplicada

El consumo de combustible según la norma DIN 70 030-2 se llamaba antes consumo normal. Este consumo se mide sobre un tramo de 10 Km de longitud de carretera seca y llana recorrido en ida y vuelta a $\frac{3}{4}$ de la velocidad máxima, sin que dicha velocidad pueda rebasar los 110 Km/h.

Al consumo así determinado se le añade un 10% compensatorio por condiciones adversas.

En la explotación normal del vehículo el consumo es superior. Es de la norma DIN sirve para comparar distintos tipos en condiciones exactamente iguales (GTZ, 2014).

3.2.2. Ruta de pruebas

El punto de partida de la ruta de pruebas es la estación de servicio Amazonas ubicada en el cantón Mejía en la ciudad de Machachi, y el punto de llegada es la estación de servicio Las flores ubicadas en el cantón Ambato cerca de la parroquia de Guachi Grande. La ruta de pruebas en su totalidad cubre una porción de la carretera Panamericana como se observa en el Figura 25-3. La distancia total recorrida es de 105Km con un tiempo aproximado de viaje de 1 hora y 27 minutos. Su volumen de tráfico permite alcanzar la velocidad requerida para las pruebas que es de 90Km/h.

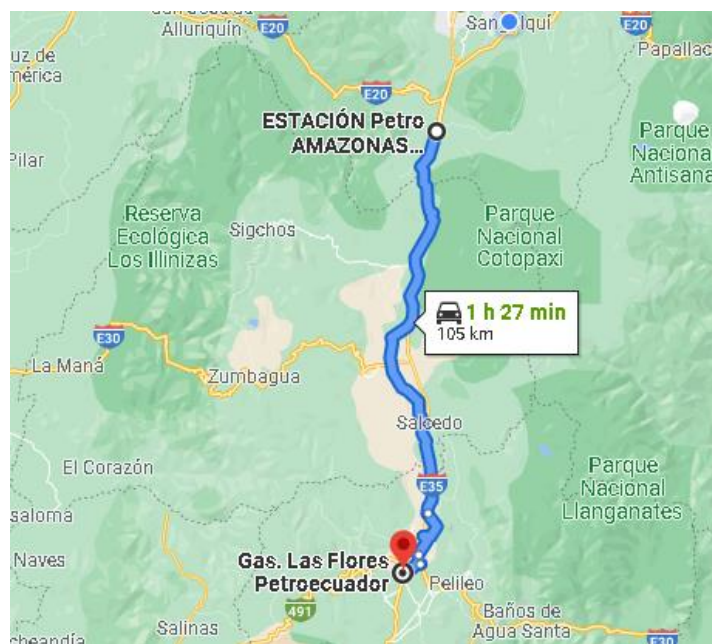


Figura 15-3: Ruta de pruebas de consumo de combustible.

Fuente: (Google Maps) 2021.

Realizando un análisis de perfil de elevación de toda la ruta el punto de inicio de la prueba en la ciudad de Machachi tiene una altitud de 2987 msnm, una altitud máxima de 3507msnm es en el Chaupi zona de la reserva del volcán Cotopaxi, la altitud mínima de 2367msnm está ubicado en el bypass de ingreso a la ciudad de Ambato en la parte más baja y en su punto final tiene una altitud 2866 msnm en Guachigrande como se visualiza en la Figura 26-3.



Figura 16-3: Perfil de elevación de la ruta de pruebas.

Fuente: (Google Maps) 2021.

3.2.3. Vehículo de pruebas

El vehículo que se utilizó para las pruebas de desempeño del deflector es un Mercedes-Benz modelo Atego 1725-54 del año 2011 es un camión mediano para carga pesada con un peso bruto vehicular de 17100Kg (17.1 Toneladas) con una capacidad de carga de 11.900Kg (11.9 toneladas), como se observa en el Figura 27-3 y en el Figura 28-3 se observa el camión con el deflector aerodinámico que se diseñó y construyó.



Figura 17-3: Vehículo de pruebas sin deflector.

Realizado por: Marcillo Pablo 2021.



Figura 18-3: Vehículo de pruebas con deflector
Realizado por: Marcillo Pablo 2021.

Las especificaciones principales del vehículo se aprecian en la Tabla 5-3, así como también su equipamiento y varias características del mismo.

Tabla 3-3: Especificaciones técnicas vehículo Mercedes-Benz/Atego 1725.

Motor	
Modelo	MB OM-906 LA, con mando electrónico
Tipo	6 cilindros verticales en línea, turbocooler
Potencia máxima	180kW (245cv) a 2200 rpm
Par motor máximo	900Nm(92mkgf) de 1200 a 1600 rpm
Cilindrada total	6.374 cm ³
Consumo específico	195 g/kWh (143 g/cvh) a 1400rpm
Alternador V/A	28/80
Baterías (cantidad x Ah/V)	2x135/12
Transmisión	
Embrague	ø395mm; monodisco, seco, con accionamiento servo hidráulico
Caja de cambios	MB G 85-6/6.7
Marchas sincronizadas	6
Toma de Fuerza	MB NA 60-lb
Ejes	
Eje delantero	MB VL3/37 D-6.7
Eje trasero	MB HL5/61 DZ-11
Reducción eje trasero	5.625/7.897(45:8)
Chasis	
Bastidor-Tipo	Escalera, parafusado, con travesaños delanteros y traseros unidos por parafusos; material LNE50
Dimensiones del perfil	Perfil "Z" espesor:7.0mm (travesaños delanteros) /perfil "U" 274mmx 65mm/espesor:7.0mm (travesaños traseros)
Suspensión delantera	ballestas parabólicas con amortiguadores telescópicos de doble acción y barra estabilizadora
Suspensión trasera	ballestas parabólicas con amortiguadores telescópicos de doble acción y barra estabilizadora
Llantas	7.50x22.5
Neumáticos	275/80 R22.5
Dirección hidráulica	MB LS 6 Bk
Tanque de combustible(L)	210 con Llave
Desempeño del Vehículo	

Velocidad máxima (Km/h)	113
Pendientes máximos (en movimiento)	con 17.100Kg =>63%
	con 24.100Kg =>40%
	con 33.000Kg =>28%
Pendientes máximos (arranque en pendiente)	con 17.100Kg =>40%
	con 24.100Kg =>27%
	con 33.000Kg =>19%
Peso y Capacidad (Kg)	
Vacío sin carrocería	
Eje delantero	3270
Eje trasero	1910
Total	5200
Carga útil máxima + carrocería	11900
Pesos admisibles técnicamente	
Eje delantero	6100
Eje trasero	11000
Peso bruto vehicular	17100
Capacidad máxima de tracción	33000
Frenos	
Freno de servicio	aire comprimido de dos circuitos tambores a las 4 ruedas
Área de frenado total	eje delantero 2.129 cm ²
	eje trasero 2.129 cm ²
	total 4.258 cm ²
Freno Automático	ALB, en función de carga
Freno de estacionamiento	Tipo cámara de muelles acumulador, con accionamiento neumático con actuación en las ruedas traseras
Freno Adicional-Motor	Tipo Top Brake/Accionamiento freno motor que puede actuar junto con el freno de servicio

Fuente: (Mercedes-Benz Autolider Ecuador S.A., 2017).

3.2.4. Protocolo de pruebas

De acuerdo a las diferentes normativas sobre consumo de combustible de vehículos pesados en carretera se desarrolla el siguiente procedimiento:

1. Realizar un recorrido previo con un vehículo liviano el día establecido para la prueba, para descartar que existan obstáculos o inconvenientes que detengan la marcha del vehículo de pruebas como: controles policiales, trabajos en la vía, accidentes, calzada mojada, se debe tomar en cuenta que el vehículo recorrerá cierta distancia desde que arranca hasta alcanzar la velocidad de 90Km/h.
2. Verificar las condiciones climatológicas como temperatura del aire, presión atmosférica, altitud, velocidad del viento.
3. Revisar el estado del vehículo, control de los niveles de fluido (aceites, refrigerante, líquido de frenos), presión de inflado de los neumáticos, fugas de motor o sistemas auxiliares, labrado de los neumáticos, luces, carga eléctrica, previamente se debe verificar que el vehículo haya llegado a su temperatura normal de trabajo antes de realizar las pruebas, las ventanas del

vehículo deben estar cerradas de modo que el aire no ingrese y ejerza resistencia al movimiento.

4. La persona encargada de la conducción del vehículo debe conocer las condiciones que el vehículo debe alcanzar durante todo el trayecto, y estas condiciones deben ser las mismas para cada una de las pruebas.
5. Llenar el tanque de combustible del vehículo antes de iniciar la prueba y verificar las condiciones que muestra el medidor digital del vehículo como se muestra en la Figura 29-3.



Figura 19-3: Datos del medidos digital del vehículo de pruebas.

Realizado por: Marcillo Pablo 2021.

6. Iniciar con la prueba siguiendo el protocolo establecido para la prueba que es mantener el vehículo a 90Km/h
7. En el punto final de la prueba revisar los datos del medidor digital del vehículo y llenar nuevamente de combustible para tomar los datos de la estación de servicio.

Durante el desarrollo de la prueba se debe tomar en cuentas las siguientes medidas de seguridad.

- Al inicio y al final de la prueba, para verificar los datos de consumo con el medidor digital del vehículo, estacionar el camión en un lugar seguro y amplio de manera que no exista riesgo de accidentes.
- Tomar las debidas precauciones al girar el camión en los puntos de partida y llegada cuando se requiera repetir la prueba.

CAPÍTULO IV

4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1. Resultado de las pruebas de simulación

Los resultados obtenidos de las dos simulaciones nos muestran que sin la implementación del deflector la presión generada en el vehículo es de 184033.30 Pa mientras que con el deflector ya instalado en la cabina obtenemos un valor de presión de 1390413,49 Pa.

El valor de presión sin el deflector va a ser más bajo debido a la presencia de vórtices que generan presiones negativas restando la presión total generada en el vehículo, el deflector elimina la aparición de estos vórtices que impiden el avance del vehículo, por lo que la presión no se ve involucrada directamente en el consumo de combustible del vehículo si no la presencia de estos vórtices.

4.2. Resultados de las pruebas de ruta

Los resultados del consumo de combustible en carretera del camión de pruebas antes y después de implementar el deflector aerodinámico se muestra en la Tabla 6-4, donde se ve un formulario de la F1 que se encuentra en el Anexo IV

Tabla 1-4: Registro de datos de la ruta de pruebas.

Registro de datos de consumo de combustible en ruta	
Lugar: Sierra centro (Carretera Panamericana)	Fecha: 23/01/2021
Distancia de prueba: 105Km	Velocidad de pruebas: 90Km/h
Punto de partida: Estación de servicio "Amazonas"	Altura(m.s.n.m.): 3507
Punto de Llegada: Estación de servicio "Las Flores"	Altura(m.s.n.m.): 2367
Datos del vehículo de prueba	
Marca: Mercedes-Benz	N° Cilindros: 6
Modelo: Atego 1725-54	Posición: Línea
Chasis: 9BM958076BB725214	Potencia máx.: 180kW a 2200 rpm
Año: 2011	Torque máx.: 900Nm a 1600 rpm
Transmisión: Manual/6 cambios con dual+ reversa	Cilindrada: 6374cc
Kilometraje: 516355	Combustible: Diesel premium
Neumáticos: 275/80 R 22,5	Emisiones: EURO III
Condiciones atmosféricas	
Velocidad del viento: 19Km/h	Presión atmosférica: 1030 hPa
Temperatura del aire: 11°C a 19°C	Presencia de Lluvia: No

Mediciones registradas					
Camión estándar					
N° Pruebas	Hora Inicio	Hora fin	Vo (Gal)	Vf (Gal)	C (Gal)
1	10:23	12:37	55.4761	49.5861	5.89
2	9:42	11:53	55.4761	49.9361	5.54
3	10:34	12:33	55.4761	49.7561	5.72
4	10:18	12:24	55.4761	49.8761	5.60
Camión con el deflector de aire					
N° Pruebas	Hora Inicio	Hora fin	Vo (Gal)	Vf (Gal)	C (Gal)
1	9:36	11:40	55.4761	51.0582	4.41
2	9:40	11:38	55.4761	51.1789	4.29
3	9:22	11:30	55.4761	51.0377	4.43
4	9:50	12:00	55.4761	51.1146	4.36
Vo: volumen del tanque de combustible al inicio de la prueba					
Vf: volumen del tanque de combustible al final de la prueba					
C: consumo de combustible (C = V0 - Vf)					

Fuente: (FEDERACION INTERNACIONAL DEL AUTOMOVIL, 2016).

Realizado por: Marcillo Pablo, 2021.

4.3. Validación de resultados

Para validar los datos obtenidos durante la prueba de ruta, las mediciones no deben tener más de un 5% de diferencia al valor promedio de las mediciones, se debe establecer los valores de repetibilidad E_c (1.4) que obtiene de los datos de prueba de ruta anotados en la Tabla 6 – 4 mediante la ecuación de repetibilidad de la norma (DIN 70 030-1,1990).

$$R = k * \frac{z}{\sqrt{n}} * \frac{100}{C} \quad E_c (1.4)$$

Donde:

R = Repetibilidad (%)

k = factor (adimensional)

z = factor (kg)

n = número de mediciones

C = media aritmética de n mediciones (kg)

El valor de k se obtiene de la Tabla 7- 4, dependiendo del número de mediciones que se realizó según Norma (DIN 70 030 -1, 1990).

Tabla 2-4: Factor k para el cálculo de repetibilidad.

n	4	5	6	7	8	9	10
k	3.2	2.8	2.6	2.5	2.4	2.3	2.3

Fuente: DIN 70 030-1,1990.

Realizado por: Marcillo Pablo, 2021.

Para determinar el valor de z Ec(2.4) se aplica la siguiente formula:

$$z = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (C - C_i)^2}{n-1}} \quad \text{Ec(2.4)}$$

Donde:

z = Factor (kg)

C= Media aritmética de n mediciones (kg)

C_i= Enésima medición (kg)

n = número de mediciones (adimensional)

El valor de la media aritmética Ec(3.4) de n mediciones se obtiene mediante la siguiente ecuación:

$$C = \frac{\sum_{i=1}^n C_i}{n} \quad \text{Ec(3.4)}$$

Donde:

C= media aritmética de n mediciones (kg)

C_i= enésima medición (kg)

n = número de mediciones

Aplicando cada una de las fórmulas anteriormente mencionados se determina los datos Tabla 8-4 para calcular la repetibilidad Grafico 4-4 para las mediciones del camión con y sin el deflector es menor al 5% por lo que se determina que las medidas son confiables.

Tabla 3-4: Valor de repetibilidad de las pruebas de ruta.

	n	k	z(kg)	C(kg)	R (%)
Camión estándar	4	3.2	0.154	5.695	4.195
Camión con deflector de aire	4	3.2	0.062	4.372	2.268

Realizado por: Marcillo Pablo. 2021.

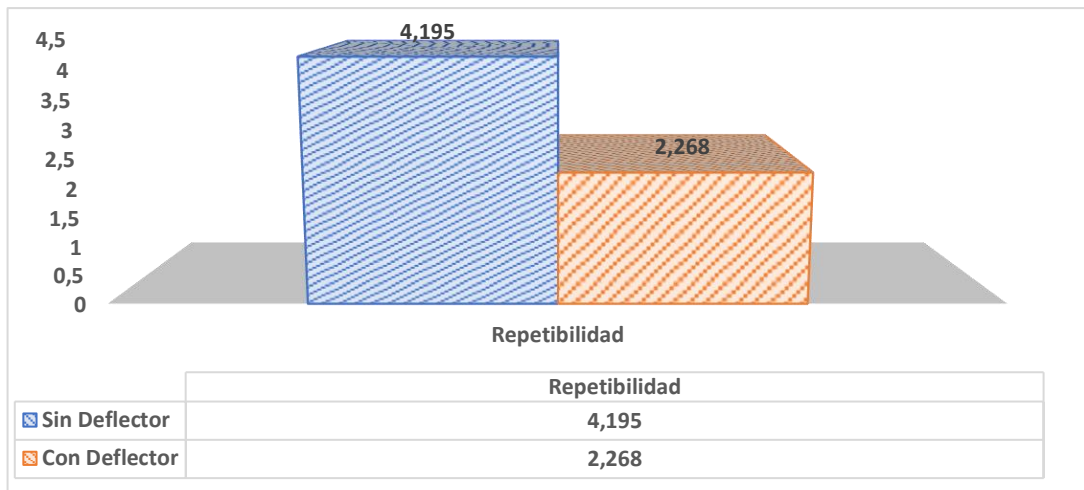


Gráfico 1-4: Histograma comparativo de repetibilidad de las mediciones de la ruta de pruebas.

Realizado por: Marcillo Pablo, 2021.

4.4. Análisis de resultados

Los datos se obtuvieron de las bombas de servicio donde se llenó el recipiente de combustible del vehículo después de haber recorrido la ruta de pruebas establecida que tiene una longitud de 100Km. En la Tabla 9-4, se observa la comparación de consumo de combustible.

Tabla 4-4: Comparación de consumo de combustible.

Consumo de combustible C (galones)		
N° Prueba	Camión Estándar	Camión con deflector de aire
1	5.89	4.41
2	5.54	4.29
3	5.72	4.43
4	5.60	4.36
Promedio	5.6875	4.3725

Realizado por: Marcillo Pablo, 2021.

En promedio el camión sin el deflector tiene un consumo de combustible de 5.6875 galones (21.5295295 litros) y con el deflector implementado un consumo de 4.3725 galones (16.551713 litros). En el Grafico 5-4, se muestra el consumo de combustible de cada caso.

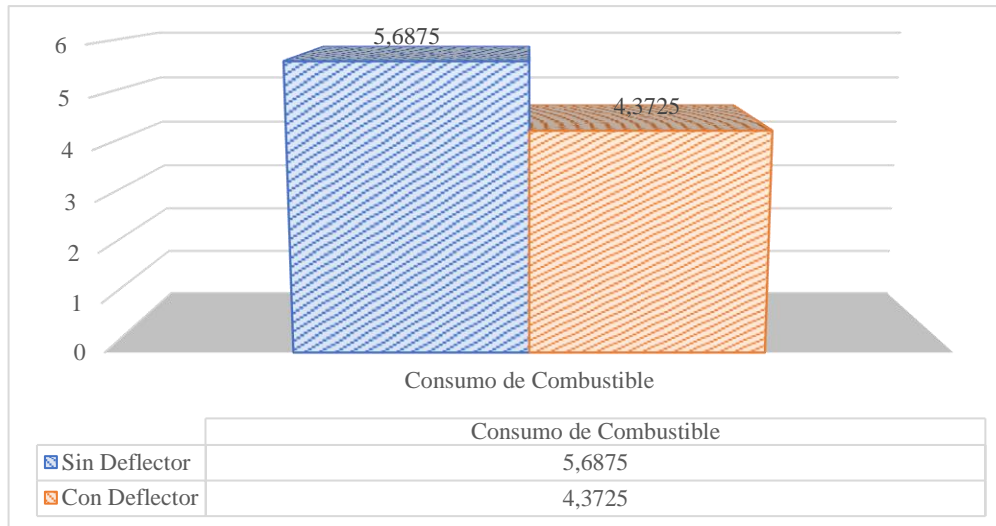


Gráfico 2-4: Histograma comparativo de consumo de combustible con y sin deflector.

Realizado por: Marcillo Pablo. 2021.

Para determinar el porcentaje de ahorro η de combustible del camión con el deflector implementado la norma SAE J1321, 2012 establece la fórmula

$$\eta = \frac{Cce - Cda}{Cce} * 100 \quad \text{Ec(4.4)}$$

Donde:

η = porcentaje de ahorro

Cce = consumo de combustible camion standar (litros/100Km)

Cda = consumo de combustible camion con el deflector (Litros/100Km)

$$\eta = \frac{21.53 - 16.55}{21.53} * 100$$

$$\eta = 23.1208 \%$$

De acuerdo a los valores promedio de los consumos de combustible del camión de pruebas antes y después de implementar el deflector, se tiene un ahorro de combustible del 23.1208 %

4.5. Análisis Costo-Beneficio

Realizando un análisis a los datos de cada cambio de aceite realizado al vehículo de pruebas proporcionado por el propietario, se visualiza en la Tabla 10-4 la fecha y kilometraje.

Tabla 5-4: Calendario de cambios de aceite del vehículo de pruebas.

Fecha de cambio de aceite motor	Kilometraje
24 de septiembre de 2019	462525
19 de noviembre de 2019	470247
02 de febrero de 2020	479000
05 de mayo de 2020	488308
08 de Julio de 2020	497395
12 de octubre de 2020	507215
Total, recorrido	2904690

Realizado por: Marcillo, Pablo, 2021.

Tomando el kilometraje final y el inicial se puede determinar que durante 13 meses el vehículo recorre 44690 Km por lo que mensualmente recorre 3437.69Km y en un año 41252. 28Km. Con las reformas tributarias actuales del gobierno el precio del Diesel está en un cambio constante, el último cambio se dio a partir del 11 de febrero del 2021 hasta el 10 de marzo del mismo año, el galón de este derivado tiene el precio de 1.37 \$, en la Tabla 12- 4, se calcula la cantidad en galones y dinero necesarios que el vehículo necesita para cubrir su recorrido durante un año antes y después de implementar el deflector.

Tabla 6-4: Consumo de combustible del vehículo de pruebas.

	Sin Deflector	Con deflector
Galones	2346.22	1803.75
Costo	3214.3214 \$	2471.1375 \$

Realizado por: Marcillo Pablo, 2021.

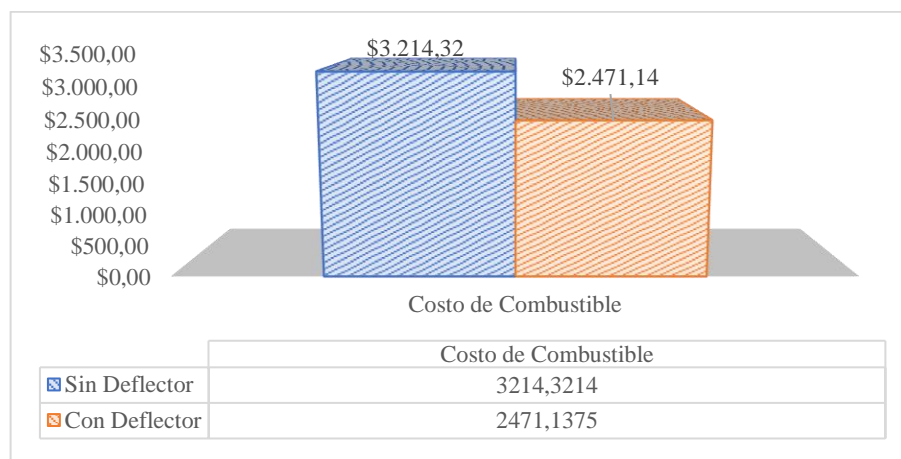


Gráfico 3-4: Costo de combustible para recorrer 41252.28 Km.

Realizado por: Marcillo Pablo. 2021.

Analizando las variaciones de consumo de combustible del Grafico 6-4, se puede determinar que con la implementación del deflector se tiene un ahorro anual de 542.47 galones que tiene un costo de 743,18 \$, la inversión total del proyecto desde su construcción hasta las pruebas de ruta fue de 500\$, la que se recuperara en 8 meses.

CONCLUSIONES

- Por la alta competitividad en el área del transporte y los elevados impuestos de importación fabricar un deflector con fibra de carbono que es la más liviana y resistente no es posible ya que el costo final es muy elevado y no representa una buena inversión para los propietarios de vehículos pesado.
- El uso de herramientas digitales de diseños y simulación son de mucha ayuda en el campo ingenieril ya que acelera el proceso de diseño y construcción reduciendo costos y garantizando el producto final a obtener.
- La evaluación sobre el consumo de combustible con la implementación del deflector fueron satisfactorias ya que se pudo reducir el consumo de combustible en 542,47 galones anuales, esto representa un ahorro de 23.1208 %
- El transporte pesado en general recorre varios kilómetros anualmente, si se toma en cuenta la geografía, existen carreteras en las cuales fácilmente se puede alcanzar velocidad de hasta 90Km/h, por lo que se puede ahorrar de 743,18\$, al año tomando en cuenta el precio actual del diesel en nuestro país que por las reformas gubernamentales está en cambio constante actualmente tiene un costo de 1,37\$ el galón.
- Debido a la geografía irregular de nuestro país el ahorro de combustible puede variar, por ejemplo la ruta Quito- Cuenca es de un gran esfuerzo para el vehículo ya que presenta pendientes tanto positivas y negativas en la ruta que desencadenara en una gran demanda de torque y potencia elevando el consumo de combustible , a diferencia de la ruta Quito - Guayaquil que gran parte del trayecto es plano y la presión atmosférica es mayor lo cual como resultado se tiene una combustión más eficiente y mayor ahorro de combustible en esta última.
- En el campo de la trasportación existen diferentes tipos de mercadería por lo que esto influirá directamente en el consumo de combustible , se las puede clasificar en dos tipos 2 tipos mercadería de peso y mercadería de volumen siendo la mercadería de peso la que provocara aumento en el consumo de combustible debido a que el vehículo requiere altos valores de torque y potencia del motor elevando así el consumo , mientras que la mercadería de volumen permite al vehículo alcanzar grandes velocidades haciendo más eficiente la aplicación del deflector en vehículos que transporten este tipo de mercadería.

RECOMENDACIONES

- Para futuros estudios se puede probar dispositivos adicionales al deflector como carenado frontal, carenado lateral, carenado posterior, tapacubos y cubre tanques, tanto en la cabina del camión como en el furgón o remolque dependiendo del tipo de vehículo en el que se realizaran pruebas
- Durante las pruebas de ruta el llenado del recipiente de combustible del camión debe ser hasta su límite ya que si se toma medida de la pistola del expendedor se está sujeto a la medida límite de la misma y esta puede variar de maquina a máquina.
- Recorrer previamente la ruta de pruebas evita contratiempos y mediciones erróneas del consumo de combustible por diversos factores.
- El rendimiento del vehículo es influenciado directamente por el estado de los filtros por lo que es conveniente revisar el estado del vehículo antes de realizar las pruebas de ruta, evitando medidas erróneas.
- Utilizar el equipo de protección adecuado ya que durante el proceso de construcción la resina utilizada para fijar la fibra de vidrio despiden gases nocivos que pueden afectar nuestra salud.

GLOSARIO

Abrupto: Áspero, escarpado, rudo, arriscado, empinado, intrincado, fragoso, escabroso, inaccesible, infranqueable, difícil (Real academia española, 2021).

Aerodinámica: Es la rama de la mecánica de fluidos, que se encarga de estudiar las acciones sobre un cuerpo sólido cuando es atravesado por un fluido bañándolo completamente siendo este un gas y no un líquido. Su estudio es muy importante para la fabricación de aeronaves y helicópteros también es muy aplicado en el campo automotriz ya que se influye en su eficiencia (Artes, 2020).

Ansys (Software): Es un software de simulación para ingeniería, se basa principalmente en la teoría de elementos finitos para estructuras y volúmenes finitos para fluidos. Ansys está dividido en tres herramientas principales preproceso donde se realiza la geometría y el mallado, proceso y postproceso, el procesador de elementos finitos en la resolución de problemas mecánicos contiene: análisis de estructuras dinámicas y estáticas, análisis de transferencia de calor, fluidodinámica, problemas acústicos y electromagnetismo, es muy práctico ya que facilita el análisis de estructuras sin tener que realizar pruebas destructivas abaratando costos (nys, 2012).

Bache: Es un pequeño desnivel en el suelo o en el pavimento, principalmente se produce por la pérdida o hundimiento de la capa superficial (Real academia española, 2021).

Caja de carga: Parte característica de la carrocería de un vehículo de transporte destinada a contener la carga de mercancía. La caja consiste en una estructura de forma rectangular dotada de vallas altas o bajas, tres de las cuales pueden ser abatibles, la caja se fija al auto bastidor del camión por detrás de la cabina de conducción. El material utilizado es de madera, con bisagras y refuerzos metálicos, o más frecuentemente con chapa de acero. La fijación al bastidor puede ser fija o abatible, de acuerdo a la aplicación requerida (MotorGiga, 2021).

Capa Limite (Mecánica de fluidos): Es la zona donde el movimiento del fluido es perturbado por la presencia de un sólido con el que está en contacto. La capa limite se entiende como aquella en la que la velocidad del fluido respecto al sólido en movimiento varía desde 0 a 99% de la velocidad de la corriente no perturbada (Plaza, 2020).

Canalizar: En la aerodinámica del vehículo hace referencia a darle una dirección al viento que frena el avance del vehículo, de manera que la fuerza que ejerce el viento sobre el vehículo no sea tan alta, esto se logra implementando deflectores y alerones en el vehículo. (Car and Drive, 2009)

Consumo Específico: Es la cantidad de combustible que un motor requiere para suministrar una determinada cantidad de potencia (F.Payri, y otros, 2011).

Container: Es un recipiente de carga para el transporte marítimo, terrestre o multimodal. Se trata de unidades estancas que protegen las mercancías de la climatología, están fabricadas bajo normas ISO, por tal motivo se los conoce también como contenedores ISO, su uso es muy variado desde objetos voluminosos y pesados, motores, maquinaria, pequeños vehículos, mercadería paletizada.

Sus medidas son normalizadas de 6 metros o 20 pies. Son fabricados de acero corten, aluminio y en algunos casos de madera contrachapada y reforzada con fibra de vidrio. En la parte de los cascos el piso es echo de madera y en algunos casos de bambú, interiormente lleva un recubrimiento que evita la humedad, otra de las características constructivas es que en sus esquinas llevan alojamientos para twistlocks lo cual permite introducir unos ganchos que se encuentran en las grúas y en los camiones para poder movilizarlos (Faena, 2020).

Currentilnea: Hace referencia a una superficie con forma de línea cerrada suavemente curvada. La curva puede describir concavidades o convexidades y tiene una tangente común en cualquier parte de la sección (Rodriguez, 2017).

Deflector: También se los conoce como disruptor o spoiler son dispositivos que buscan reducir la fuerza del aire tanto en vehículos como en aeronaves, son fabricados con fibras muy livianas como lana de vidrio, fibra de carbono (Hello auto, 2019).

Dinamómetro automotriz: Es un instrumento para medir fuerza, con base en la deformación elástica de un resorte calibrado. Se conoce también como dinamómetros a los dispositivos empleados para absorber o disipar la potencia generada por una maquina basándose en la medición de ciertos parámetros como par de torción y la velocidad angular (Centro Nacional de metrologia- Mexico, 2019).

Efecto de Arrastre: Es una cantidad adimensional que se utiliza para cuantificar la resistencia de un objeto en un medio fluido como el aire o el agua. Es utilizado en la ecuación de resistencia en donde un coeficiente de resistencia bajo indica que el objeto tendrá menos resistencia aerodinámica o hidrodinámica (Lozano, 2006).

Eficiente: que realiza o efectúa un trabajo o función a la perfección, en relación a una maquina se define como la relación que existe entre la potencia de salida y la potencia de entrada, puede ser medida de forma directa o indirecta (Cultura Cientifica, 2017).

Encuesta: Es un procedimiento dentro de los procesos de una investigación descriptiva en el que el investigador recopila datos mediante el cuestionario previamente diseñado, sin modificar el entorno ni el fenómeno de donde se recolecta la información. Los datos se obtienen realizando un conjunto de preguntas normalizadas dirigidas a una muestra representativa (QuestionPro, 2018).

Ensanchamiento: Se define como la acción y efecto de aumentar su anchura, dar alguna expansión o extensión de algo, ampliación, agrandamiento (Real academia española, 2021).

Flujo Laminar: Se llama así al movimiento de un fluido cuando este es ordenado, estratificado o suave. En el flujo laminar, el fluido se mueve en láminas paralelas sin entremezclarse y cada partícula del fluido sigue una trayectoria suave llamada línea de corriente (Ecofred, 2020).

Flujo Turbulento: Es el movimiento de un fluido de forma caótica, en el que las partículas se mueven desordenadamente y las trayectorias de las partículas se encuentran formando remolinos aperiódicos, lo remolinos mencionados presentan componentes de velocidad de tres direcciones y con valores fluctuantes (Ecofred, 2020).

Furgón: Es parte de la carrocería de un vehículo de transporte destinada a contener la carga o mercancía, consiste en una estructura de forma rectangular, dotada desde dos compuertas hasta cuatro, se fija al bastidor o chasis por detrás de la cabina con abrazaderas metálicas y ángulos. El material utilizado es chapa de hierro o aluminio (Hello auto, 2019).

GLP: Gas Licuado de petróleo (Gasnova, 2015).

Gradiente de velocidad: El gradiente de velocidad medido a través del diámetro de un canal de flujo de fluido, ya sea en una tubería, en el espacio anular o en otra forma. La velocidad de corte es el índice al que cambia la velocidad a la que una capa de fluido pasa sobre una capa adyacente (Física con ordenador, 2011).

Hierco: Mezcla de resina y endurecedor, se aplica con el la fibra de vidrio para que tome forma de la matriz base (Fiver S.A., 2020).

Histéresis: Es la tendencia de un material a conservar una de sus propiedades, en ausencia del estímulo que la ha generado, se puede encontrar diferentes formas de este fenómeno. Por extensión se aplica a fenómenos que no dependen solo de las circunstancias actuales, sino de cómo se ha legado a estada circunstancia (Química.ES, 2019).

Huella de contacto: Es la huella que se forma entre la banda de rodadura y el neumático y el suelo. Toma el nombre de superficie bruta la q comprende los vacíos de las hendiduras y las ranuras. La superficie neta es solamente la ocupada por el caucho. La amplitud de la superficie depende de la carga que se le aplique al neumático y de la presión de inflado. Para calcular se divide la carga por la presión de inflado (Tire Rack, 2019).

Incidencia: En el caso de las superficies planas el ángulo incidente es igual al ángulo reflejado, y su punto de referencia es la recta normal (Real academia española, 2021).

KBEP: Mil barriles equivalentes de petróleo (Instituto de Investigacion Geologico y Energetico , 2020).

Maniobrabilidad: Facilidad de un vehículo, aeronave para ser dirigido (Real academia española, 2021).

Par: Es el momento de fuerza que ejerce un motor sobre el eje de transmisión de potencia, o, dicho de otra manera, la tendencia de una fuerza para girar un objeto alrededor de un eje, punto de apoyo o pivote (Real academia española, 2021).

Polímero: Es una sustancia compuesta por grandes moléculas o macromoléculas formadas por la unión mediante enlaces covalentes de una o más unidades simples llamadas monómeros (Alvarez, 2021).

Potencia: Es la cantidad de trabajo efectuado por unidad de tiempo (Fernandez, 2018).

Presión Hidrostática: Es la presión que se somete un cuerpo sumergido en un fluido, debido a la columna de fluido que tiene sobre él, la presión hidrostática es proporcional a la densidad del fluido, gravedad (Hiru.eus, 2017).

Rodadura: Es un movimiento que combina la rotación y la traslación de ese objeto con respecto a una superficie y que implica que el cuerpo que rueda sobre la superficie lo hace sin resbalar o deslizarse con respecto a esta (Física con ordenador, 2011).

SolidWorks: Es un software de CAD para modelado mecánico y ensamblaje en 2D y 3D. El software ofrece un abanico de soluciones para cubrir los aspectos implicados en el proceso de desarrollo de productos (SolidBi, 2018).

Torque: Toma también el nombre de momento de fuerza y con respecto a un punto da ha conocer en qué medida existe capacidad en una fuerza o sistema de fuerza para cambiar el estado de la rotación del cuerpo alrededor de un eje que pase por dicho punto. El momento tiende a provocar una aceleración angular en el cuerpo sobre el cual se aplica y es una magnitud característica en elementos que trabajan sometidos a una torción o flexión (Física con ordenador, 2011).

BIBLIOGRAFÍA

AGENCIA NACIONAL DE TRANSITO. *Vehiculos Homologados.* [En línea] 23 de Diciembre de 2020. <https://ant.gob.ec/index.php/ley-de-transparencia/ley-de-transparencia-2020/file/7648-listado-vehiculos-homologados-al-23-de-diciembre-2020>.

ALVAREZ, DIANELYS ONDARSE. *Concepto.* [En línea] 15 de Julio de 2021. [Citado el: 27 de Agosto de 2021.] <https://concepto.de/polimeros/>.

ALVARO, TOMAS TATAY. *Análisis de la influencia aerodinámica de la forma estructural de los camiones mediante técnicas CFD.* Valencia, España : Universidad Politécnica de Valencia, 2016.

APARICIO, JUAN PEDRO MATEOS. *Cómo influye la aerodinámica en el consumo de un coche.* [En línea] 07 de Noviembre de 2014. <https://www.autofacil.es/tecnologia/2014/11/08/influye-aerodinamica-consumo-coche/21364.html>.

ARTES, DAVID G. *Diario motor. Aerodinámica del automóvil.* [En línea] 20 de Noviembre de 2020. [Citado el: 11 de Octubre de 2021.] <https://www.diariomotor.com/que-es/mecanica/aerodinamica/>.

CAR AND DRIVE. *Canalización del flujo.* [En línea] 06 de Julio de 2009. [Citado el: 29 de Abril de 2021.] <https://www.caranddriver.com/es/formula-1/a15236/tecnica-f1-canalizacion-del-flujo/>.

CENTRO NACIONAL DE METROLOGIA- MEXICO. [En línea] 13 de Marzo de 2019. [Citado el: 2021 de Abril de 2021.] <https://www.gob.mx/cenam/articulos/que-es-un-dinamometro-vehicular-y-como-se-usa-para-la-medicion-de-emisiones-contaminantes-de-los-vehiculos?idiom=es>.

CULTURA CIENTÍFICA. *Eficiencia.* [En línea] 30 de Mayo de 2017. [Citado el: 24 de Agosto de 2021.] <https://culturacientifica.com/2017/05/30/potencia-eficiencia-una-maquina/>.

ECOFRED. *Flujo Laminar y Turbulento.* [En línea] 05 de Junio de 2020. [Citado el: 01 de Marzo de 2021.] <https://ecofred.com/es/blog/58/tipos-de-flujo-flujos-laminares-y-turbulentos>.

F.PAYRI;& J.M.DESANTEZ. Motores de combustion iterna alternativos. Barcelona : Reverté, 2011.

FAENA, LIAT. *Trafimar*. [En línea] 27 de Julio de 2020. [Citado el: 18 de Abril de 2021.] <https://www.trafimar.com.mx/blog/contenedores-en-el-comercio-mundial>.

FEDERACION INTENACIONAL DEL AUTOMOVIL. Formulario de consumo de combustible. Paris : s.n., 2016.

FERNADEZ, JOSE L. *FisicaLab*. [En línea] 17 de Marzo de 2018. [Citado el: 11 de Julio de 2021.] <https://www.fiscalab.com/apartado/potencia-fisica>.

FISICA CON ORDENADOR. [En línea] 2011. [Citado el: 24 de Junio de 2021.] <http://www.sc.ehu.es/sbweb/fisica/fluidos/dinamica/viscosidad/viscosidad.htm>.

FIVER S.A. *Resina para fibra de vidrio*. [En línea] 21 de Diciembre de 2020. [Citado el: 26 de Julio de 2021.] <https://mexicanfibers.com/tipos-de-resina-para-fibra-de-vidrio/>.

FRAIJA B., ISKANDAR. *Prospectiva . estudio de la aerodinamica en los vehiculos*. s.l., Colombia : Universidad Autonoma del Caribe , 02 de Julio de 2006.

GASNOVA. [En línea] 2015. [Citado el: 24 de Marzo de 2021.] <https://www.gasnova.co/sobre-el-glp/que-es-el-glp/>.

GRUPO EINA. *Blog Mecanicos. Resistecnia a la Rodadura e importancia de los neumaticos*. [En línea] Diciembre de 2017. http://www.blogmecanicos.com/2017/12/la-resistencia-la-rodadura-y-la_5.html.

GTZ. *Matematica aplicada para la tecnica del automovil*. Barcelona : REVERTE. Vol. 8. 08029.

HELLO AUTO. *Hello auto*. [En línea] 12 de Agosto de 2019. [Citado el: 02 de Marzo de 2021.] <https://helloauto.com/glosario/aleron>. 2019.

HIRU.EUS. *presion hidrostatica*. [En línea] 18 de Agosto de 2017. [Citado el: 30 de Mayo de 2021 .] <https://www.hiru.eus/es/fisica/presion-hidrostatica-el-principio-de-arquimedes>.

INSTITUTO DE INVESTIGACION GEOLOGICO Y ENERGETICO . Balance energetico nacional 2018. 26 de Noviembre de 2020.

IZQUIERDO, FRANCISCO APARICIO. Teoria de los vehiculos automoviles. Madrid : DEXTRA, 2016.

LOZANO, WILLIAM ANTONIO OROZCO. [En línea] 2006. [Citado el: 15 de Mayo de 2021.] <https://www.redalyc.org/pdf/4962/496251108005.pdf>.

MERCEDES-BENZ AUTOLIDER ECUADOR S.A. Ficha tecnica. Atego 1725/54. [En línea] 2017.https://www.google.com/search?q=ficha+tecnica+atego+1725&rlz=1C1CHBF_esEC849EC849&oq=ficha+tecnica&aqs=chrome.0.69i59j69i57j0i20i263i395l2j0i395l3j69i6l.6780j1j4&sourceid=chrome&ie=UTF-8.

MOTORGIGA. *Diccionario.* [En línea] 06 de Marzo de 2021. [Citado el: 16 de Mayo de 2021.] <https://diccionario.motorgiga.com/diccionario/caja-de-carga-definicion-significado/gmx-niv15-con193324.htm>.

NYS. CAD-PLM Software. [En línea] 2012. [Citado el: 13 de Junio de 2021.] <https://www.nysplm.com/ansys/.2012>.

PLAZA, DAVID. *Auto.es.* [En línea] 02 de Enero de 2020. [Citado el: 22 de Mayo de 2021.] <https://www.motor.es/formula-1/aerodinamica-capa-limite-flujo-laminar-turbulento-202063700.html>.

QUESTIONPRO. *La encuesta.* [En línea] 22 de Octubre de 2018. [Citado el: 13 de Junio de 2021.] <https://www.questionpro.com/es/una-encuesta.html>.

QUIMICA.ES. *Histeresis.* [En línea] 24 de Marzo de 2019. <https://www.quimica.es/enciclopedia/Hist%C3%A9resis.html>.

REAL ACADEMIA ESPAÑOLA. *Diccionario de a lengua española.* [En línea] 2021. [Citado el: 18 de Agosto de 2021.] <https://dle.rae.es/abrupto?m=form>.

RODRIGUEZ, CARLOS. *Technical Courses. Estudio aerodinamico de un vehiculo.* [En línea] 04 de Agosto de 2014. [Citado el: 07 de Julio de 2021.] http://www.technicalcourses.net/portal/es/blog/blog_entrada.php?entrada_id=89.

RODRIGUEZ, JULIO. *Arrastre y Sustentacion.* [En línea] 21 de Septiembre de 2017. [Citado el: 22 de Agosto de 2018.] <https://es.scribd.com/document/359520261/Arrastre-y-Sustentacion>.

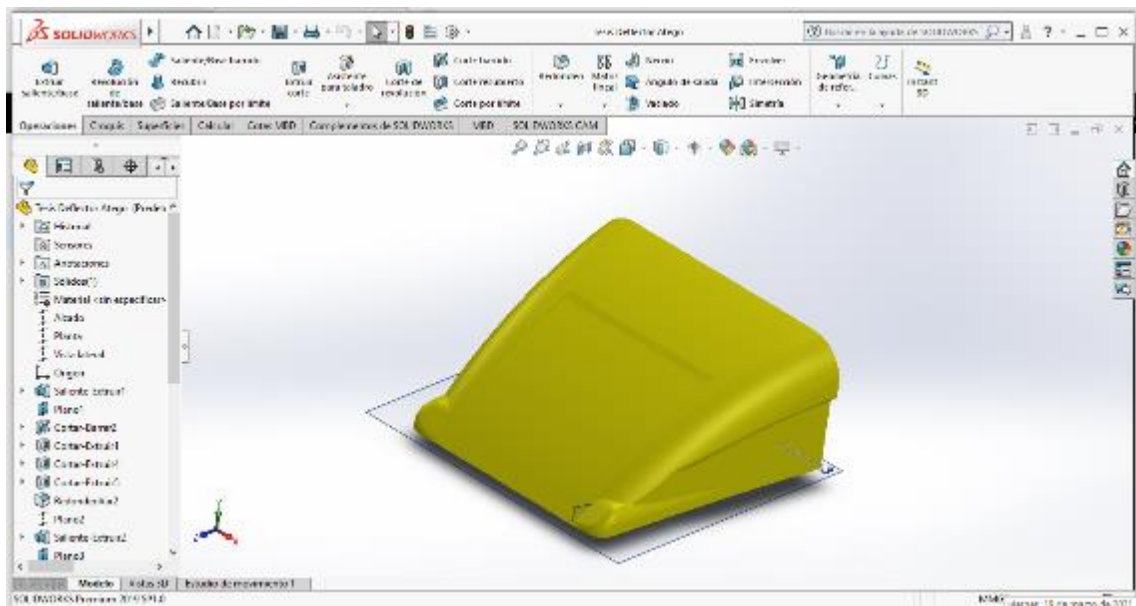
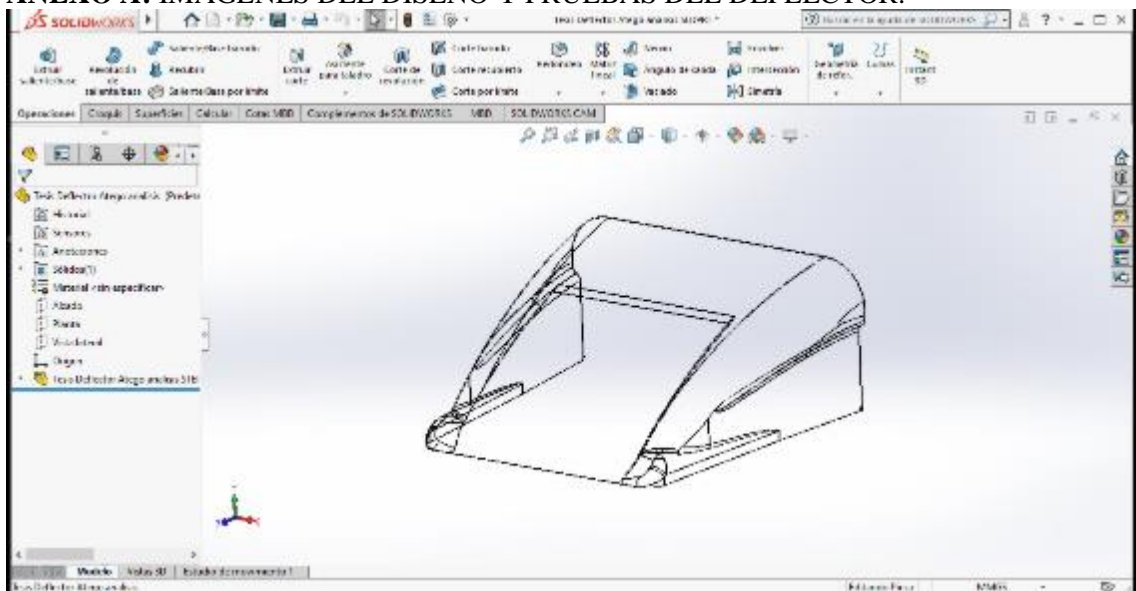
SOLIDBI. [En línea] 2018. [Citado el: 13 de Junio de 2021.] <https://solid-bi.es/solidworks/>.

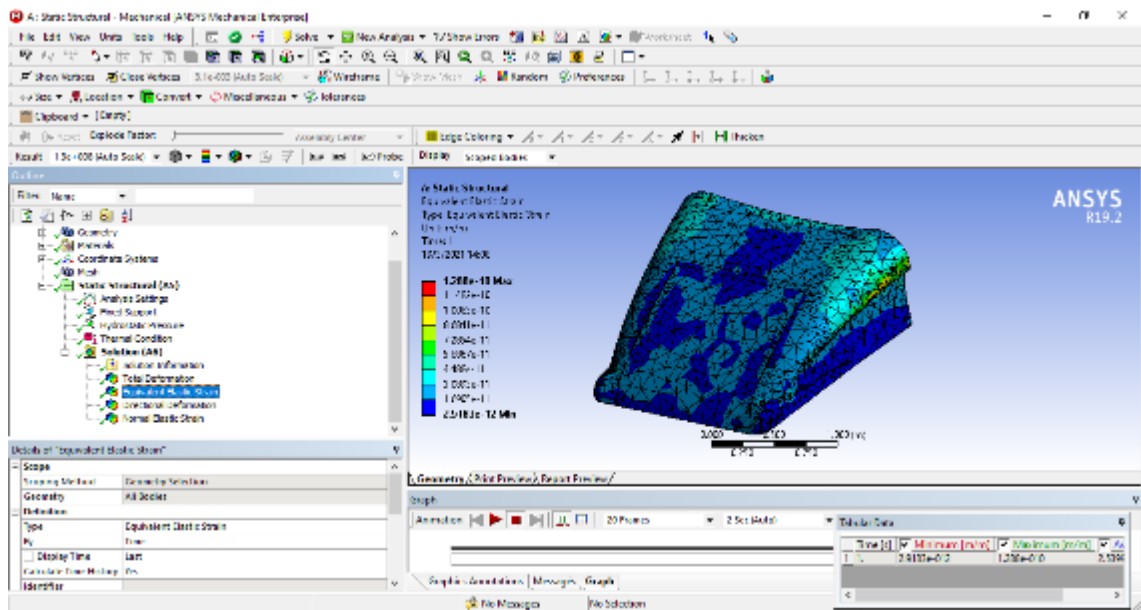
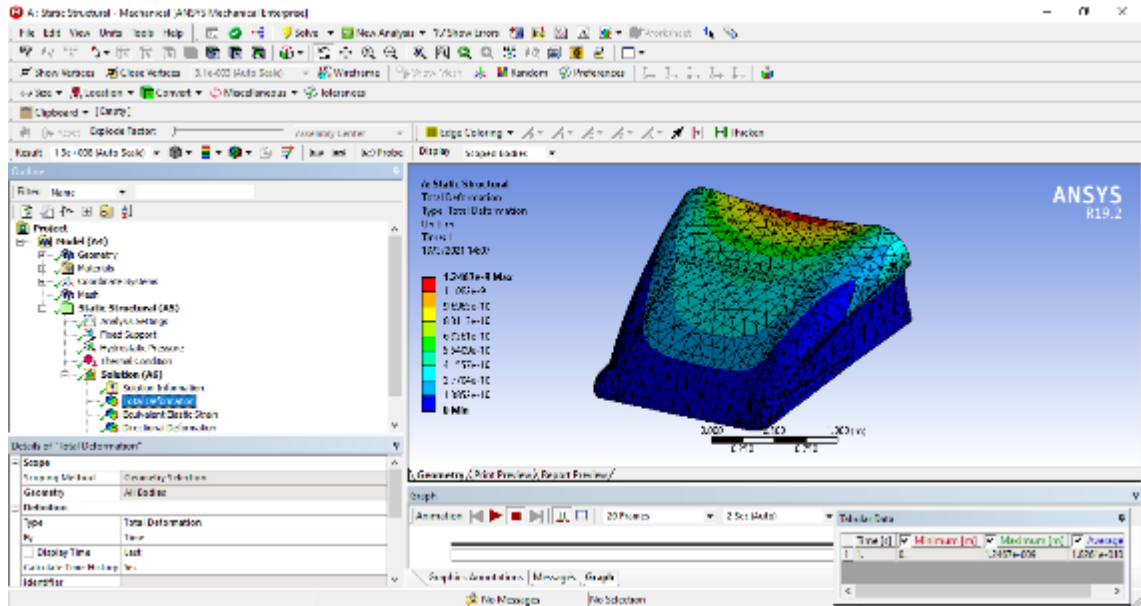
TIRE RACK. [En línea] 04 de Febrero de 2019. [Citado el: 30 de Abril de 2021.] <https://www.tirerack.com/brakes/tech/techpage.jsp?techid=10&ln=sp>.

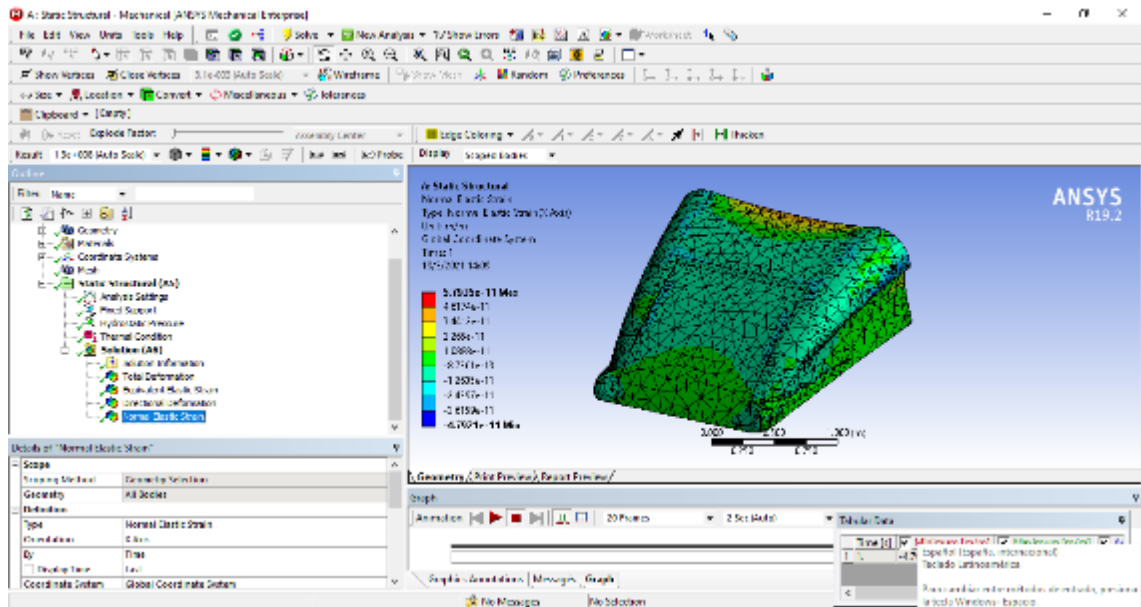
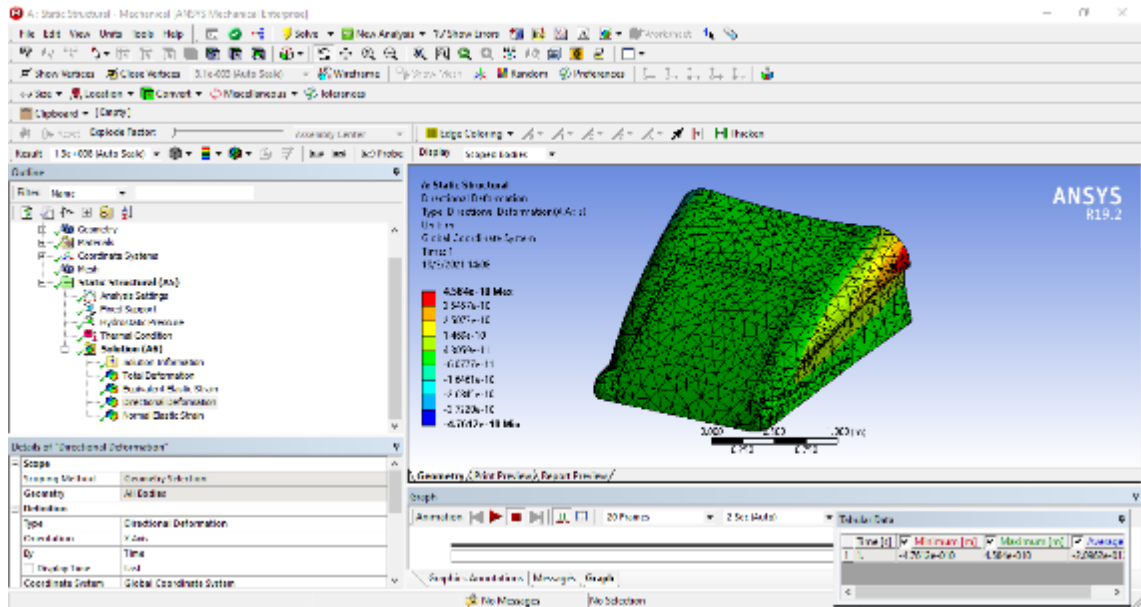
WORLDMETEO. *Worldmeteo.* [En línea] 20 de Enero de 2021. <https://www.worldmeteo.info/es/america-del-sur/ecuador/>.

ANEXOS

ANEXO A: IMÁGENES DEL DISEÑO Y PRUEBAS DEL DEFLECTOR.







ANEXO B: FOTOGRAFÍAS DEL PROCESO DE CONSTRUCCIÓN DEL DEFLECTOR.







ANEXO C: FOTOGRAFÍAS DE LA RECOLECCIÓN DE DATOS SOBRE EL CONSUMO DE COMBUSTIBLE.

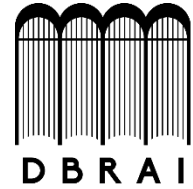


ANEXO D: FORMULARIO DE REGISTRO DE LA F1

Registro de datos de consumo de combustible en ruta					
Lugar:			Fecha:		
Distancia de prueba:			Velocidad de pruebas:		
Punto de partida:			Altura(m.s.n.m.):		
Punto de Llegada:			Altura(m.s.n.m.):		
Datos del vehículo de prueba					
Marca:			N° Cilindros:		
Modelo:			Posición:		
Chasis:			Potencia Max:		
Año:			Torque Max:		
Transmisión:			Cilindrada:		
Kilometraje:			Combustible:		
Neumáticos:			Emisiones:		
Condiciones atmosféricas					
Velocidad del viento:			Presión atmosférica:		
Temperatura del aire:			Presencia de Lluvia:		
Mediciones registradas					
Camión estándar					
N° Pruebas	Hora Inicio	Hora fin	Vo (Gal)	Ve (Gal)	C (Gal)
1					
2					
3					
4					
Camión con el deflector de aire					
N° Pruebas	Hora Inicio	Hora fin	Vo (Gal)	Ve (Gal)	C (Gal)
1					
2					
3					
4					
Vo: volumen del tanque de combustible al inicio de la prueba					
Ve: volumen del tanque de combustible al final de la prueba					
C: consumo de combustible ($C = V_0 - V_e$)					



**ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE
CHIMBORAZO**



**DIRECCIÓN DE BIBLIOTECAS Y RECURSOS
PARA EL APRENDIZAJE Y LA INVESTIGACIÓN**

UNIDAD DE PROCESOS TÉCNICOS
REVISIÓN DE NORMAS TÉCNICAS, RESUMEN Y BIBLIOGRAFÍA

Fecha de entrega: 09/ 09 / 2021

INFORMACIÓN DEL AUTOR/A (S)

Nombres – Apellidos: Pablo Andres Marcillo Moya
--

INFORMACIÓN INSTITUCIONAL

Facultad: Mecánica

Carrera: Ingeniería Automotriz

Título a optar: Ingeniero Automotriz

f. Analista de Biblioteca responsable: Holger Ramos
--