



UNIVERSIDADE DA CORUÑA



Escola Politécnica Superior

Trabajo Fin de Grado
CURSO 2020/21

*TRANSFORMACIÓN DE UN TURISMO RENAULT 5
GTL EN UN VEHÍCULO DE COMPETICIÓN SIN
PERDER LA CAPACIDAD DE CIRCULAR POR LAS
VÍAS PÚBLICAS*

Grado en Ingeniería Mecánica

ALUMNO
TUTOR
FECHA

DANIEL COSTA CASÁS
JESÚS CARDENAL CARRO
JUNIO 2021

ÍNDICE

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES	4
ÍNDICE DE TABLAS	6
1 TÍTULO Y RESUMEN	9
Transformación de un turismo Renault 5 GTL en un vehículo de competición sin perder la capacidad de circular por las vías públicas.....	9
Transformación dun turismo Renault 5 GTL nun vehículo de competición sen perder a capacidade de circular polas vías públicas.....	10
Transformation of a Renault 5 GTL Passenger car into a competition vehicle without losing the right to circulate on public roads.....	10
2 MEMORIA.....	12
2.1 Objeto del Proyecto	12
2.2 Alcance.....	12
2.3 Normativa	13
2.3.1 Disposiciones legales y normas aplicadas	13
2.3.2 Programas de cálculo	14
2.3.3 Bibliografía.....	14
2.3.4 Otras referencias	15
2.4 Requisitos de diseño.....	16
2.5 Análisis de soluciones.....	16
2.5.1 Motor	16
2.5.2 Frenos	19
2.5.3 Sustitución de amortiguadores, barras de torsión y estabilizadoras.....	22
2.5.4 Aletines.....	25
2.5.5 Modificación del ancho de vías	29
2.5.6 Faros adicionales de largo alcance.....	31
2.5.7 Certificado de taller e informe de conformidad	34
2.5.8 Certificación final de obra.	36
2.5.9 ITV.....	36
2.6 Resultados finales.....	37
2.7 Planificación.....	39
2.8 Orden de prioridad entre los documentos	39
3 ANEXOS.....	41
3.1 Anexo I. Pesos Renault 5 después de las modificaciones.....	41
3.2 Anexo II Cálculo de la distribución de pesos por eje y CDG del vehículo modificado.	42
3.2.1 Cálculo de la ubicación longitudinal del centro de gravedad del vehículo en función de diversas cargas variables	43

3.2.2	Análisis altura CDG	45
3.2.3	Cálculo de la aceleración lateral necesaria para que se produzca el vuelco (cálculo cuasiestático considerando vehículo rígido).....	46
3.3	Anexo III. Justificación del cumplimiento del acto reglamentario de pesos y dimensiones reglamento (UE) 1230/2012	48
3.3.1	Masas máximas por eje permitidas.....	48
3.3.2	Masas máximas, de los vehículos, autorizadas	49
3.3.3	Distribución de las masas	49
3.3.4	Dimensiones máximas.....	50
3.4	Anexo IV. Variación de la velocidad máxima.....	50
3.5	Anexo V. Cálculos relativos a los frenos	50
3.5.1	Cálculo de la transferencia de masas durante el frenado.....	50
3.5.2	Cálculo de la fuerza de frenado eje delantero.....	52
3.5.3	Cálculo fuerza frenado sobre el eje trasero.....	54
3.5.4	Fuerza total de frenado.....	57
3.5.5	Distancia de frenado.....	57
3.5.6	Análisis eficacia frenada trasera	57
3.5.7	Cálculo energía calorífica generada durante el frenado del vehículo	58
3.5.8	Cálculo del aumento de temperatura producido durante la frenada en el caso de los discos ventilados	59
3.5.9	Cálculo del aumento de temperatura producido durante la frenada en el caso de los discos macizos	59
3.5.10	Conclusiones del aumento de temperatura.....	59
3.5.11	Cálculo de los factores de convección del disco de freno	60
3.5.12	Análisis enfriamiento disco de freno.....	70
3.6	Anexo VI. Guardabarros	98
3.7	Anexo VII. Neumáticos	100
3.8	Anexo VIII. Luces adicionales de largo alcance.	101
4	PLIEGO CONDICIONES.....	107
4.1	Descripción de las obras productos, instalaciones o servicios	107
4.2	Especificaciones de los materiales y elementos constitutivos del objeto del Proyecto	107
4.3	Aspectos del Proyecto que pueden afectar al objeto del mismo.....	107
5	PRESUPUESTO.....	109

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

Ilustración 1 Disco de freno ventilado en catálogo de piezas especiales Renault 5 Alpine “Coupe” (1).....	20
Ilustración 2 Pinzas de freno correspondiente al freno de disco ventilado en el catálogo de piezas especiales Renault 5 Alpine “Coupe” (1).....	20
Ilustración 3 Disco de freno macizo disponible para el Renault 5 Alpine “Coupe” en el catálogo de piezas especiales (1).....	21
Ilustración 4 Planos Renault 5 Copa obtenidos de (4).....	25
Ilustración 5 Planos de Renault 5 Alpine Groupe 2 obtenidos de (6).....	26
Ilustración 6 Renault 5 Alpine Grupo 2 Calberson.....	31
Ilustración 7 Plantilla informe de conformidad obtenido de (8).....	35
Ilustración 8 Plantilla de Certificado de Taller. Obtenido de (8).....	36
Ilustración 9 Vista lateral izquierda del vehículo reformado.....	37
Ilustración 10 Vista lateral derecha del vehículo reformado.....	37
Ilustración 11 Vista frontal del vehículo reformado.....	38
Ilustración 12 Vista trasera del vehículo reformado.....	38
Ilustración 14 Peso en vacío del eje delantero.....	41
Ilustración 15 Peso en vacío del eje trasero.....	41
Ilustración 16 Peso en vacío del vehículo tras la reforma.....	42
Ilustración 17 Diagrama de medidas horizontales.....	43
Ilustración 18 Diagrama de alturas representativas para el cálculo de la altura cdg.....	45
Ilustración 19. Representación de la parte trasera para mostrar el ancho de vías.....	47
Ilustración 20 Esquema de fuerzas sobre el vehículo durante el frenado.....	51
Ilustración 21 Esquema fuerza carretera-neumático eje delantero durante el frenado ...	52
Ilustración 22 Esquema fuerza neumático-carretera durante el frenado eje trasero.	54
Ilustración 23 Disco de freno ventilado vista frontal.....	60
Ilustración 24 Disco de freno ventilado vista trasera.....	61
Ilustración 25 Perfil freno de disco ventilado.....	62
Ilustración 26 Soluciones analíticas y correlaciones empíricas para la transferencia de calor a través de tubos circulares (19).....	67
Ilustración 27 Vista frontal disco macizo.....	67
Ilustración 28 Disco macizo vista trasera.....	68
Ilustración 29 Perfil freno de disco macizo.....	69
Ilustración 30 Imagen orientativa para observar los requisitos exigidos por la norma (20).	99
Ilustración 31 Diagrama Renault 5 Alpine Gr2 donde se justifica el cumplimiento de la Directiva (20).....	100
Ilustración 32 Foto justificativa de las características del neumático.....	101
Ilustración 33 Homologación faro principal acompañante Renault 5.....	104

Ilustración 34 Homologación faro principal conductor Renault 5	104
--	-----

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1 Identificación del vehículo en base a los datos de la documentación.	12
Tabla 2 Características Motores Renault 5. (Manual de Taller Renault 5, 1986).	16
Tabla 3 Características frenos originales y frenos de la reforma.	19
Tabla 4 Marca, modelo y referencia nuevos amortiguadores.	22
Tabla 5 Diferencias en barras de torsión.	23
Tabla 6 Diferencias en barras estabilizadoras.	23
Tabla 7 Dimensiones del modelo Renault 5 GTL obtenidas de (5).	26
Tabla 8 Dimensiones del modelo Renault 5 Alpine Groupe 2 obtenidas de (6).	27
Tabla 9 Modificación ancho de vías.	30
Tabla 10 Características faros largo alcance.	32
Tabla 11 Ubicación de las masas variables soportadas por el vehículo respecto al eje delantero.	44
Tabla 12 Peso soportado por el eje trasero en función de diferentes cargas variables. .	44
Tabla 13 Peso en el eje trasero y distancias respecto a los ejes con todas las cargas variables.	44
Tabla 14 Altura de los centros de gravedad de las diferentes cargas variables del vehículo.	45
Tabla 15 Altura centro de gravedad teniendo en cuenta individualmente las cargas variables.	45
Tabla 16 Altura del centro de gravedad teniendo en cuenta todas las cargas variables.	46
Tabla 17 Altura centro de gravedad teniendo en cuenta todas las cargas variables excepto el depósito.	46
Tabla 18 Altura del centro de gravedad con el conductor y el depósito lleno.	46
Tabla 19 Altura del centro de gravedad con el peso del conductor y depósito vacío.	46
Tabla 20 Valores de g necesarios para que se produzca el vuelco en la peor situación posible.	47
Tabla 21 Tabla valores límite de vuelco (3).	48
Tabla 22 Justificación de Masas Máximas permitidas (6).	48
Tabla 23 Justificación cumplimiento limitaciones Masa Máxima (5).	49
Tabla 24 Velocidad máxima del vehículo original y reformado (12).	50
Tabla 25 Datos del aire y del disco en las condiciones del análisis.	63
Tabla 26 Cálculo del coeficiente de convección para la región periférica del disco.	63
Tabla 27 Cálculo del coeficiente de convección en la campana del disco.	64
Tabla 28 Cálculo del coeficiente de convección en la superficie lateral (de frenado) del disco.	64
Tabla 29 Cálculo del coeficiente de convección debido al giro del disco.	64
Tabla 30 Cálculo del coeficiente de convección por el interior de los tubos.	65
Tabla 31 Características neumáticos instalados.	100

Tabla 32 Comprobación puntos de luz para luz de carretera tras la reforma.....	105
Tabla 33 Presupuesto	109



UNIVERSIDADE DA CORUÑA



Escola Politécnica Superior

**TRABAJO FIN DE GRADO
CURSO 2020/21**

*TRANSFORMACIÓN DE UN TURISMO RENAULT 5
GTL EN UN VEHÍCULO DE COMPETICIÓN SIN
PERDER LA CAPACIDAD DE CIRCULAR POR LAS
VÍAS PÚBLICAS*

Grado en Ingeniería Mecánica

Documento

TITULO Y RESUMEN

1 TÍTULO Y RESUMEN

Transformación de un turismo Renault 5 GTL en un vehículo de competición sin perder la capacidad de circular por las vías públicas

En el siguiente Proyecto se estudia y analiza la homologación de reformas en un vehículo turismo utilizado para circular por las vías públicas. Para poder realizar modificaciones en un vehículo es necesario seguir una serie de normativas y procedimientos, este proceso que desea realizar el propietario de un vehículo suele ser acompañado por el trabajo de ingenieros, mecánicos y laboratorios de reformas que asesoran, montan y dan las pautas necesarias en base a la normativa vigente para concluir el Proyecto con éxito.

Este Proyecto representa el trabajo realizado por una empresa que gestiona la reforma del vehículo, para lo que es necesario conocer las normativas correspondientes, los trámites administrativos que hay que seguir y disponer de conocimientos mecánicos para cerciorarse de que, a pesar de que las reformas puedan cumplir la normativa, se puedan evaluar bajo un criterio propio y defender las posibles discrepancias que puedan surgir con un laboratorio de reformas o la ITV.



Transformación dun turismo Renault 5 GTL nun vehículo de competición sen perder a capacidade de circular polas vías públicas

No seguinte proxecto estudase e analízase a homologación de reformas nun vehículo turismo utilizado para circular polas vías públicas. Para poder realizar modificacións nun vehículo é necesario seguir unha serie de normativas e procedementos, este proceso que desexa realizar o propietario dun vehículo debe acompañarse do traballo de enxeñeiros, mecánicos e laboratorios de reformas que asesoran, montan e dan as pautas necesarias en base a normativa vixente para concluír o proxecto con éxito.

Este proxecto representa o traballo realizado por unha empresa que xestiona a reforma do vehículo para o que é necesario coñecer as normativas correspondentes, os tramites administrativos que é necesario seguir e dispoñer de coñecementos mecánicos, para, saber que, a pesar de que as reformas poidan cumprir a normativa, sexan avaliadas baixo un criterio propio e defender as posibles discrepancias que poidan xurdir cun laboratorio de reformas ou a ITV.

Transformation of a Renault 5 GTL Passenger car into a competition vehicle without losing the right to circulate on public roads.

The next project study and analyse the homologation of a passenger vehicle for road legal use. It is needed to follow different laws. The owner of the vehicle is the person who wants to do the modifications and he needs to talk with engineers, mechanicals and modification labs who give the correct instructions for do the work properly.

This text represents the work made by an enterprise that made the administrative work, for this purpose it is needed to know the laws, the administrative transactions and mechanical know-how for avoid mistakes and do the correct work with the modification's lab and the Vehicle Technical Inspection (similar to M.O.T.).



UNIVERSIDADE DA CORUÑA



Escola Politécnica Superior

**TRABAJO FIN DE GRADO
CURSO 2020/21**

***TRANSFORMACIÓN DE UN TURISMO RENAULT 5
GTL EN UN VEHÍCULO DE COMPETICIÓN SIN
PERDER LA CAPACIDAD DE CIRCULAR POR LAS
VÍAS PÚBLICAS***

Grado en Ingeniería Mecánica

Documento

MEMORIA

2 MEMORIA

2.1 Objeto del Proyecto

El presente Proyecto tiene por objeto la modificación de un turismo Renault 5 GTL en un Renault 5 Copa con estética Grupo 2 de competición homologado para circular por las vías públicas.

A continuación, se identifica el vehículo:

Tabla 1 Identificación del vehículo en base a los datos de la documentación.

Marca	Renault
Tipo	Renault-5 GTL
Variante	Renault-5 GTL
Denominación comercial	Renault-5 GTL (E)
Matricula	VA-9352-K
Número de bastidor	VSXXXXXXXXXXXXXXXXXX

2.2 Alcance

El Renault 5 representa parte de la historia automovilística de este país y sigue presente en la memoria de muchas personas. Las versiones deportivas en concreto son las que mayor valor de mercado e interés generan debido en gran parte a su escasez e historial en el mundo de la competición. La Copa Nacional Renault permitió a muchos jóvenes iniciar su andadura en el mundo de las carreras como, por ejemplo: Carlos Sainz, Luis Pérez Sala o Luis Villamil. La versión Grupo 2 también resultó exitosa en competición logrando como uno de sus resultados más destacados ocupar la 2ª y 3ª plaza en el Rally de Mónaco de 1978 con Jean Ragnotti y Guy Frequelin a los mandos. A su vez, esta clase de vehículos poseen unas mecánicas muy agradecidas, sencillas y fáciles de trabajar idóneas para comprender la dinámica de un motor de combustión interna, electrónica básica y funcionamiento general del automóvil, por lo que resulta interesante conservarlos para que las futuras generaciones disfruten de los mismos.

En la actualidad, todavía es fácil encontrar modelos comunes como el GTL a precios económicos, pero en estados de conservación deficitarios y, además, las versiones deportivas como el Copa (vehículo del que se extrae el motor a instalar en la reforma) tienen precios elevados que dificultan su compra a aficionados de escasos recursos económicos. Rescatar uno de estos vehículos, realizar una transformación y restaurarlo supone un compromiso con el medio ambiente evitando el procesamiento de un residuo, permite aprovechar piezas que estaban en desuso de las versiones superiores (como el motor) evitando así su destrucción y también permite disfrutar a toda la población de un vehículo que despierta buenas sensaciones y emociones por su exclusividad en la actualidad y cariño. A su vez este tipo de Proyectos genera carga de trabajo a pequeñas empresas como talleres multimarca y tiendas de recambios cada vez más afectadas por la concepción de los automóviles actuales. El placer de conducción y las sensaciones que aportaran el vehículo terminado forman parte también del objeto del Proyecto.

Se analizarán los requisitos legales necesarios para homologar el vehículo y su justificación.

Este Proyecto, por ser de carácter personal y de restauración, se encuentra condicionado por la economía del particular, así como la disponibilidad de recambios por lo que no pueden establecerse de forma concreta los pasos a seguir, independientemente de esto hay diversos puntos que se deben tener claros:

- Es necesario comprar el vehículo de partida y desmontarlo completamente.
- Tras haber realizado el desmontaje del vehículo hay que analizar qué reparaciones es necesario efectuar y que elementos tenemos que modificar para realizar la reforma.
- Previamente al inicio de los trabajos el propietario del vehículo tiene que ponerse en contacto con el taller que realizará las reformas, el departamento de ingeniería encargado del Proyecto, el laboratorio de reformas y la ITV para asegurarse de que las reformas que desea realizar en el vehículo son posibles en todos los sentidos y poder llegar a un consenso.
- El taller deberá realizar las reformas en función de las directrices del departamento de ingeniería y el laboratorio de reformas. En caso de que sea un particular quien ejecuta las reformas es necesario que siga las instrucciones del Proyecto igualmente y que un taller revise el trabajo para emitir un certificado de taller.
- Para poder realizar las reformas es necesario la compra de recambios y materiales y la búsqueda de ciertos repuestos en Centros Autorizados de Tratamiento de Vehículos (CAT).
- Una vez efectuadas las reformas se debe finalizar el Proyecto.

La labor del ingeniero en este proceso consiste en realizar el Proyecto e incluso realizar el trabajo de asesoramiento y gestión de trámites al propietario que es la visión central en la que se va a centrar este Proyecto.

2.3 Normativa

2.3.1 Disposiciones legales y normas aplicadas

Para poder realizar reformas en un vehículo en España hay que tener en cuenta las siguientes normativas:

- Real Decreto 920/2017, de 23 de octubre, por el que se regula la inspección técnica de vehículos.
- Real Decreto 866/2010, de 2 de julio, por el que se regula la tramitación de las reformas de vehículos.
- Real Decreto 2028/1986, de 6 de junio, por el que se dictan normas para la aplicación de determinadas Directivas de la CEE, relativas a la homologación de tipos de vehículos automóviles, remolques y semirremolques, así como de partes y piezas de dichos vehículos.
- Manual de Procedimientos de Inspección de las Estaciones ITV Versión 7.5.0 Covid-19. 01/06/2021
- Manual de Reformas de Vehículos Revisión 6ª - Corrección 1. Mayo 2020.
- Real Decreto 2822/1998, de 23 de diciembre, por el que se aprueba el Reglamento General de Vehículos.
- Todas las Directivas y Reglamentos de la Unión Europea relacionadas con los actos reglamentarios afectados.

Una vez analizadas las normativas el procedimiento que hay que seguir es el siguiente:

- Se observa en el Manual de Reformas de Vehículos, en adelante, Manual de Reformas dónde están tipificadas todas las reformas que es posible realizar legalmente en un vehículo en España.
- Se accede a la reforma que deseamos realizar y se observa qué actos reglamentarios se ven afectados por la misma para la categoría de vehículo con la que estamos trabajando.
- Una vez identificados los actos reglamentarios afectados acudimos al Real Decreto 2028/1986 para identificar la Directiva o Reglamento que estaba en vigor en fecha de matriculación del vehículo o en la actualidad y así poder analizarla.
- Una vez analizada la Directiva o Reglamento se procede a su justificación si es posible, en caso contrario, debemos analizar si el Proyecto es viable para continuar con el mismo. Para justificar los actos reglamentarios es necesario mantener contacto con el laboratorio de reformas quien tiene la autoridad de emitir el informe de conformidad cuando sea necesario (además del fabricante, pero esta vía es menos habitual).
- Además de cumplir las directivas y reglamentos, hay que asegurarse de que el vehículo reformado cumple el Reglamento General de Vehículos y con los puntos a analizar en la ITV que podemos revisar en el Manual de Procedimientos de Inspección de las Estaciones ITV.
- Se efectúa la reforma en el vehículo.
- Se pone el vehículo reformado a disposición del laboratorio de reformas, y en caso de que todo cumpla los requisitos exigidos este emite el informe de conformidad cuando sea necesario.
- Una vez obtenido el informe de conformidad, el vehículo objeto de la reforma debe presentarse a la ITV donde se aplicará un procedimiento específico para vehículos reformados.
- Una vez superada la ITV, el vehículo es apto para circular por las vías públicas

2.3.2 Programas de cálculo

El uso de frenos ventilados se ha justificado mediante un análisis térmico implementado con el método de elementos finitos (FEM) realizado con el software SolidWorks.

2.3.3 Bibliografía

Baselga Ariño, Santiago. 2013. *Manual Teórico sobre Reformas de Vehículos.* Zaragoza : KRONOS, 2013. 978-84-96267-44-2.

Billequé, Cédric. 2016. www.Renault-5.net. [En línea] 2016. [Citado el: 12 de Marzo de 2021.]

Cascajosa, Manuel. 2015. *Ingeniería de Vehículos, Sistemas y cálculos.* Madrid : Editorial Tébar Flores, S.L., 2015. 978-84-7360-305-8.

Colegios Oficiales de Ingenieros Industriales de Álava, Bizkaia, Gipuzkoa y Navarra. 2017. Encuesta de Salarios y Actividad Profesional. 2017.

Einsa. 1986. Manual de Taller Renault 5. 1986. Vol. I, pág. 171.

FASA-Renault. 1977. Renault 5 Copa Manual de Conservación. Madrid : FASA-Renault, 1977.

García Galea, Rubén y Estremera Carrera, Vanesa. 2014. Análisis y Diseño de un Disco de Freno. Pamplona : Universidad Pública de Navarra, 2014.

García León, Ricardo Andrés y Flórez Solano, Eder Noberto. 2016. Estudio analítico de la transferencia de calor por convección que afectan los frenos de disco ventilados. Bogotá D.C.- Republica de Colombia : Revista Tecnura, 2016. 20 (Edición especial). 15-30. doi: 10.14483/udistrital.jour.tecnura.2016.SE1.a01.

García León, Ricardo Andrés, Echavez Díaz, Robert Dajjan y Flórez Solano, Eder. 2018. Análisis termodinámico de un disco de freno automotriz con pilares de ventilación tipo NACA 66-209. Ocaña (Colombia) : Universidad Francisco de Paula Santander, 2018.

Gillespie, Thomas D. 1992. *Fundamentals of Vehicle Dynamics*. Warrendale : Society of Automotive Engineers, Inc., 1992. 1-56091-199-9.

Kreith, Frank, Manglik, Raj M. y Bohn, Mark S. Principios de Transferencia de Calor. México : Thomson Learning.

Lillo Harún, Sebastian Patricio. 2006. Comportamiento Termomecánico en un Disco de Freno Macizo y uno Autoventilado. Valdivia-Chile : Universidad Austral de Chile, 2006.

Luque, Pablo, Álvarez, Daniel y Vera, Carlos. 2004. *Ingeniería del Automóvil Sistemas y Comportamiento Dinámico*. Madrid : Thomson Editores Spain Paraninfo, S.A., 2004. 84-9732-283-5.

Renault Sport. 1978. *Renault 5 Alpine R1223 "Coupe" Pièces Spéciales P.R. 1056 R1223 "Coupe"*. Boulogne Villancourt : Renault Sport, 1978.

Renault Sport. 1980. *Renault 5 Alpine R1223 "Groupe 2" Pièces Spéciales*. Viry-Chatillon : Renault Sport, 1980.

Renault Sport. Direction du produit. *Descriptif commercial Renault 5 Alpine Groupe 2*. Boulogne - Billancourt : s.n.

Sáiz Jabardo, José María, Arce Ceinos, Alberto y Lamas Galdo, María Isabel. 2012 (1.ªedición), 2019 (reimpresión). *Transferencia de Calor*. A Coruña : Universidade da Coruña, Servizo de Publicacións, 2012 (1.ªedición), 2019 (reimpresión). 978-84-9749-514-1.

Tecnología y Fabricación, SA. *Braid*. [En línea] [Citado el: 10 de Junio de 2021.] <https://www.braid.es/>.

Velasco, Calixto García. 2005. Zona Gravedad. [En línea] 2005. [Citado el: 03 de 06 de 2021.] <http://www.zonagravedad.com/>.

2.3.4 Otras referencias

Para la elaboración de este tipo de Proyectos es muy importante disponer de bibliografía y del estudio de las leyes pero tan importante como esto es la experiencia en la reparación, restauración y preparación de vehículos para conocer de primera mano si las reformas realizadas están bien hechas a pesar de cumplir la normativa y, así, evitar posibles averías y fraudes. Tener un criterio propio para evaluar las mismas, ser una persona con contactos para obtener datos y conocimientos no escritos acerca de los vehículos que se reforman y a su vez poder llegar a acuerdos con los laboratorios de reformas encargados de expedir el certificado de conformidad es también recomendable. En los últimos años, la falta de pasión por parte de muchas personas que regentan un puesto de trabajo y, en concreto, en este ámbito llevan a situaciones incómodas que hay que afrontar resolutivamente.

2.4 Requisitos de diseño

El cliente es Daniel Costa Casás, con domicilio en A Coruña, una ciudad de 245000 habitantes, rodeada de mar, ahora mismo se encuentra superando la pandemia de Coronavirus, la expectativa de vida es alta y el nivel de vida es el propio de las sociedades occidentales.

El Proyecto consiste en la transformación de un Renault 5 GTL en un Renault 5 Copa con estética GR2. Debido a que ambas versiones han existido y circulado por las carreteras los requisitos exigidos son cumplir de la forma más fiel posible con el diseño de los mismos, si bien es cierto que se han realizado estudios para el sistema de frenado y del reparto de pesos del vehículo con el objetivo de reafirmar la seguridad de las reformas. Como se menciona anteriormente, las reformas no se pueden realizar de forma libre, en el apartado 2.3 **NORMATIVA** podemos ver que es necesario seguir una serie de pasos y cumplir una serie de condiciones.

2.5 Análisis de soluciones

A continuación, se desglosa lo explicado en el apartado 2.3 comenzando por la búsqueda de las reformas realizadas en base al Manual de Reformas, analizando los actos reglamentarios y justificándolos debidamente con el fin de poder presentar el Proyecto ante un laboratorio de reformas y poder obtener así el informe de conformidad.

2.5.1 Motor

El vehículo de partida posee un motor de 1108 cc y 45 cv. Se sustituye por un motor de Renault 5 Copa de 1397 cc y 93 cv. La sustitución de un motor por otro no requiere adaptación, son perfectamente intercambiables. A continuación, se presenta una tabla comparativa con las características de ambas mecánicas:

Tabla 2 Características Motores Renault 5. (Manual de Taller Renault 5, 1986).

MOTOR	688 (13)(GTL)	840 (25)(Copa)
Nº de cilindros	4	4
Disposición	En línea	En línea
Orden de encendido	1-3-4-2	1-3-4-2
Calibre (mm)	70	76
Carrera (mm)	72	77
Cilindrada	1108	1397
Rel. compresión	9.5:1	10:1
Potencia máx. (DIN)	45 CV a 5000 r.p.m.	93 CV a 6400 r.p.m.
Par máximo	8 m.kg. a 2500 r.p.m.	11.65 m.kg. a 3000 r.p.m.

El código motor de la unidad propulsora original es: 688 (13).

El código motor de la unidad propulsora instalado es: 840 (25).

- CÓDIGOS DE REFORMA AFECTADOS

Tras conocer las diferencias entre ambas mecánicas, se localiza en el Manual de Reformas qué puntos se ven afectados por la sustitución del motor y son los siguientes:

- Modificación o sustitución de la unidad motriz por otra de distintas características. Apartado 2.3 del Manual de Reformas.
- Modificación de sistemas o de la programación de los mismos que puedan variar la potencia máxima. Apartado 2.9 del Manual de Reformas.

- ACTOS REGLAMENTARIOS AFECTADOS

Una vez identificados los códigos de reformas se procede a analizar los actos reglamentarios afectados, una vez identificados observamos si es obligatorio su cumplimiento para la categoría del vehículo y, en caso afirmativo, se observa si es necesario su cumplimiento a fecha de 1ª matriculación o si es necesario cumplir el acto reglamentario a fecha de emisión del informe de conformidad. Con esto en mente, se observan las directivas o reglamentos que indican todos los puntos que se tienen que cumplir para que la reforma pueda ser aceptada y se justifica su cumplimiento.

Los actos reglamentarios a cumplir para legalizar esta reforma son:

- NIVEL SONORO

- Directiva 70/157/CEE Relativo al nivel sonoro.
 - Se cumple este acto reglamentario puesto que la unidad propulsora instalada en el vehículo proviene de un vehículo homologado sujeto a los mismos requisitos técnicos para su homologación que el motor original y mantenemos la línea de admisión y escape completa del vehículo donante. Este acto reglamentario ha sido actualizado en más de una ocasión, la reforma 2.3 obliga a cumplirlo a fecha de la primera matriculación.

- EMISIONES

- Directiva 70/220/CEE.
 - Se cumple este acto reglamentario puesto que el motor instalado está sujeto a los mismos requisitos de homologación que la unidad propulsora original de vehículo. Para el código de reforma 2.3 se exige el cumplimiento de este acto reglamentario a fecha de matriculación del vehículo lo que implica tener en cuenta las siguientes actualizaciones:
 - Directiva 74/290/CEE.
 - Directiva 77/102/CEE.
 - Directiva 78/665/CEE.
 - Directiva 83/351/CEE.
- Reglamento (CE) Nº 715/2007. Emisiones (Euro 5 y 6), vehículos ligeros/acceso a la información.
 - No es necesario cumplir este acto reglamentario puesto que no estaba en vigor en fecha de matriculación del vehículo y la reforma 2.3 solo exige su cumplimiento en ese caso.

- DEPOSITOS DE COMBUSTIBLE.
 - Directiva 70/221/CEE Referente a los depósitos de carburante líquido.
 - No se sustituye el depósito de carburante por lo que este acto reglamentario no se ve afectado por la reforma. Independientemente de lo descrito anteriormente, añadimos a continuación las actualizaciones que ha sufrido este acto reglamentario:
 - Directiva 79/490/CEE.
 - Directiva 81/333/CEE.
 - Directiva 97/19/CE.
 - Directiva 2000/8/CE.
 - Directiva 2006/20/CE.
 - R(CE) 661/2009.
- PARÁSITOS RADIOELÉCTRICOS (COMPATIBILIDAD ELECTROMAGNÉTICA).
 - Directiva 72/245/CEE.
 - El motor instalado posee todo el sistema eléctrico del vehículo donante, el cual, estaba instalado sobre una carrocería de las mismas características, por tanto, este acto reglamentario no se ve afectado por la reforma realizada. A fecha de matriculación del vehículo si observamos el Real Decreto 2028/1986 no existe ninguna actualización de este acto reglamentario.
- EMISIONES DIÉSEL
 - El AR no es aplicable al vehículo en cuestión.
- NEUMÁTICOS
 - Directiva 92/23/CEE.
 - Esta directiva se ha derogado. El Manual de Reformas obliga a cumplir este acto reglamentario a fecha de tramitación de la reforma. Sus actualizaciones fueron:
 - Directiva 2001/43
 - Directiva 2005/11
 - Reglamento (CE) 661/2009.
 - Reglamento (UE) 458/2011
 - Los neumáticos instalados son neumáticos homologados por lo que se cumple este acto reglamentario. Justificación en anexo VII.
 - Reglamento (UE) 2015/166
 - Los neumáticos instalados son neumáticos homologados por lo que cumplimos este acto reglamentario. Justificación en anexo VII.
- EMISIONES (EURO 6) VEHÍCULOS PESADOS
 - El AR no es aplicable a la categoría del vehículo.
- MASAS Y DIMENSIONES (AUTOMÓVILES)
 - Directiva 92/21.
 - Directiva derogada. Es necesario cumplir este acto reglamentario a fecha de tramitación de la reforma. Actualizaciones a esta directiva:
 - Directiva 95/48.
 - Reglamento (CE) 661/2009.
 - Reglamento (UE) 1230/2012.
 - En los anexos I, II, III y IV se justifica.
- EQUIPOS ESPECIALES PARA GLP
 - El AR no es aplicable al vehículo en cuestión.
- EQUIPOS ESPECIALES PARA GNC
 - El AR no es aplicable al vehículo en cuestión.

- HUMOS DIÉSEL
 - El AR no es aplicable al vehículo en cuestión.
- POTENCIA DEL MOTOR
 - Directiva 80/1269/CEE.
 - El motor instalado en el vehículo no ha sufrido ninguna modificación, por tanto, este acto reglamentario no se ve afectado.

2.5.2 Frenos

A continuación, se procede a analizar las modificaciones que se van a realizar en el sistema de frenos del vehículo, para observar correctamente las diferencias entre los frenos se presenta la siguiente tabla:

Tabla 3 Características frenos originales y frenos de la reforma

	Frenos delanteros		Frenos traseros	
	ORIGEN	REFORMA	ORIGEN	REFORMA
Tipología	Disco macizo	Disco ventilado	Tambor	Disco macizo
Diámetro exterior (m)	0,2275	0,2275	0,180	0,2275
Procedencia	Renault 5 GTL	Renault Traffic Renault 5 Alpine Coupe Renault 12 Gordini	Renault 5 GTL	Renault 5 Copa Turbo

Cabe resaltar que los soportes originales de las pinzas de freno y del disco de freno no se modifican, puesto que las piezas donantes son compatibles con la mecánica original del vehículo, de hecho, los frenos objeto de la reforma han formado parte del catálogo de piezas de Renault 5 en diferentes versiones como se puede apreciar en las siguientes imágenes (Renault Sport, 1978) (Renault, 1980).

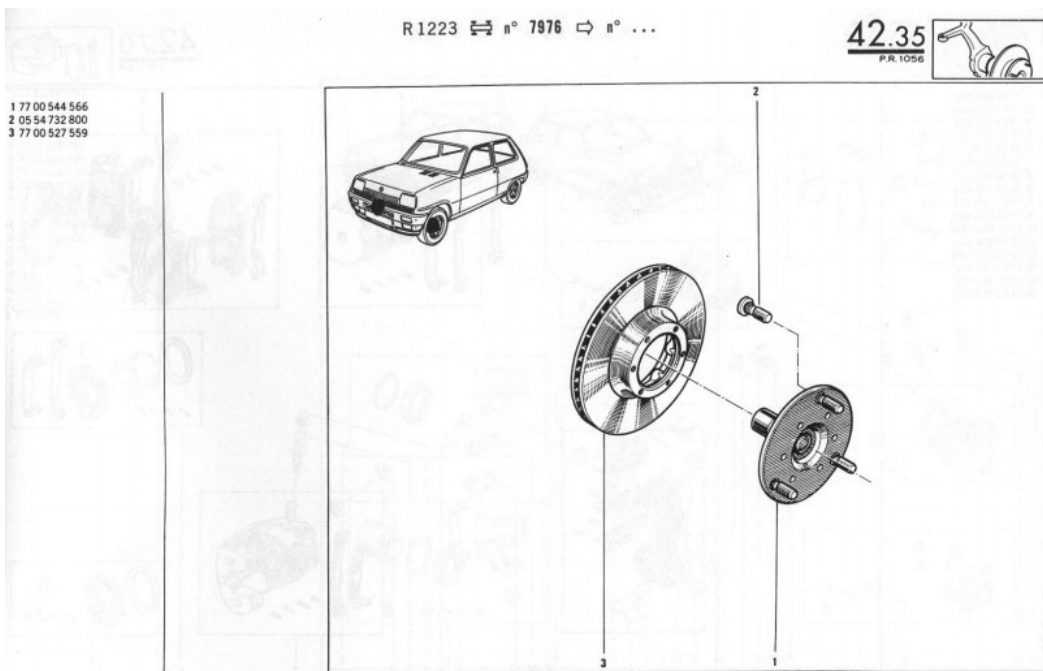


Ilustración 1 Disco de freno ventilado en catálogo de piezas especiales Renault 5 Alpine "Coupe" (Renault Sport, 1978).

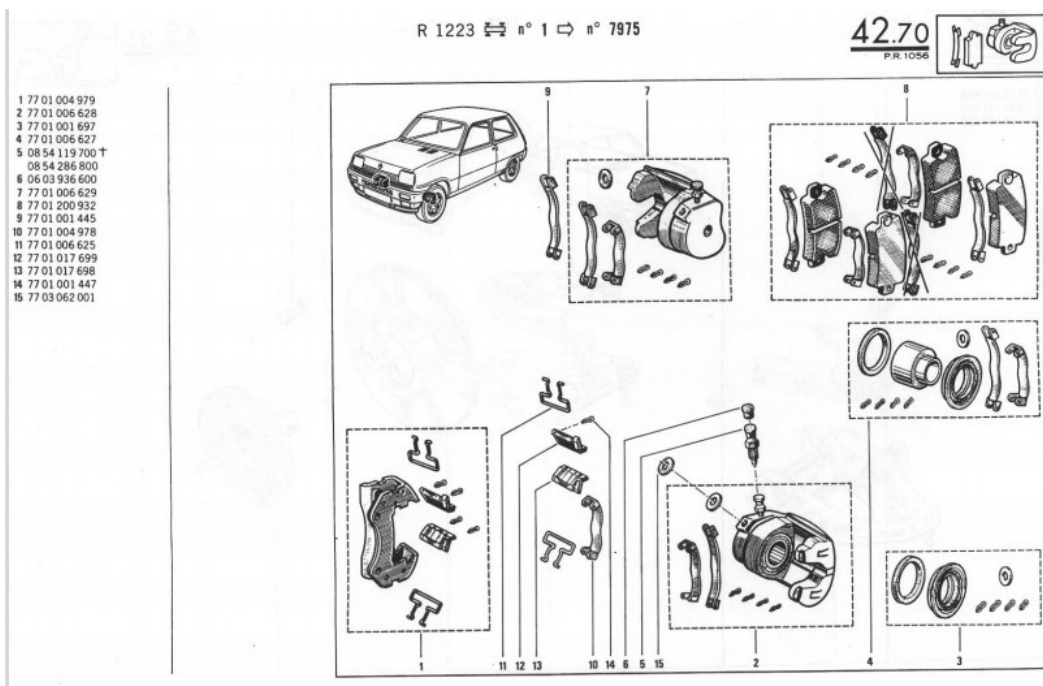


Ilustración 2 Pinzas de freno correspondiente al freno de disco ventilado en el catálogo de piezas especiales Renault 5 Alpine "Coupe" (Renault Sport, 1978).

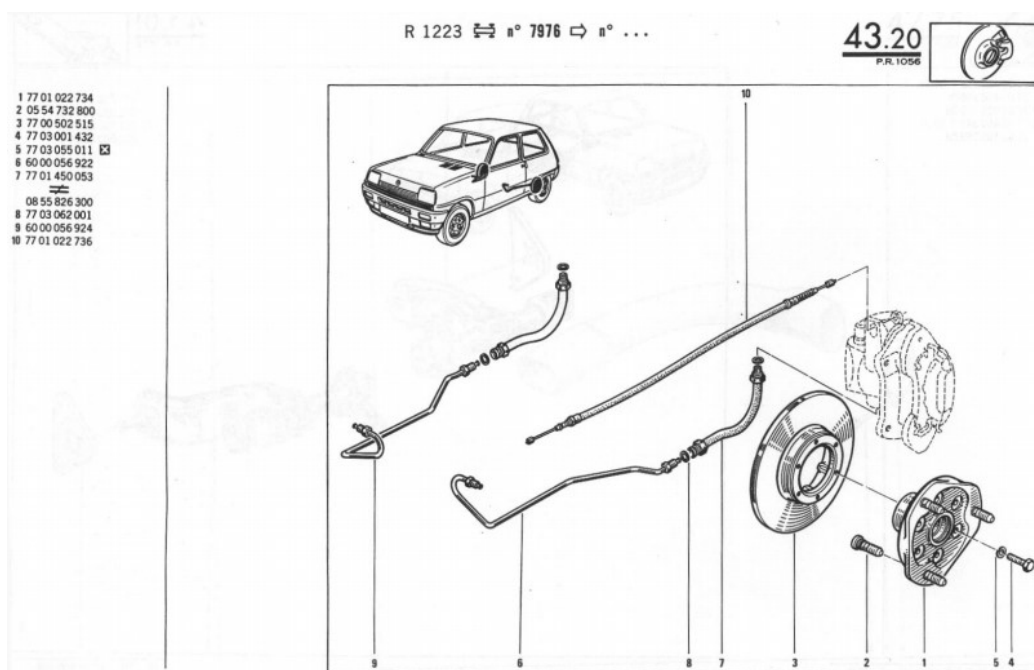


Ilustración 3 Disco de freno macizo disponible para el Renault 5 Alpine “Coupe” en el catálogo de piezas especiales (Renault Sport, 1978).

- CÓDIGOS DE REFORMA AFECTADOS

A continuación, como en el caso del cambio de motor analizamos, los Códigos de Reforma afectados por esta modificación y resulta ser el siguiente:

- Modificación de las características del sistema de frenado o de alguno de sus componentes. Apartado 7.1 del Manual de Reformas.

- ACTOS REGLAMENTARIOS AFECTADOS

Una vez localizados los Códigos de Reforma afectados se analizan los Actos Reglamentarios que hay cumplir:

- MECANISMOS DE DIRECCIÓN

- Directiva 70/311/CEE Referente a mecanismos de dirección. Necesario cumplir este acto reglamentario a fecha de tramitación de la reforma. Esta directiva ha sido derogada por el siguiente Reglamento:
 - 661/2009 Relativo a los requisitos de homologación de tipo referentes a la seguridad general de los vehículos de motor, sus remolques y sistemas, componentes y unidades técnicas independientes a ellos destinados.
 - Reglamento n.º 79 CEPE.
 - Este acto reglamentario no se ve afectado por la modificación en el sistema de frenado.

- FRENADO

- Directiva 71/320/CEE. Referente a frenado. Esta directiva ha sido derogada. Las leyes vigentes son las siguientes:
 - Directiva 661/2009.
 - Reglamento n.º 13-H CEPE
 - Los frenos instalados tras la reforma poseen un rendimiento mayor que el equipo original del modelo Copa, se justifica en Anexo V.

- PARÁSITOS RADIOELÉCTRICOS
- Directiva 72/245/CEE. Referente a parásitos radioeléctricos.
 - Este acto reglamentario se aplica a fecha de 1ª matriculación del vehículo. La modificación realizada en el sistema de frenos no afecta a ningún componente eléctrico por lo que este acto reglamentario no se ve afectado por la reforma del vehículo.
- ACONDICIONAMIENTO INTERIOR
- Directiva 74/60/CEE. Referente al acondicionamiento interior. Tenemos que respetar las actualizaciones siguientes:
 - Directiva 78/632/CEE.
 - Este acto reglamentario se aplica a fecha de 1ª matriculación del vehículo. No se ve afectado por la reforma del vehículo puesto que no se modifica ningún elemento del habitáculo para la realización de la misma.

Además de cumplir los actos reglamentarios, se justifica mediante un completo estudio que figura en el anexo II que los frenos de disco ventilados delanteros aumentan la seguridad del conjunto debido a que son más resistentes al "Fading" (principal problema en el sistema de frenado) debido a que necesitan más energía para aumentar 1°C su temperatura y además evacuan el calor de forma mucho más efectiva. En el caso de los frenos traseros sucede lo mismo, el disco de freno es un sistema cuya disipación de calor es mejor que en el caso de los tambores y tienen una mayor precisión (Gillespie, 1992) teniendo en cuenta, además, que la versión Copa Turbo monta este sistema de serie su intercambio no necesita más justificación que la de los Actos Reglamentarios.

2.5.3 Sustitución de amortiguadores, barras de torsión y estabilizadoras.

Con objeto de mejorar el comportamiento y seguridad del vehículo se sustituyen diversos componentes del sistema de suspensión. Se incluyen todos en la misma reforma puesto que los diversos componentes trabajan de forma conjunta y adecuado su análisis conjunto. Son piezas perfectamente intercambiables por lo que su sustitución no presenta problemas.

Los amortiguadores instalados en el vehículo son los siguientes:

Tabla 4 Marca, modelo y referencia nuevos amortiguadores.

EJE	MARCA Y MODELO	REFERENCIA
Delantero	Gaz Gold	GT6-2208
Trasero	Gaz Gold	GT7-2207

Las barras de torsión instaladas provienen de la versión Copa Turbo del Renault 5 y poseen las siguientes características distintivas respecto las de la versión GTL que las aporta un coeficiente K de rigidez superior, la altura del vehículo no sufre modificaciones:

Tabla 5 Diferencias en barras de torsión

EJE	VERSIÓN	DIÁMETRO (mm)
Delantero	GTL	16.6
Trasero	GTL	Izquierda = 18.5
		Derecha = 19.7
Delantero	Copa Turbo	19.5
Trasero	Copa Turbo	20.5

Las barras estabilizadoras se sustituyen igualmente por las de la versión Copa Turbo y poseen las siguientes características:

Tabla 6 Diferencias en barras estabilizadoras

EJE	VERSIÓN	DIÁMETRO (mm)
Delantero	GTL	16
Trasero	GTL	14
Delantero	Copa Turbo	17
Trasero	Copa Turbo	19.5

- CÓDIGOS DE REFORMA AFECTADOS

El código de reforma afectado por esta modificación es el siguiente:

- 5.1 Modificación de las características de la suspensión o de algunos de sus componentes elásticos.

- ACTOS REGLAMENTARIOS AFECTADOS

- FRENADO

- Directiva 71/320/CEE. Referente a frenado. Esta directiva ha sido derogada. Las leyes vigentes son las siguientes:
- Directiva 661/2009.
- Reglamento n.º 13-H CEPE
 - Se cumple este acto reglamentario.

- MASAS Y DIMENSIONES (AUTOMÓVILES)

- Directiva 92/21.
 - Directiva derogada. Es necesario cumplir este acto reglamentario a fecha de tramitación de la reforma. Actualizaciones a esta directiva:
 - Directiva 95/48.
- Reglamento (CE) 661/2009.
- Reglamento (UE) 1230/2012.
 - En los anexos I, II y III se justifica.

- MASAS Y DIMENSIONES (RESTO DE VEHÍCULOS)

- El acto reglamentario no es aplicable a la categoría del vehículo.

- DISPOSITIVOS DE PROTECCIÓN TRASERA

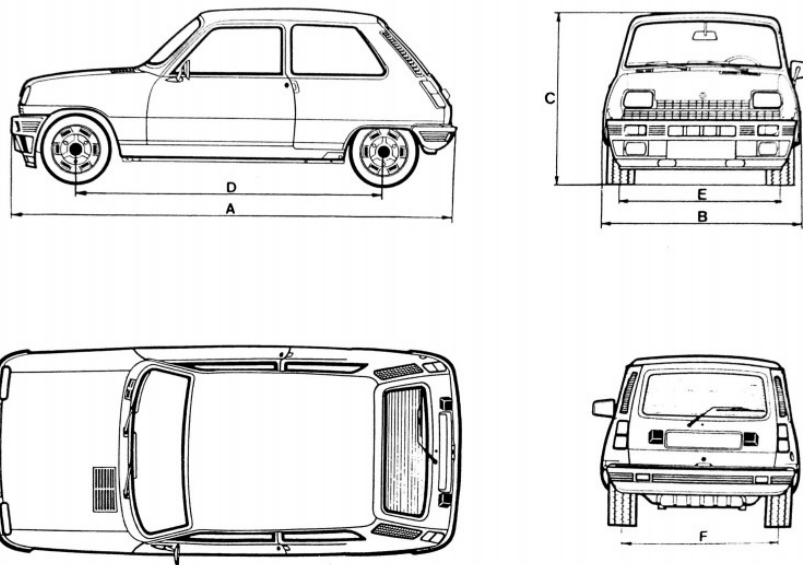
- Directiva 70/221/CEE. Referente a los dispositivos de protección trasera.
 - Este acto reglamentario no se ve afectado por la reforma del vehículo.

- EMPLAZAMIENTO DE LA PLACA DE MATRÍCULA POSTERIOR
- Directiva 70/222/CE. Referente al emplazamiento de la placa de matrícula posterior.
 - Este acto reglamentario no se ve afectado por la reforma del vehículo.
- PARÁSITOS RADIOELÉCTRICOS (COMPATIBILIDAD ELECTROMAGNÉTICA)
- Directiva 72/245/CEE. Referente a la compatibilidad electromagnética.
 - Este acto reglamentario no se ve afectado por la reforma.
- INSTALACIÓN DE LOS DISPOSITIVOS DE ALUMBRADO Y SEÑALIZACIÓN LUMINOSA
- Directiva 76/756/CEE. Relativa a la instalación de los dispositivos de alumbrado y de señalización luminosa de los vehículos a motor y de sus remolques.
 - Este acto reglamentario no se ve afectado por la reforma.
- GUARDABARROS
- Directiva 78/549/CEE. Sobre los requisitos de homologación de tipo de los guardabarros de determinados vehículos de motor.
 - La modificación del sistema de suspensión no afecta a este acto reglamentario.
- PROTECCIÓN DELANTERA CONTRA EL EMPOTRAMIENTO
- Directiva 2000/40/CE. Relativa a la aproximación de las legislaciones de los Estados miembros sobre la protección delantera contra el empotramiento de los vehículos de motor.
 - Este acto reglamentario no es aplicable a la categoría del vehículo.
- DISPOSITIVO DE VISIÓN INDIRECTA
- Directiva 2003/97/CE. Relativa a la aproximación de las legislaciones de los Estados miembros sobre la homologación de los dispositivos de visión indirecta y de los vehículos equipados con estos dispositivos.
 - No es necesario cumplir este acto reglamentario puesto que el Manual de Reformas exige su cumplimiento a fecha de matriculación del vehículo, y en esa fecha no existía.
- SISTEMAS DE PROTECCIÓN DELANTERA
- Directiva 2005/66/CE. Relativa al uso de sistemas de protección delantera en vehículos de motor.
 - No es necesario cumplir este acto reglamentario puesto que el Manual de Reformas exige su cumplimiento a fecha de matriculación del vehículo, y en esa fecha no existía.
- PROTECCIÓN DE LOS PEATONES
- Directiva 2003/102/CE. Relativa a la protección de los peatones y otros usuarios vulnerables de la vía pública antes y en caso de colisión con un vehículo de motor.
 - No es necesario cumplir este acto reglamentario puesto que el Manual de Reformas exige su cumplimiento a fecha de matriculación del vehículo, y en esa fecha no existía.
- SISTEMAS ANTIPROYECCIÓN
- El acto reglamentario no es aplicable al vehículo objeto de la reforma.
- DISPOSITIVOS DE ACOPLAMIENTO
- Directiva 94/20/CE. Relativa a los dispositivos mecánicos de acoplamiento de los vehículos de motor y sus remolques y a su sujeción a dichos vehículos.

- El acto reglamentario solo es exigible a fecha de matriculación del vehículo, teniendo en cuenta que la primera directiva referente a este acto reglamentario data de 1994 y el vehículo objeto de la reforma tiene una fecha de 1ª matriculación en el año 1983 no es necesario el cumplimiento del mismo.

2.5.4 Aletines

Se añaden nuevos aletines en la carrocería. Su material es fibra de vidrio. Se han fabricado partiendo de un molde de aletines de Renault 5 Alpine Grupo 2. A continuación, presentamos dos planos del vehículo, el primero de ellos representa el vehículo antes de la reforma y, el segundo, el vehículo reformado. Esta reforma se analiza, pero no se ha llevado a cabo en el vehículo.



• Ilustración 4 Planos Renault 5 Copa obtenidos de (FASA-Renault, 1977).

Se utilizan los planos del modelo Copa por la calidad de imagen respecto a los del Manual de taller donde se utiliza el mismo esquema de planos para todas las versiones “de calle” lo que justifica el uso de este plano.

Características del vehículo antes de la reforma:

Tabla 7 Dimensiones del modelo Renault 5 GTL obtenidas de (Einsa, 1986)

CARACTERÍSTICAS GENERALES	IDENTIFICACIÓN	LONGITUD EN METROS
Longitud exterior total	A	3.530
Anchura exterior total	B	1.525
Altura total en vacío	C	1.410
Distancia entre ejes lado izquierdo	D	2.400
Distancia entra ejes lado derecho	D	2.430
Vía delantera	E	1.287
Vía trasera	F	1.251

Características del vehículo después de la reforma:

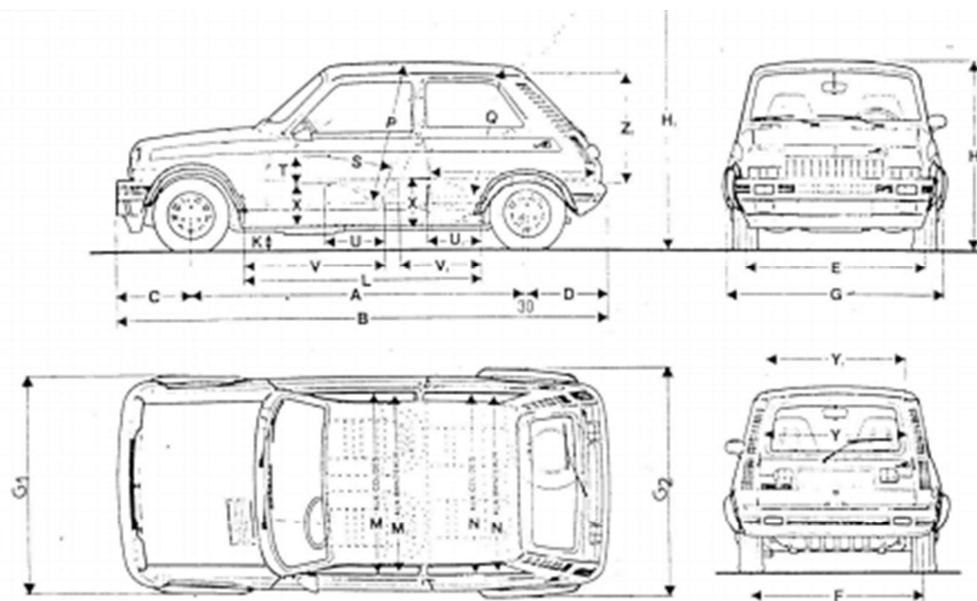


Ilustración 5 Planos de Renault 5 Alpine Groupe 2 obtenidos de (Renault Sport).

Tabla 8 Dimensiones del modelo Renault 5 Alpine Groupe 2 obtenidas de (Renault Sport).

CARACTERÍSTICAS GENERALES	IDENTIFICACIÓN	LONGITUD EN METROS
Longitud exterior total	B	3.543
Anchura exterior total	G	1.525
Altura total en vacío	H	1.311
Distancia entre ejes lado izquierdo	A	2.442
Distancia entra ejes lado derecho	A	2.412
Vía delantera	E	1.294
Vía trasera	F	1.270

La adición de aletines no modifica la anchura exterior total del vehículo.

- CÓDIGOS DE REFORMA AFECTADOS

A continuación, analizamos los códigos de reforma afectados por esta modificación

- Modificación, incorporación o desinstalación de elementos en el exterior del vehículo. Apartado 8.52 del Manual de Reformas.

- ACTOS REGLAMENTARIOS AFECTADOS

- DISPOSITIVOS DE PROTECCIÓN TRASERA

- Directiva 70/221/CEE. Referente a los dispositivos de protección trasera.
 - Este acto reglamentario no se ve afectado por la reforma del vehículo.

- EMPLAZAMIENTO DE LA PLACA DE MATRÍCULA POSTERIOR

- Directiva 70/222/CE. Referente al emplazamiento de la placa de matrícula posterior.
 - Este acto reglamentario no se ve afectado por la reforma del vehículo.

- CERRADURAS Y BISAGRAS DE LAS PUERTAS

- Directiva 70/387/CEE. Referente a las puertas de los vehículos a motor y sus remolques.
 - Este acto reglamentario no se ve afectado por la reforma del vehículo.

- AUTOBUSES Y AUTOCARES

- Este acto reglamentario no es aplicable a la categoría del vehículo.

- SALIENTES EXTERIORES

- Directiva 74/483/CEE. Referente a salientes exteriores.

- PARÁSITOS RADIOELÉCTRICOS (COMPATIBILIDAD ELECTROMAGNÉTICA)

- Directiva 72/245/CEE. Referente a la compatibilidad electromagnética.
 - Este acto reglamentario no se ve afectado por la reforma.

- INSTALACIÓN DE LOS DISPOSITIVOS DE ALUMBRADO Y SEÑALIZACIÓN LUMINOSA

- Directiva 76/756/CEE. Relativa a la instalación de los dispositivos de alumbrado y de señalización luminosa de los vehículos a motor y de sus remolques.
 - Este acto reglamentario no se ve afectado por la reforma.
 - DISPOSITIVOS DE REMOLCADO
- Directiva 77/389/CEE. Relativa a dispositivos de remolcado.
 - Este acto reglamentario no se ve afectado por la reforma.
 - CAMPO DE VISIÓN DELANTERA
- Directiva 77/649/CEE. Relativa al campo de visión del conductor de los vehículos a motor.
 - Este acto reglamentario no se ve afectado por la reforma efectuada.
 - LAVA/LIMPIAPARABRISAS
- Directiva 78/318/CEE. Relativa a los limpiaparabrisas y lavaparabrisas de los vehículos a motor.
 - Este acto reglamentario no se ve afectado por la reforma.
 - GUARDABARROS
- Directiva 78/549/CEE. Sobre los requisitos de homologación de tipo de los guardabarros de determinados vehículos de motor.
 - Los aletines cumplen con los requisitos exigidos por este acto reglamentario. Justificación en anexo VI.
 - SALIENTES EXTERIORES DE LAS CABINAS
- Directiva 92/114/CEE. Relativa a los salientes exteriores situados por delante del panel trasero de la cabina de los vehículos de motor de la categoría N.
 - Este acto reglamentario no es aplicable a la categoría del vehículo.
 - COLISIÓN FRONTAL
- Directiva 96/79/CE. Relativa a la protección de los ocupantes de los vehículos de motor en caso de colisión frontal.
 - Este acto reglamentario es aplicable a fecha de matriculación del vehículo, como en esta fecha no existía este acto reglamentario no es necesario cumplir con el mismo.
 - COLISIÓN LATERAL
- Directiva 96/27/CE. Sobre la protección de los ocupantes de los vehículos de motor en caso de colisión lateral.
 - Este acto reglamentario es aplicable a fecha de matriculación del vehículo, como en esta fecha no existía este acto reglamentario no es necesario cumplir con el mismo.
 - PROTECCIÓN DELANTERA CONTRA EL EMPOTRAMIENTO
- Directiva 2000/40/CE. Relativa a la aproximación de las legislaciones de los Estados miembros sobre la protección delantera contra el empotramiento de los vehículos de motor.
 - Este acto reglamentario no es aplicable a la categoría del vehículo.
 - DISPOSITIVO DE VISIÓN INDIRECTA
- Directiva 2003/97/CE. Relativa a la aproximación de las legislaciones de los Estados miembros sobre la homologación de los dispositivos de visión indirecta y de los vehículos equipados con estos dispositivos.
 - No es necesario cumplir este acto reglamentario puesto que el Manual de Reformas exige su cumplimiento a fecha de matriculación del vehículo, y en esa fecha no existía.
 - SISTEMAS DE PROTECCIÓN DELANTERA
- Directiva 2005/66/CE. Relativa al uso de sistemas de protección delantera en vehículos de motor.

- No es necesario cumplir este acto reglamentario puesto que el Manual de Reformas exige su cumplimiento a fecha de matriculación del vehículo, y en esa fecha no existía.
- RESISTENCIA MECÁNICA A LA ESTRUCTURA
- Reglamento CEPE/ONU 66R. Disposiciones uniformes relativas a la homologación de vehículos de grandes dimensiones para el transporte de pasajeros por lo que respecta a la resistencia de su superestructura.
 - Este acto reglamentario no se aplica a la categoría de este vehículo.
- PROTECCIÓN DE LOS PEATONES
- Directiva 2003/102/CE. Relativa a la protección de los peatones y otros usuarios vulnerables de la vía pública antes y en caso de colisión con un vehículo de motor.
 - No es necesario cumplir este acto reglamentario puesto que el Manual de Reformas exige su cumplimiento a fecha de matriculación del vehículo, y en esa fecha no existía.

2.5.5 Modificación del ancho de vías

Se analiza la modificación del ancho de vías para obtener una estética adecuada con las aletas de Renault 5 Alpine Grupo 2. Esta modificación no se ha llevado a cabo por el momento.

Se replicará el ancho de vías del Renault 5 grupo 2, podemos observar los datos en la tabla 7 y tabla 8 a continuación se representan las diferencias:

Tabla 9 Modificación ancho de vías

EJE	RENAULT 5 GTL (m)	RENAULT 5 ALPINE GRUPO 2 (m)	DIFERENCIA (m)
Delantero	1,287	1,294	0,007
Trasero	1,251	1,270	0,019

Para obtener el ancho de vías deseado se modifica el ET de las llantas. El ET de las llantas es una medida que hace referencia a la posición del plano de apoyo de la llanta respecto al ancho. Se dispone de llantas de 3 piezas de marca Braid, marca que sigue activa en la actualidad y fabrica piezas a medida lo que permite realizar esta modificación sin problemas (Tecnología y Fabricación, SA).

- CÓDIGOS DE REFORMA AFECTADOS

- Modificaciones o sustituciones en ruedas o instalación/desinstalación de separadores de ruedas que impliquen modificación del ancho de vía. Apartado 4.4 del Manual de Reformas.

- ACTOS REGLAMENTARIOS AFECTADOS

- DISPOSITIVOS DE PROTECCIÓN TRASERA
- Directiva 70/221/CEE. Referente a los dispositivos de protección trasera.
 - Este acto reglamentario no se ve afectado por la reforma del vehículo.
- MECANISMOS DE DIRECCIÓN
- Directiva 70/311/CEE Referente a mecanismos de dirección. Necesario cumplir este acto reglamentario a fecha de tramitación de la reforma. Esta directiva ha sido derogada por el siguiente Reglamento:
 - 661/2009 Relativo a los requisitos de homologación de tipo referentes a la seguridad general de los vehículos de motor, sus remolques y sistemas, componentes y unidades técnicas independientes a ellos destinados.
 - Reglamento n.º 79 CEPE.
 - Este acto reglamentario no se ve afectado por la modificación en el sistema de frenado.
- GUARDABARROS
- Directiva 78/549/CEE. Sobre los requisitos de homologación de tipo de los guardabarros de determinados vehículos de motor.
 - La modificación del ancho de vías cumple con los requisitos exigidos por este acto reglamentario. Justificación en anexo VI.
- SISTEMAS ANTIPROYECCIÓN
 - El acto reglamentario no es aplicable al vehículo objeto de la reforma.
- MASAS Y DIMENSIONES (AUTOMÓVILES)
- Directiva 92/21.
 - Directiva derogada. Es necesario cumplir este acto reglamentario a fecha de tramitación de la reforma. Actualizaciones a esta directiva:
 - Directiva 95/48.
 - Reglamento (CE) 661/2009.
 - Reglamento (UE) 1230/2012.
- En los anexos I, II y III se justifica.

- NEUMÁTICOS
 - Directiva 92/23/CEE.
 - Esta directiva se ha derogado. El Manual de Reformas nos obliga a cumplir este acto reglamentario a fecha de tramitación de la reforma. Sus actualizaciones fueron:
 - Directiva 2001/43
 - Directiva 2005/11
 - Reglamento (CE) 661/2009.
 - Reglamento (UE) 458/2011
 - Los neumáticos instalados son neumáticos homologados por lo que cumplimos este acto reglamentario.
 - Reglamento (UE) 2015/166
 - Los neumáticos instalados son neumáticos homologados por lo que cumplimos este acto reglamentario. Justificación en anexo VII.
 - PROTECCIÓN DELANTERA CONTRA EL EMPOTRAMIENTO
 - Directiva 2000/40/CE. Relativa a la aproximación de las legislaciones de los Estados miembros sobre la protección delantera contra el empotramiento de los vehículos de motor.
 - Este acto reglamentario no es aplicable a la categoría del vehículo.
 - MASAS Y DIMENSIONES (RESTO DE VEHÍCULOS)
 - El acto reglamentario no es aplicable a la categoría del vehículo.

2.5.6 Faros adicionales de largo alcance.

Con objeto de obtener una estética similar a la del Renault 5 Alpine Grupo 2 original se analiza la inclusión de faros de largo alcance adicionales como los del vehículo presentado en la siguiente ilustración:



Ilustración 6 Renault 5 Alpine Grupo 2 Calberson.

No es posible por normativa disponer de más de 4 faros de largo alcance por lo que dos de los faros adicionales instalados serán simplemente ornamentales.

Los faros a instalar poseen las siguientes características:

Tabla 10 Características faros largo alcance

Marca	SIM
Modelo	H3
Contraseña Homologación	HR E9 04 4017
Puntos de luz	12,5
Diámetro (mm)	220

- CODIGOS DE REFORMA AFECTADOS

- Adición o desinstalación de cualquier elemento, dispositivo, sistema, componente o unidad técnica independiente de alumbrado y señalización. Apartado 9.1 del Manual de Reformas.

- ACTOS REGLAMENTARIOS AFECTADOS

- INSTALACIÓN DE LOS DISPOSITIVOS DE ALUMBRADO Y SEÑALIZACIÓN.
- Directiva 76/756/CEE. Relativa a la aproximación de las legislaciones de los Estado Miembros sobre la instalación de los dispositivos de alumbrado y de señalización luminosa de los vehículos a motor y de sus remolques.
 - Se cumple, justificación en Anexo VIII.
- PARÁSITOS RADIOELECTRICOS (COMPATIBILIDAD ELECTROMAGNÉTICA)
- Directiva 72/245/CEE
 - Se cumple el acto reglamentario, los faros adicionales de largo alcance funcionan con corriente continua proveniente de las luces de carretera y disponen de bombillas homologadas de uso habitual en vehículos de turismo por lo que no se superan los límites establecidos.
- CATADIOPTICOS
- Directiva 76/757/CEE
 - Este acto reglamentario no se ve afectado por la reforma.
- LUCES DE GÁLIBO, DE POSICIÓN DELANTERAS Y TRASERAS, DE FRENADO, LATERALES DE POSICIÓN Y DE CIRCULACIÓN DIURNA
- Directiva 76/758/CEE relativa a la aproximación de las legislaciones de los Estados Miembros sobre las luces de gálibo, las luces de posición, delanteras y traseras, y las luces de frenado de los vehículos a motor y de sus remolques.
 - Este acto reglamentario no se ve afectado por esta reforma.
- INDICADORES DE DIRECCIÓN
- Directiva 76/759/CEE del Consejo relativa a la aproximación de las legislaciones de los Estados miembros sobre los indicadores de dirección de los vehículos a motor y de sus remolques.
 - El acto reglamentario no se ve afectado por esta reforma.
- DISPOSITIVO DE ALUMBRADO DE LA PLACA DE MATRICULA POSTERIOR
- Directiva 76/760/CEE relativa a la aproximación de las legislaciones de los Estados Miembros sobre los dispositivos de alumbrado de la placa posterior de matrícula de los vehículos a motor y de sus remolques.

- Este acto reglamentario no se ve afectado por esta reforma.
- PROYECTORES (INCLUIDAS LAS LAMPARAS)
- Directiva 76/761/CEE relativa a la aproximación de las legislaciones de los Estados Miembros sobre los proyectores para vehículos a motor que cumplan la función de luces de carretera y/o de luces de cruce y sobre las lámparas eléctricas de incandescencia para dichos proyectores.
 - Se cumple este acto reglamentario puesto que las bombillas y faros instalados están diseñados cumpliendo la normativa actualmente vigente.
- LUCES ANTINEBLA DELANTERAS
- Directiva 76/762/CEE relativa a la aproximación de las legislaciones de los Estados Miembros sobre los faros antiniebla delanteros de los vehículos a motor y las lámparas para dichos faros.
 - Este acto reglamentario no se ve afectado por la reforma.
- LUCES ANTINEBLA TRASERAS
- Directiva 77/538/CEE relativa a la aproximación de las legislaciones de los Estados miembros sobre las luces antiniebla traseras de los vehículos a motor y de sus remolques.
 - Este acto reglamentario no se ve afectado por la reforma.
- LUCES DE MARCHA ATRÁS
- Directiva 77/539/CEE relativa a la aproximación de las legislaciones de los Estados Miembros sobre los proyectores de marcha atrás de los vehículos a motor y de sus remolques.
 - Este acto reglamentario no se ve afectado por la reforma.
- LUCES DE ESTACIONAMIENTO
- Directiva 77/540/CEE relativa a la aproximación de las legislaciones de los Estados miembros sobre las luces de estacionamiento de los vehículos a motor.
 - Este acto reglamentario no se ve afectado por la reforma.
- IDENTIFICACIÓN DE LOS MANDOS, LUCES TESTIGO E INDICADORES
- Directiva 78/316/CEE relativa a la aproximación de las legislaciones de los Estados Miembros sobre el acondicionamiento interior de los vehículos a motor (identificación de los mandos, luces-testigo e indicadores).
 - Este acto reglamentario no se ve afectado por la reforma.
- LIMPIA Y LAVAPROYECTORES
- Reglamento CEPE/ONU 45R. Disposiciones uniformes relativas a la homologación de los limpiaфарos y de los vehículos de motor con respecto a los limpiaфарos [2020/575].
 - Este acto reglamentario no se ve afectado por la reforma.
- SEÑALIZACIÓN DE VEHÍCULOS PESADOS Y LARGOS
 - Este acto reglamentario no es aplicable a la categoría del vehículo.
- LUCES DE CIRCULACIÓN DIURNA
- Reglamento CEPE/ONU 87R. Prescripciones uniformes sobre la homologación de las luces de circulación diurna de los vehículos de motor.
 - Este acto reglamentario no se ve afectado por la reforma.
- LUCES DE POSICIÓN LATERAL
- Reglamento CEPE/ONU 91R. Disposiciones uniformes para la homologación de luces de posición laterales para vehículos de motor y sus remolques.
 - Este acto reglamentario no se ve afectado por la reforma.
- SEÑALIZACIÓN DE VEHÍCULOS PESADOS Y LARGOS

- Este acto reglamentario no es aplicable a la categoría del vehículo.
- SISTEMA DE ALUMBRADO DELANTERO ADAPTABLE AFS
- Reglamento CEPE/ONU 123R. Disposiciones uniformes relativas a la homologación de los sistemas de alumbrado delantero adaptables (AFS) para vehículos de motor [2019/273].
 - Este acto reglamentario no se ve afectado por la reforma.

2.5.7 Certificado de taller e informe de conformidad

El Laboratorio de Reformas tiene la potestad de aceptar o rechazar la justificación de los actos reglamentarios realizada, por tanto, es necesario presentar el Proyecto ante esta entidad y realizar las modificaciones que se soliciten antes de comenzar los trabajos sobre el vehículo.

Una vez realizados los trabajos sobre el vehículo, es necesario obtener el certificado de taller. En caso de realizar los trabajos de forma particular, es necesario poner a disposición de un taller el vehículo para que el mismo analice las reformas realizadas y su correcta ejecución, si el propio taller ha realizado todo el proceso, es el mismo quien debe emitir el certificado.

Con el vehículo reformado y el certificado de taller es imperativo ponerse en contacto de nuevo con el Laboratorio de Reformas y poner el vehículo a su disposición en caso de que sea necesario someter el mismo a ensayos o para su revisión. Si todo cumple lo estipulado la entidad emite el informe de conformidad.

A continuación, se presentan los documentos mencionados sin cumplimentar debido a que no forma parte del objeto de este TFG:

ANEXO II

Informe de conformidad

El/los abajo firmante(s) expresamente autorizado/s por:

INFORMA

Que el vehículo, marca, tipo....., variante....., denominación comercial....., contraseñas de homologación (*)....., matrícula, y con número de bastidor....., es técnicamente apto para ser sometido a la(s) reforma(s) consistente(s) en:

Tipificada/s con el/los Código de Reforma/s

Especificaciones técnicas o reglamentarias:

Contraseña de homologación o número de informe que avale el cumplimiento de la reglamentación aplicable afectada por las transformaciones realizadas en el vehículo.

Reglamentación aplicable	Contraseña de homologación o informe que avala su cumplimiento.

El vehículo reformado cumple con los actos reglamentarios que son de aplicación a las reformas tipificadas en el anexo I y en el manual de reformas de vehículos y es conforme con las condiciones exigibles de seguridad y de protección al medio ambiente.

Y para que así conste, a los efectos oportunos, firmo el presente en, a de de

(*) Si el vehículo no dispone de contraseña se rellenará este campo con N.P.

Ilustración 7 Plantilla informe de conformidad extraída de Real Decreto 866/2010

ANEXO III

Certificado del taller

D....., expresamente autorizado por la empresa, domiciliada en provincia de, calle, n.º..... teléfono, dedicada a la actividad de, con n.º de registro industrial y n.º de registro especial (1)

CERTIFICA

Que la mencionada empresa ha realizado la/s reforma/s, y asume la responsabilidad de la ejecución, sobre el vehículo marca....., tipo....., variante....., denominación comercial, matrícula y n.º de bastidor, de acuerdo con:

La normativa vigente en materia de reformas de vehículos.

Las normas del fabricante del vehículo aplicables a la/s reforma/s llevadas a cabo en dicho vehículo.

El proyecto técnico de la/s reforma/s, adjunto al expediente.

OBSERVACIONES:

..... a de de.....

Firma y sello

Fdo.:

(1) En el caso de que la reforma sea efectuada por un fabricante se indicará N/A.

Ilustración 8 Plantilla de Certificado de Taller. Obtenido de Real Decreto 866/2010

Según el Manual de Reformas la fecha del informe de conformidad siempre debe ser posterior a la fecha del certificado de taller.

2.5.8 Certificación final de obra.

El Manual de Reformas indica que una vez obtenido el informe de conformidad se realiza el certificado final de obra.

2.5.9 ITV

En base al Manual de Reformas una vez obtenidos y realizados todos los documentos se presentan en la ITV en el plazo de 15 días y se somete el vehículo a la misma.

2.6 Resultados finales

Al vehículo objeto de las reformas se le realizan las reformas descritas anteriormente excepto la adición de aletines. El resultado final es el siguiente:



Ilustración 9 Vista lateral izquierda del vehículo reformado.



Ilustración 10 Vista lateral derecha del vehículo reformado.



Ilustración 11 Vista frontal del vehículo reformado



Ilustración 12 Vista trasera del vehículo reformado

El vehículo con todas las reformas especificadas en este documento debería presentar un aspecto exterior similar al de la ilustración 6 (no tener en cuenta la combinación de colores).

2.7 Planificación

En este tipo de Proyectos no pueden establecerse unas fechas concretas. La construcción del vehículo se ve afectada por diversos factores como la disponibilidad de piezas en el mercado de segunda mano la cual no se puede prever ni regular, la elaboración del Proyecto tiene que realizarse en contacto con el laboratorio de reformas, teniendo en cuenta que cada Proyecto es diferente, los requerimientos concretos necesarios no se conocen hasta que se elabore el mismo por lo que no es posible dar una fecha concreta de finalización. Algunos componentes del vehículo son usados y no de nueva factura lo que puede provocar problemas inesperados durante las pruebas del vehículo una vez finalizada su construcción.

2.8 Orden de prioridad entre los documentos

El orden de prioridad de los documentos es el siguiente:

- Memoria
- Pliego de condiciones
- Presupuesto

Escola Politécnica Superior

**TRABAJO FIN DE GRADO
CURSO 2020/21**

*TRANSFORMACIÓN DE UN TURISMO RENAULT 5
GTL EN UN VEHÍCULO DE COMPETICIÓN SIN
PERDER LA CAPACIDAD DE CIRCULAR POR LAS
VÍAS PÚBLICAS*

Grado en Ingeniería Mecánica

Documento

ANEXOS

3 ANEXOS

3.1 Anexo I. Pesos Renault 5 después de las modificaciones.



Ilustración 13 Peso en vacío del eje delantero

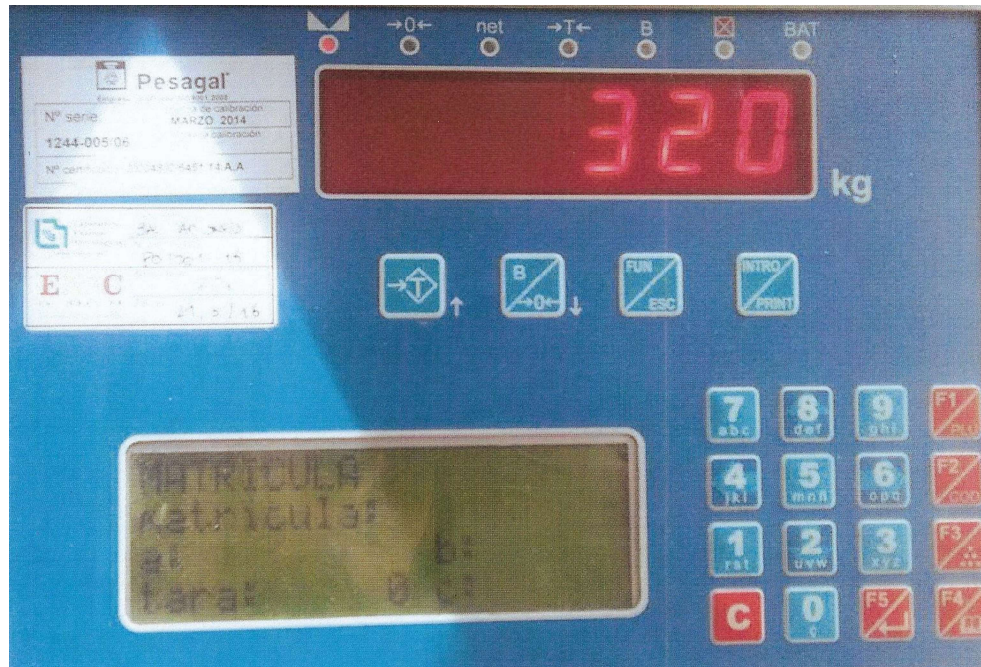


Ilustración 14 Peso en vacío del eje trasero

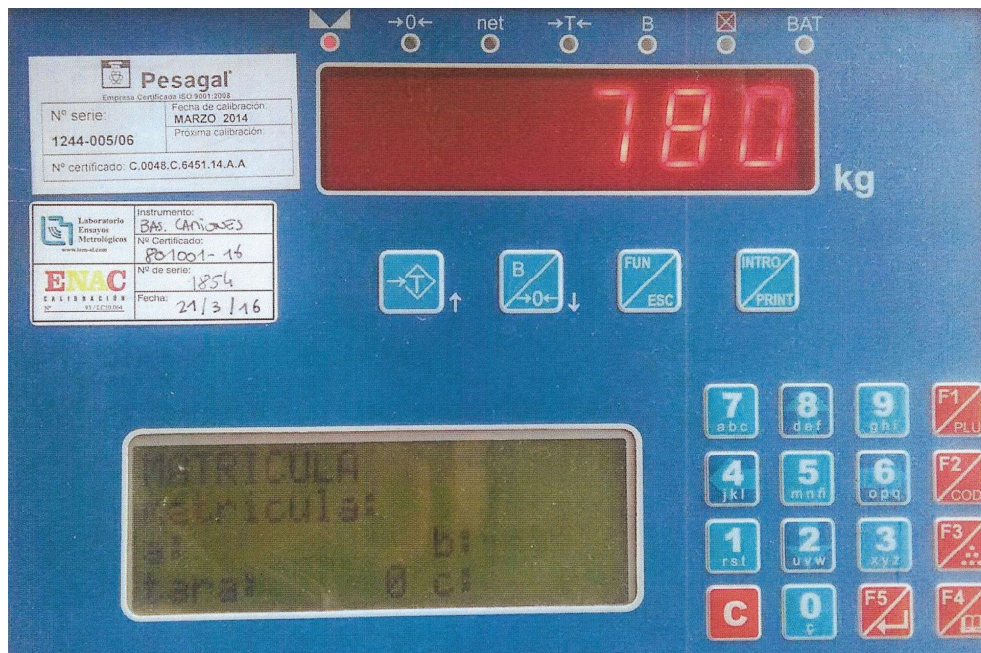


Ilustración 15 Peso en vacío del vehículo tras la reforma

3.2 Anexo II Cálculo de la distribución de pesos por eje y CDG del vehículo modificado.

Tomando como base los pesos obtenidos de la báscula con vehículo con los líquidos necesarios para su funcionamiento, pero con el depósito de gasolina vacío y sin ocupantes, analizamos la posición longitudinal del centro de masas de gravedad del vehículo.

Para realizar los cálculos de la posición del centro de gravedad aplicamos momentos respecto al centro de las ruedas delanteras.

Para obtener la ubicación del centro de gravedad, se aproxima la ubicación longitudinal de diversos componentes del vehículo y, como esta ubicación no se ha determinado de forma exacta se comprueba mediante una variación de 10 cm hacia delante o detrás que los resultados no se ven afectados de forma relevante.

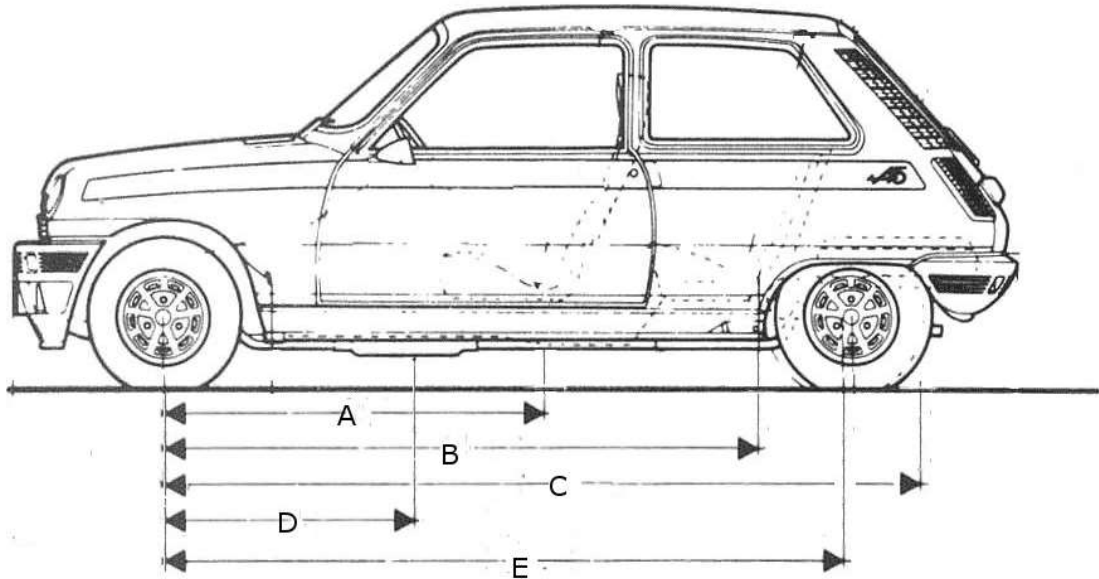


Ilustración 16 Diagrama de medidas horizontales.

$$P_{\text{eje delantero}} = 460 \text{ kg}$$

$$P_{\text{eje trasero}} = 320 \text{ kg}$$

$$P_{\text{total}} = 460 \text{ kg} + 320 \text{ kg} = 780 \text{ kg}$$

$$P_{\text{eje trasero}} * E = P_{\text{total}} * D$$

$$320 \text{ kg} * 2412 \text{ mm} = 780 \text{ kg} * D$$

$$D = 990 \text{ mm}$$

Mediante un cálculo aplicando métodos de estática se analiza la distancia horizontal respecto al eje delantero del centro de gravedad del vehículo con depósito de combustible vacío, pero con los líquidos necesarios para su correcto funcionamiento.

3.2.1 Cálculo de la ubicación longitudinal del centro de gravedad del vehículo en función de diversas cargas variables

A continuación, incluimos una tabla en la que podemos observar las masas y las posiciones de las diversas cargas variables que puede soportar el vehículo y su ubicación con respecto al eje delantero. Debido a que no es posible con los medios disponibles calcular de forma exacta la ubicación de estas cargas, se procede a tomar 1 medida aproximada y realizar cálculos con una tolerancia de $\pm 100\text{mm}$ para observar cómo influyen estas variaciones al reparto de masas.

La distancia del centro de gravedad al eje delantero no incluye tolerancia puesto que el cálculo se realiza en base al pesaje del vehículo y no da lugar a error.

Las masas de los pasajeros se han obtenido del Reglamento (UE) 1230/2012, la capacidad del depósito de combustible se obtiene de la bibliografía (FASA-Renault, 1977) (Einsa, 1986).

Tabla 11 Ubicación de las masas variables soportadas por el vehículo respecto al eje delantero.

	POSICIÓN 1 (mm)	POSICIÓN 2 (mm)	POSICIÓN 3 (mm)	MASA (kg)
Conductor y acompañante (A)	1036	1136	936	150
Plazas traseras (B)	1510	1610	1410	225
Gasolina (C)	2647	2747	2547	25,84
Cdg pesada (D)	990	990	990	780
Peso atrás (E)	2412			

A continuación se incluye una tabla en la que con las cargas anteriores, se procede a analizar como se modifica la posición del centro de gravedad y, en consecuencia el % de masa sobre los ejes.

Tabla 12 Peso soportado por el eje trasero en función de diferentes cargas variables.

	wr ₁ (kg)	wr ₂ (kg)	wr ₃ (kg)	w _{total} (kg)	%tras ₁	%tras ₂	%tras ₃
Conductor y acompañante (A)	384,58	390,80	378,36	930,00	41,35	42,02	40,68
Plazas traseras (B)	461,01	470,34	451,68	1005,00	45,87	46,80	44,94
Gasolina (C)	348,51	349,58	347,44	805,84	43,25	43,38	43,11

w_{r1} = masa sobre el eje trasero para la posición 1 (mm)

w_{r2} = masa sobre el eje trasero para la posición 2 (mm)

w_{r3} = masa sobre el eje trasero para la posición 3 (mm)

masa = Peso total del vehículo añadiendo la carga variable correspondiente (kg)

%tras₁ = % masa que soporta el eje trasero en la posición 1

%tras₂ = % masa que soporta el eje trasero en la posición 2

%tras₃ = % masa que soporta el eje trasero en la posición 3

A continuación, se presenta una tabla similar a las anteriores, pero se incluye, además, la distancia respecto al eje delantero y trasero en las diferentes posiciones:

Tabla 13 Peso en el eje trasero y distancias respecto a los ejes con todas las cargas variables.

	Incluyendo todas las cargas						
	wr1 (kg)	wr2 (kg)	wr3 (kg)	w _{total} (kg)	%tras1	%tras2	%tras3
	553,79	570,41	537,17	1180,84	0,47	0,48	0,45
Distancia cdg-eje delantero (D) (mm)	1131,18	1165,13	1097,24				
Distancia cdg-eje trasero (mm)	1280,82	1246,87	1314,76				

Se observa que el reparto de pesos no varía de forma relevante de cara a la homologación teniendo en cuenta la tolerancia establecida.

3.2.2 Análisis altura CDG

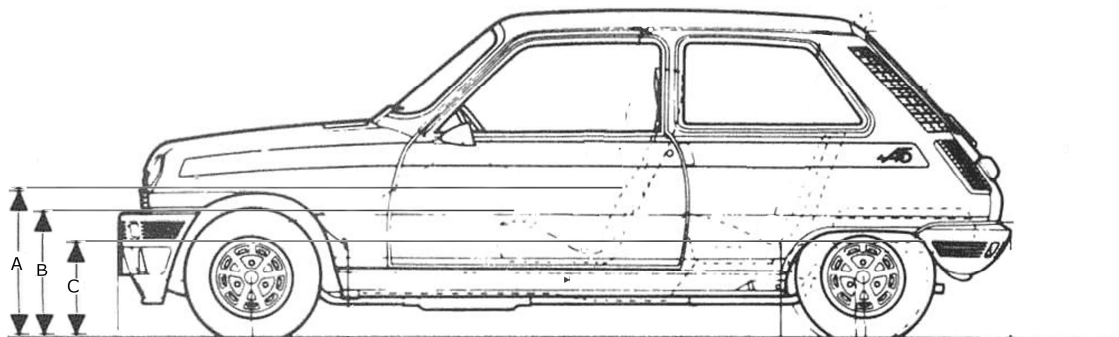


Ilustración 17 Diagrama de alturas representativas para el cálculo de la altura cdg.

De nuevo se toman medidas sobre el vehículo de forma aproximada para establecer la ubicación vertical de las diversas cargas variables, como en el caso anterior, se considera una tolerancia de $\pm 100\text{ mm}$ para tener en cuenta los posibles errores de las medidas. En este caso no podemos calcular de forma precisa la altura del centro de gravedad para el vehículo pesado en vacío. A continuación, se presenta una tabla con las medidas:

Tabla 14 Altura de los centros de gravedad de las diferentes cargas variables del vehículo.

	POSICIÓN 1 (mm)	POSICIÓN 2 (mm)	POSICIÓN 3 (mm)	PESO (kg)
Conductor y acompañante (A)	600	700	500	150
Plazas traseras (A)	600	700	500	225
Gasolina (C)	300	400	200	25,84
CDG pesada (B)	450	550	350	780
Conductor solo (A)	600	700	500	75

Se presenta ahora la altura del centro de gravedad en función de diversas cargas variables añadidas al vehículo individualmente. Las operaciones necesarias para obtener estos resultados siguen el mismo procedimiento que hemos visto en el Anexo II.

Tabla 15 Altura centro de gravedad teniendo en cuenta individualmente las cargas variables.

	Hcdg1 (mm)	Hcdg2 (mm)	Hcdg3 (mm)	PESO TOTAL (kg)
Conductor y acompañante	474,19	574,19	374,19	930
Plazas traseras	483,58	583,58	383,58	1005
Gasolina	385,75	472,40	299,11	805,84

$hcdg_1$ = altura del centro de gravedad para la posición 1 (mm)

$hcdg_2$ = altura del centro de gravedad para la posición 2 (mm)

$hcdg_3$ = altura del centro de gravedad para la posición 3 (mm)

Peso total

= *Peso total del vehículo añadiendo la carga variable correspondiente (kg)*

Podemos observar que, en este caso las diferencias en la altura del centro de gravedad son más relevantes que en el caso anterior pero como se mostrará más adelante teniendo en cuenta estas variaciones el vehículo entra dentro del rango establecido para los vehículos de su categoría por lo que los cálculos son válidos.

En la siguiente tabla se realiza el mismo ejercicio, pero en este caso se incluyen todas las cargas al vehículo.

Tabla 16 Altura del centro de gravedad teniendo en cuenta todas las cargas variables.

Altura cdg con todas las cargas			
Hcdg1 (mm)	Hcdg2 (mm)	Hcdg3 (mm)	PESO TOTAL (kg)
494,35	594,35	394,35	1180,84

Con objeto de localizar la situación en la que el centro de gravedad es más elevado y poder realizar un análisis de vuelco teniendo en cuenta la peor situación posible, se analizan otras hipótesis de carga que se detallan en las siguientes tablas:

Tabla 17 Altura centro de gravedad teniendo en cuenta todas las cargas variables excepto el depósito.

Altura cdg con todas las cargas excepto deposito			
Hcdg1 (mm)	Hcdg2 (mm)	Hcdg3 (mm)	PESO TOTAL (kg)
498,70	598,70	398,70	1155

Tabla 18 Altura del centro de gravedad con el conductor y el depósito lleno.

conductor solo y deposito lleno			
Hcdg1 (mm)	Hcdg2 (mm)	Hcdg3 (mm)	PESO TOTAL (kg)
407,29	498,78	315,81	880,84

Tabla 19 Altura del centro de gravedad con el peso del conductor y depósito vacío.

conductor solo deposito vacio			
Hcdg1 (mm)	Hcdg2 (mm)	Hcdg3 (mm)	PESO TOTAL (kg)
463,16	563,16	363,16	855

3.2.3 Cálculo de la aceleración lateral necesaria para que se produzca el vuelco (cálculo cuasiestático considerando vehículo rígido)

A continuación, realizamos unos cálculos del momento cuasi – estático de vuelco para analizar la seguridad del vehículo ante este fenómeno tras la reforma.

Siguiendo instrucciones de la bibliografía (Gillespie, 1992) y teniendo en cuenta el ancho de vías del vehículo realizamos los siguientes cálculos. Se utiliza el ancho de vías trasero por ser el más estrecho quedando los cálculos del lado de la seguridad.

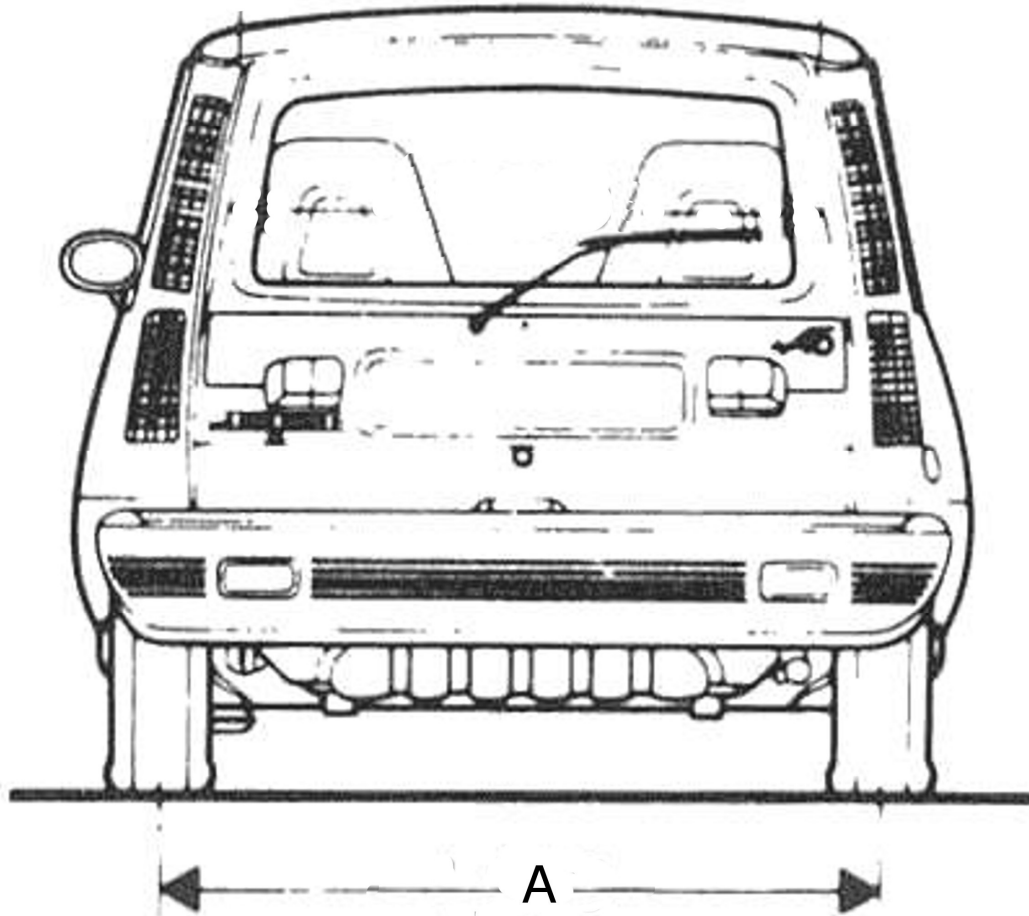


Ilustración 18. Representación de la parte trasera para mostrar el ancho de vías

$$g = \frac{A/2}{hcdg}$$

Siendo:

$g = 9,81 =$ *Aceleración necesaria en g para que se produzca el vuelco del vehículo.*

$A = 127 \text{ mm} =$ *Ancho de vías mas pequeño del vehículo.*

$hcdg =$ *Altura del centro de gravedad del vehículo.*

Tomando los valores de la altura del centro de gravedad presentados en la Tabla 7 y que suponen la peor situación posible de cara al vuelco porque son los que tienen un valor más alto y, en consecuencia, reducen la aceleración necesaria para que se produzca el vuelco se presenta la siguiente tabla en valores de g a los que se produce el vuelco en las 3 posiciones estudiadas:

Tabla 20 Valores de g necesarios para que se produzca el vuelco en la peor situación posible.

Hcdg1 (mm)	Hcdg2 (mm)	Hcdg3 (mm)	PESO TOTAL (kg)
515,79	624,56	407,02	930

A continuación se presenta una tabla con valores típicos de diversos fabricantes para que se produzca el vuelco calculados a través del mismo procedimiento y concluimos que el vehículo presenta valores dentro de lo registrado en su categoría por lo que no debería presentar un riesgo mayor de vuelco que otros vehículos que se encuentran en circulación. Sin embargo, (Gillespie, 1992) advierte que los resultados de este análisis no siempre son concluyentes, puesto que existen vehículos con buenos valores en este análisis que presentan una mayor tasa de vuelcos que vehículos con un resultado peor.

Teniendo en cuenta que el coeficiente de adherencia de unos neumáticos de calle no supera en ningún caso 1 g, se considera que el vehículo es seguro en base a estos datos.

En caso de participar en competiciones, el vehículo como máximo portará dos ocupantes por lo que los valores de resistencia al vuelco mejoran sustancialmente evitando riesgos de vuelco incluso montando neumáticos de competición.

Tabla 21 Tabla valores límite de vuelco (Gillespie, 1992).

TIPO DE VEHICULO	ALTURA CDG (mm)	ANCHO DE VÍAS (mm)	LÍMITE DE VUELCO (G)
Vehículo deportivo	457-508	1270-1524	1,2-1,7
Vehículo compacto	508-584	1270-1524	1,1-1,5
Vehículo de alta gama	508-610	1524-1651	1,2-1,6
Camioneta Pickup	762-889	1651-1778	0,9-1,1
Furgoneta de pasajeros	762-1016	1651-1778	0,8-1,1
Camión	1143-1397	1651-1905	0,6-0,8
Trailer	1524-2159	1778-1829	0,4-0,6

3.3 Anexo III. Justificación del cumplimiento del acto reglamentario de pesos y dimensiones reglamento (UE) 1230/2012

3.3.1 Masas máximas por eje permitidas

Tabla 22 Justificación de Masas Máximas permitidas (Renault Sport).

	Masa Máxima según normativa (kg)	Masa Máxima Vehículo (kg)
Eje no motriz	10000	650
Eje motriz	11500	640

Los datos de masas máximas del vehículo se han obtenido de la versión Alpine, es evidente que el vehículo reformado puede tener unas pequeñas diferencias respecto esta versión, pero no son relevantes.

3.3.2 Masas máximas, de los vehículos, autorizadas

Tabla 23 Justificación cumplimiento limitaciones Masa Máxima (Einsa, 1986).

Masa Máxima según normativa (kg)	Masa Máxima Renault 5 GTL (kg)	Masa Máxima Renault 5 Copa (kg)	Masa Máxima estimada vehículo reformado (kg)
18000	1185	1250	1180

Se cumplen los límites de Masa Máxima del vehículo. Se indican diferentes masas máximas en función de la versión (Einsa, 1986) y se concluye, que Renault para establecer la masa máxima sobre esta carrocería, sumaba al peso en vacío del vehículo un peso de 400 kg para todas las versiones (se puede observar en (Renault Sport) que la carga útil del modelo Alpine es de 400 kg) y que, por tanto, en el caso del vehículo reformado la masa máxima teniendo en cuenta el peso en vacío del vehículo reformado será:

$$780 \text{ kg} + 400 \text{ kg} = 1180 \text{ kg}$$

El bastidor es el mismo en todas las versiones, por tanto, la capacidad para soportar peso en la zona de los pasajeros y equipaje se puede considerar igual en todas las versiones. Los fabricantes actualmente realizan cálculos más precisos.

3.3.3 Distribución de las masas

Los puntos analizados a continuación se extraen del Reglamento (UE) 1230/2012 y se justifican mediante los cálculos realizados en los Anexos 1 y 2.

- La suma de las masas máximas técnicamente admisibles sobre los ejes no deberá ser inferior a la masa máxima en carga técnicamente admisible del vehículo. Lo comprobamos a continuación:

$$650 \text{ kg} + 640 \text{ kg} = 1290 \text{ kg} \geq 1250 \text{ kg} \geq 1185 \text{ kg}$$

Se comprueba a continuación el cumplimiento de diversos puntos del Reglamento (UE) 1230/2012:

- No se permite la circulación de vehículos o conjuntos de vehículos en los que la masa soportada por el eje motor o los ejes motores sea inferior al 25% de la masa total en carga del vehículo o conjunto de vehículos.

Teniendo en cuenta el análisis de la distribución de pesos del vehículo realizada, se observa que el vehículo soporta un menor porcentaje de carga sobre el eje trasero con su peso en vacío, en esta situación el porcentaje de masa soportado por el eje trasero es de:

$$\text{Porcentaje masa soportada eje trasero} = \frac{320}{780} = 0.41 = 41\%$$

Por lo que en este caso se cumple con el requisito de disponer de más del 25% de masa total cargada sobre el eje motor.

- La masa máxima en carga técnicamente admisible del vehículo no deberá ser inferior a la masa del vehículo en orden de marcha más la masa de los pasajeros más la masa del equipamiento opcional más la masa del acoplamiento, si no se incluye en la masa en orden de marcha.

Teniendo en cuenta que para el cálculo de la masa máxima en carga técnicamente admisible solo es necesario de disponer como mínimo el 90% del depósito de gasolina lleno se confirma que se cumple este requisito.

- Si el vehículo está cargado hasta alcanzar la masa máxima en carga técnicamente admisible, la masa sobre cada eje no deberá exceder de la masa máxima técnicamente admisible sobre el eje en cuestión.

Observando la Tabla 7 se confirma el cumplimiento de este requisito.

3.3.4 Dimensiones máximas

Esta reforma en concreto no implica ninguna modificación en las dimensiones del vehículo, por lo que, cumple con las dimensiones máximas establecidas por ley.

3.4 Anexo IV. Variación de la velocidad máxima

En el apartado de información adicional para la reforma 2.9 Variación de la potencia máxima exigen la modificación del código de velocidad de los neumáticos a las nuevas prestaciones del vehículo.

Tabla 24 Velocidad máxima del vehículo original y reformado (Billequé, 2016).

Velocidad máxima original (km/h)	Velocidad máxima Renault 5 Copa (km/h)
137	175

El código de velocidad que corresponde a esta velocidad máxima es: S.

Por tanto, el vehículo reformado tiene que equipar neumáticos con índice de velocidad S o superior. En el anexo VII se indican los neumáticos montados.

La capacidad de carga no se ve modificada por el cambio de motor por lo que el índice de carga no varía.

3.5 Anexo V. Cálculos relativos a los frenos

3.5.1 Cálculo de la transferencia de masas durante el frenado

Para realizar un estudio completo que ayude a justificar la instalación de los nuevos frenos y, además, demostrar su mayor efectividad, se realizan los cálculos recogidos en este anexo.

Primeramente, tomando el vehículo como un sólido rígido, analizamos la transferencia de pesos que se produce en el mismo debido a la inercia durante el proceso de frenado como podemos ver a continuación:

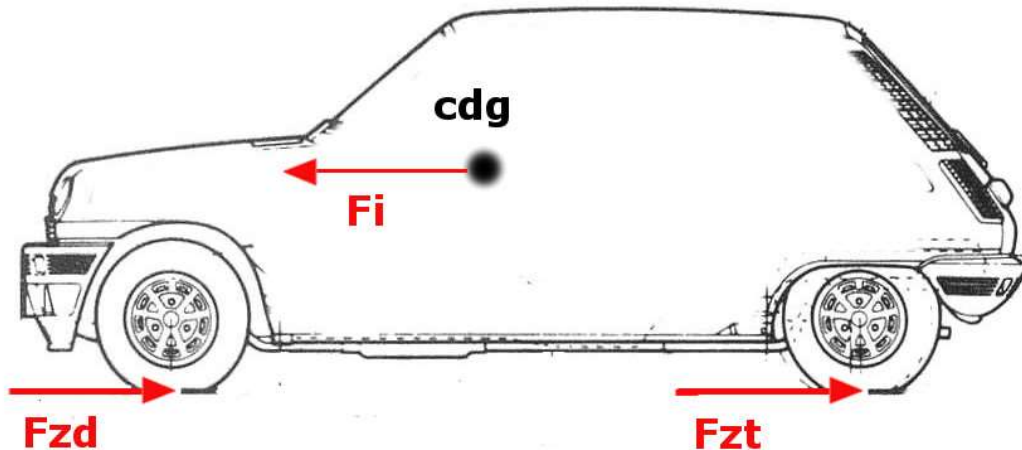


Ilustración 19 Esquema de fuerzas sobre el vehículo durante el frenado

μ = coeficiente de adherencia en seco = 0,8 (Luque, y otros, 2004)

F_{zd} = Fuerza máxima de frenado sobre el eje delantero.

F_{zt} = Fuerza máxima de frenado sobre el eje trasero.

m_{zd} = masa soportada por el eje delantero.

m_{zt} = masa soportada por el eje trasero

$\%_{ed}$ = porcentaje de masa soportada por el eje delantero

$\%_{et}$ = porcentaje de masa soportada por el eje trasero.

F_i = Fuerza de inercia en situación de frenado máximo.

h = Altura del cdg con todas las cargas calculada en anexo anterior.

l = Distancia longitudinal eje delantero

– cdg incluyendo todas las cargas calculada en anexo anterior.

D = Distancia entre ejes del vehículo (figura en anexo anterior).

a = deceleración máxima en función del coeficiente de adherencia = $9,81 \text{ m/s}^2 * \mu$
 $= 7,85 \text{ m/s}^2$

m_{tot} = masa total vehículo cargado = 1180 kg

P = Peso del vehículo con máxima carga = $1180 \text{ kg} * 9,81 \text{ m/s}^2 = 11575,8 \text{ N}$

Se obtienen las siguientes ecuaciones que permiten calcular los siguientes valores (Luque, y otros, 2004):

$$F_{zd} = \frac{P \cdot l + \frac{P}{g} \cdot a \cdot h}{B}$$

$$F_{zt} = \frac{P \cdot l - \frac{P}{g} \cdot a \cdot h}{D}$$

$$F_{zd} = \frac{11575,8 \cdot 1,28 + \frac{11575,8}{9,81} \cdot 7,85 \cdot 0,494}{2,412} = 6340,94 \text{ N}$$

$$F_{zt} = \frac{11575,8 \cdot 1,28 - \frac{11575,8}{9,81} \cdot 7,85 \cdot 0,494}{2,412} = 5238,29 \text{ N}$$

$$m_{zd} = \frac{F_{zd}}{g} = 646,37 \text{ kg}$$

$$m_{zt} = \frac{F_{zt}}{g} = 533,97 \text{ kg}$$

$$\%_{ed} = \frac{m_{zd}}{m_{tot}} = \frac{646,37 \text{ kg}}{1180 \text{ kg}} = 0,5478 \%$$

$$\%_{et} = \frac{m_{zt}}{m_{tot}} = \frac{533,97 \text{ kg}}{1180 \text{ kg}} = 0,4525 \%$$

Estos cálculos permiten conocer la fuerza máxima que es posible aplicar durante el frenado para detener el vehículo en cada eje y a su vez se obtiene la transferencia de masas del vehículo considerándolo rígido, en consecuencia, podemos realizar los siguientes cálculos:

3.5.2 Cálculo de la fuerza de frenado eje delantero

Para calcular la fuerza necesaria que tiene que realizar el sistema de frenos analizamos las fuerzas que actúan sobre cada rueda:

Neumático: 175/60/R13

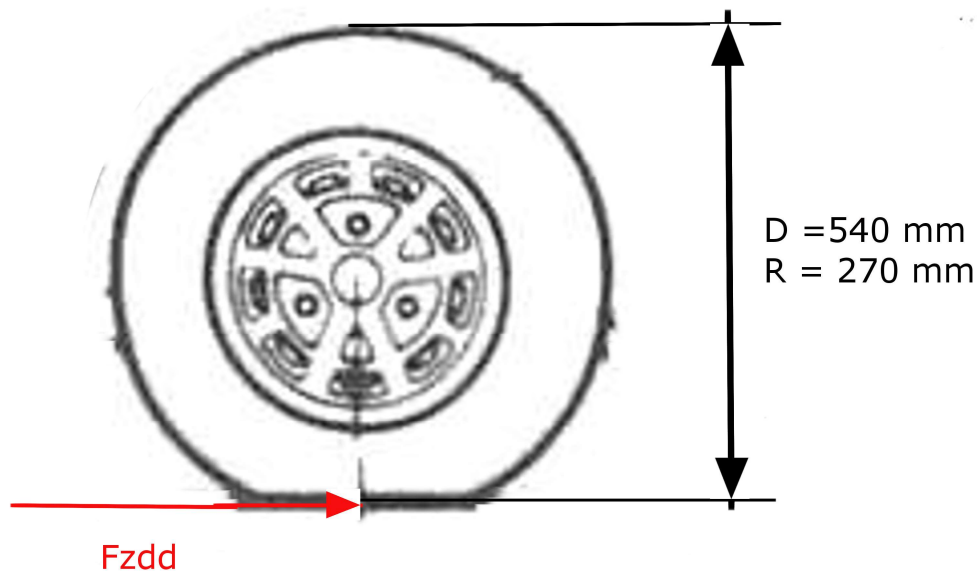


Ilustración 20 Esquema fuerza carretera-neumático eje delantero durante el frenado

D = Diámetro del neumático

R = Radio del neumático

$$\begin{aligned} F_{zdd} &= \text{Fuerza de frenado en rueda delantera teniendo en cuenta las condiciones anteriores} \\ &= \frac{F_{zd}}{2} = 3170,39 \text{ N} \end{aligned}$$

Con este dato se calcula el par que genera en la rueda el máximo esfuerzo de frenado:

$$T_{max} = F_{zdd} * R = 3170,39 N * 0,27 m = 856 N * m$$

A continuación, se analiza la presión que tiene que tener el líquido de frenos en la pinza de freno:

$$\begin{aligned} \mu_p &= \text{Coeficiente de fricción de las pastillas de freno} \\ &= 0,3 \text{ (Luque, y otros, 2004) (Velasco, 2005)} \end{aligned}$$

$$D = \text{Diametro exterior del disco} = 0,2275 m$$

$$d = \text{Diametro interior de la superficie de freno del disco} = 0,1395 m$$

$$A_{PF} = \text{Área pistón de la pinza de freno} = \Pi \cdot \left(\frac{54 \cdot 10^{-3}}{2} \right)^2 = 0,00229 m^2$$

$$A_{FF} = \text{Área forros pastilla de freno} = 71,6 cm^2 = 0,00716m^2$$

$$P_{PFD} = \text{Presión pastilla freno delantero}$$

$$P_{CFD} = \text{Presión circuito freno delantero}$$

$$F_{EC} = \text{Fuerza ejercida por el conductor}$$

$$R_{FD} = \text{Relación de frenado pinza delantera – pedal de freno} = 80,4$$

$$\emptyset = \text{Ángulo que cubren las pastillas de freno}$$

Basándose en la superficie de los discos de freno y las pastillas se averigua el ángulo que cubren las pastillas (Renault Sport).

$$S_p = \text{Superficie frotante de las pastillas} = 71,6 cm^2$$

$$S_D = \text{Superficie de frenado del disco} = 565 cm^2$$

Si consideramos $1 = 360^\circ$.

$$\frac{S_p}{S_D} = 0,12$$

$$1 \rightarrow 360$$

$$0,12 \rightarrow \emptyset$$

$$\emptyset = 43,2^\circ$$

$$P_{PFD} = \frac{12T}{\mu_p \cdot \emptyset \cdot (D^3 - d^3)}$$

$$P_{PFD} = \frac{12 \cdot 360 \cdot 856,60 N \cdot m}{0,3 \cdot 43,2^\circ \cdot 2\pi \cdot (0,2275^3 - 0,1395^3)} = 5,01599 * 10^6 Pa$$

A continuación, se obtiene la fuerza que es necesario aplicar mediante el sistema de frenos para generar el momento correspondiente a la situación de frenado máximo:

$$F_{PD} = P \cdot \emptyset \cdot \frac{D^2 - d^2}{8}$$

$$F_{PD} = \frac{5.01599 * 10^6 Pa \cdot 43,2^\circ * 2\pi rad * (0,2275^2 - 0,1395^2)}{8 * 360^\circ}$$

$$F_{PD} = 15267,8 N$$

Cálculo de la presión máxima que ejerce el circuito de frenos:

$$P_{CFD} = \frac{F_{PD}}{A_{PF}} = \frac{15267,8 N}{0,00229 m^2} = 6,67 * 10^6 Pa$$

Se calcula además la presión a la que están sometidos los forros de las pastillas de freno para observar si están dentro de los valores típicos.

$$P_{FP} = \frac{F_{PD}}{A_{FF}} = \frac{15267,8 N}{0,00716 m^2} = 2,13 * 10^6 Pa = 21,3 Bar$$

Se observa que los valores de presión de trabajo de los forros son normales lo que indica que los cálculos tienen validez (Luque, y otros, 2004).

Se calcula la fuerza que tiene que ejercer el conductor para aplicar la máxima fuerza de frenado:

$$F_{EC} = \frac{F_{PD}}{R_{FD}} = \frac{15267,8}{80,4} = 189,9 N$$

3.5.3 Cálculo fuerza frenado sobre el eje trasero

Neumático: 175/60/R13

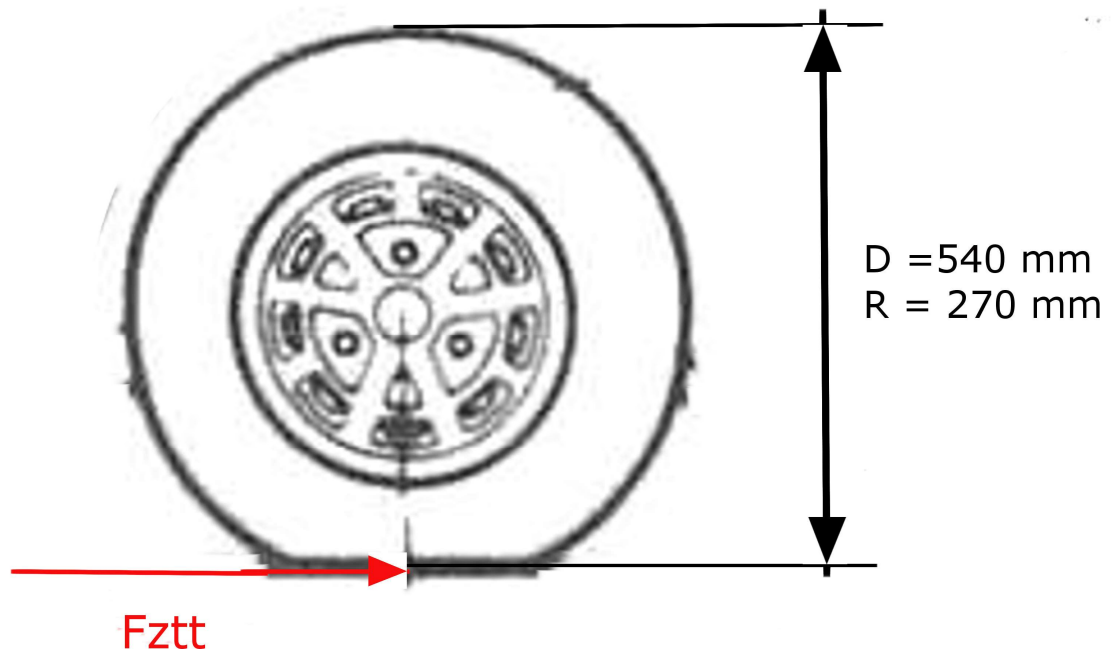


Ilustración 21 Esquema fuerza neumático-carretera durante el frenado eje trasero.

$$\begin{aligned} F_{ztt} &= \text{Fuerza de frenado en rueda trasera teniendo en cuenta las condiciones anteriores} \\ &= \frac{F_{zt}}{2} = 2619,15 N \end{aligned}$$

F_{ZTTL}

= Fuerza de frenado en la rueda trasera teniendo en cuenta cuando empiezan a bloquear las delanteras

F_{ZTL} = Fuerza de frenado en el eje trasero

Con este dato se obtiene el par que genera en la rueda el máximo esfuerzo de frenado:

$$T_{max} = F_{z\,ad} \cdot R = 2619,15 \text{ N} \cdot 0,27 \text{ m} = 707,17 \text{ N} \cdot \text{m}$$

A continuación, se analiza la presión que tiene que tener el líquido de frenos en la pinza de freno:

$$\begin{aligned} \mu_p &= \text{Coeficiente de fricción de las pastillas de freno} \\ &= 0,3 \text{ (Luque, y otros, 2004) (Velasco, 2005)} \end{aligned}$$

$$D_d = \text{Diametro exterior del disco} = 0,2275 \text{ m}$$

$$d_d = \text{Diametro interior de la superficie de freno del disco} = 0,1395 \text{ m}$$

$$A_{PF} = \text{Área pistón de la pinza de freno} = \pi \cdot \left(\frac{36 \cdot 10^{-3}}{2}\right)^2 = 0,00102 \text{ m}^2$$

$$A_{FF} = \text{Área forros pastilla de freno} = 71,6 \text{ cm}^2 = 0,00716 \text{ m}^2$$

P_{PFT} = Presión pastilla freno trasero

P_{CFT} = Presión circuito freno trasero

F_{EC} = Fuerza ejercida por el conductor

$$R_{FT} = \text{Relación de frenado pinza trasera – pedal de freno} = 34,2$$

ϕ = Ángulo que cubren las pastillas de freno

Para analizar el ángulo que cubren las pastillas se obtienen datos de (Renault Sport). En base a la superficie de los discos de freno y las pastillas se averigua el ángulo que cubren las pastillas.

$$S_p = \text{Superficie frotante de las pastillas} = 71,6 \text{ cm}^2$$

$$S_D = \text{Superficie de frenado del disco} = 565 \text{ cm}^2$$

Si consideramos $1 = 360^\circ$.

$$\frac{S_p}{S_D} = 0,12$$

$$1 \rightarrow 360$$

$$0,12 \rightarrow \phi$$

$$\phi = 43,2^\circ$$

$$P_{PFT} = \frac{12T}{\mu_p \cdot \phi \cdot (D_d^3 - d_d^3)}$$

$$P_{PFT} = \frac{12 \cdot 360 \cdot 707,17 \text{ N} \cdot \text{m}}{0,3 \cdot 43,2^\circ \cdot 2\pi \cdot (0,2275^3 - 0,1395^3)} = 4,1409 \cdot 10^6 \text{ Pa}$$

A continuación, podemos obtener la fuerza que es necesario aplicar mediante el sistema de frenos para generar el momento correspondiente a la situación de frenado máximo.

$$F_{PT} = P \cdot \phi \cdot \frac{D_d^2 - d_d^2}{8}$$

$$F_{PT} = \frac{4,1409 \cdot 10^6 \text{ Pa} \cdot 43,2^\circ \cdot 2\pi \text{ rad} \cdot (0,2275^2 - 0,1395^2)}{8 \cdot 360^\circ}$$

$$F_{PT} = 12604,18 \text{ N}$$

Se calcula la presión máxima que ejerce el circuito de frenos.

$$P_{CFT} = \frac{F_{PT}}{A_{PF}} = \frac{12604,18 \text{ N}}{0,00102 \text{ m}^2} = 12,36 \cdot 10^6 \text{ Pa}$$

Se calcula además la presión a la que están sometidos los forros de las pastillas de freno para observar si están dentro de los valores típicos.

$$P_{FP} = \frac{F_{PT}}{A_{FF}} = \frac{12604,18 \text{ N}}{0,00716 \text{ m}^2} = 1,76 \cdot 10^6 \text{ Pa} = 17 \text{ Bar} = 0,0031 \text{ daN/mm}^2$$

Se observa cómo, en este caso, la presión ejercida sobre las pastillas es menor debido a la inferior carga sobre el eje trasero durante el frenado.

Se calcula la fuerza que tiene que ejercer el conductor para aplicar la máxima fuerza de frenado.

$$F_{EC} = \frac{F_{PT}}{R_{FT}} = \frac{12604,18 \text{ N}}{34,2} = 368,54 \text{ N}$$

Esta sería la máxima fuerza de frenado que se podría aplicar en el eje trasero para detener el vehículo, pero debemos tener en cuenta que el vehículo está diseñado para limitar la fuerza que se envía a las ruedas traseras para que en caso de una frenada fuerte las ruedas delanteras bloqueen primero evitando un posible "trompo". Se considera, en los próximos desarrollos, que la fuerza máxima que se puede aplicar sobre el eje trasero corresponde con la fuerza del pedal necesaria para frenar utilizando el máximo agarre disponible en las ruedas delanteras.

La mayor capacidad de frenado en el eje delantero se obtiene cuando se aplica una fuerza sobre el pedal de freno de:

$$F_{EC} = 189,9 \text{ N}$$

Esta fuerza equivale a una fuerza de frenado en la pinza de freno trasera de:

$$F_{PT} = R_{FT} \cdot F_{EC} = 34,2 \cdot 189,9 \text{ N} = 6494,58 \text{ N}$$

$$P = \frac{8 \cdot F_{PT}}{\phi \cdot (D_d^2 - d_d^2)}$$

$$P = \frac{8 \cdot 6494,58 \text{ N} \cdot 360^\circ}{43,2^\circ \cdot 2\pi \text{ rad} \cdot (0,2275^2 - 0,1395^2)} = 2,134 \cdot 10^6 \text{ Pa}$$

$$P_{PFT} = \frac{12T}{\mu_p \cdot \phi \cdot (D_d^3 - d_d^3)}$$

$$T = \frac{\mu_p \cdot \phi \cdot (D_d^3 - d_d^3) \cdot P_{PFT}}{12}$$

$$T = \frac{0,3 * 43,2^\circ * 2\pi \text{rad} * (0,2275^3 - 0,1395^3) * 2,134 * 10^6}{12 * 360} = 364,43 \text{ N} * \text{m}$$

$$F_{ZTTL} = \frac{T}{R} = \frac{364,43}{0,27} = 1349,74 \text{ N}$$

$$F_{ZTL} = \text{Fuerza de frenado en el eje trasero} = 1349,74 \text{ N} * 2 = 2699,48 \text{ N}$$

Se considera este dato de fuerza de frenado en el eje trasero válido, puesto que la variación en los resultados que se puede producir debido a la inferior deceleración que se produce, no varían de forma importante los resultados.

3.5.4 Fuerza total de frenado

Teniendo en cuenta lo anterior la fuerza total de frenado para detener el vehículo es la siguiente:

$$F_{TF} = \text{Fuerza total de frenado} = F_{ZD} + F_{ZTTL} = 6340,94 \text{ N} + 2699,48 \text{ N} = 9040,42 \text{ N}$$

3.5.5 Distancia de frenado

A partir del dato de la fuerza total de frenado se puede averiguar la distancia de frenado.

$$a = \frac{F_f}{m}$$

$$a = \frac{dV}{dt}$$

$$V = \frac{dS}{dt}$$

$$S_{v_1-v_2} = \int_{V_1}^{V_2} \frac{V dV}{a}$$

$$S = \frac{1}{a} \left[\frac{V_2^2}{2} - \frac{V_1^2}{2} \right]$$

$$a = \frac{9040,42 \text{ N}}{1181 \text{ kg}} = 7,65 \text{ m/s}^2$$

$$S = \frac{1}{7,65 \text{ m/s}^2} * \left[\frac{33,33 \text{ m/s}^2}{2} \right] = 72,60 \text{ m}$$

El vehículo partiendo de una velocidad de 120 km/h necesita una distancia de $72,60 \text{ m}$ para detenerse completamente.

3.5.6 Análisis eficacia frenada trasera

$$\phi = \text{Relación entre la fuerza de frenada trasera y la total} = \frac{F_{ZTL}}{F_{TF}}$$

w_R = Peso con la máxima carga sobre el eje trasero con vehículo parado

P_T = Peso total del vehículo completamente cargado

$$\gamma = \text{Relación entre el peso estático en el eje trasero y el total} = \frac{w_R}{P_T}$$

$$z = \text{Aceleración en unidades de } g \left(g = 9,81 \text{ m/s}^2 \right) = \frac{a}{g}$$

$$\phi_{\text{máx}} = \text{Valor máximo permitido por la reglamentación europea} = \gamma - 0,8 * x$$

Tomando un valor habitual de $x \leq 0,2$ se tiene:

$$\phi_{\text{máx}} = \gamma - 0,17$$

$$\phi = \frac{2699,48}{9040,42} = 0,299$$

$$\gamma = \frac{533,97 * 9,81}{1080 * 9,81} = 0,4944$$

$$\phi_{\text{máx}} = 0,4944 - 0,8 * 0,2 = 0,334$$

Se observa que $\phi \leq \phi_{\text{máx}}$ por tanto cumplimos la reglamentación europea.

3.5.7 Cálculo energía calorífica generada durante el frenado del vehículo

Con el fin de realizar un análisis termodinámico en el que se justifique el mejor funcionamiento de los frenos de disco ventilados, se calcula la generación de calor que se produce en una frenada con una velocidad inicial de 120 km/h .

Para realizar estos cálculos se utiliza la suposición de vehículo cargado completamente (1180 kg) puesto que es la más desfavorable de cara al aumento de temperatura.

Se calcula a continuación la energía disipada durante el frenado (García León, y otros, 2018) (García León, y otros, 2016) (Lillo Harún, 2006) (García Galea, y otros, 2014).

$$E_F = \text{Energía disipada por el sistema de frenos durante el frenado}$$

$$i = \text{Factor de corrección para masas rodantes} = 1,05$$

$$m_c = \text{masa del vehículo cargado}$$

$$v_i = \text{Velocidad inicial} = 120 \text{ km/h} = 33,33 \text{ m/s}$$

$$V_f = \text{Velocidad final} = 0 \text{ m/s}$$

$$E_F = \frac{i \cdot m \cdot (v_i^2 - V_f^2)}{2}$$

$$E_F = \frac{1,05 \cdot 1180 \text{ kg} \cdot (33,33 \text{ m/s}^2 - 0 \text{ m/s}^2)}{2} = 688195,67$$

Teniendo en cuenta los cálculos realizados en el apartado 3.5.4 se analiza la energía que se disipa en cada uno de los ejes.

$$E_d = \text{Energía disipada por los frenos del eje delantero}$$

$$E_T = \text{Energía disipada por los frenos traseros}$$

$$E_d = 688195,67 \text{ J} * 0,5478 = 376993,58 \text{ J}$$

$$E_T = 688195,67 * 0,4525 = 311408,54 \text{ J}$$

En base a los datos de la bibliografía (García León, y otros, 2018), se conoce que de toda la energía que se disipa en el sistema de frenos, un 90% se disipa en el disco y un 10% se disipa en las pastillas de freno. Para analizar las temperaturas que se alcanzan en el disco y su posterior enfriamiento se calcula la energía disipada por los discos en el eje delantero.

$$E_{dd} = \text{Energía disipada discos eje delantero}$$

$$E_{dd} = 0,9 * E_d = 0,9 * 376993,58 J = 339294,22 J$$

En cada eje disponemos de dos discos por lo que la energía disipada en cada uno de ellos es la siguiente.

$$E_{disdel} = \text{Energía disipada en un disco delantero.}$$

$$E_{disdel} = \frac{E_{dd}}{2} = 169647,11 J$$

3.5.8 Cálculo del aumento de temperatura producido durante la frenada en el caso de los discos ventilados

$$\Delta T = \text{Aumento de temperatura durante el frenado}$$

$$m_{dv} = \text{Masa disco ventilado calculada mediante SolidWorks} = 3,22 \text{ kg}$$

$$C_p = \text{Calor específico fundición gris} = 434 \text{ J/kg} * ^\circ\text{C}$$

$$\Delta T = \frac{E_{disdel}}{m_{dv} * C_p} = \frac{169647,11 J}{3,22 \text{ kg} * 434 \text{ J/kg} * ^\circ\text{C}} = 121,39 ^\circ\text{C}$$

ΔT corresponde a la temperatura que se eleva el disco durante la frenada.

Considerando la temperatura ambiente 22 °C la temperatura que alcanza el disco de freno es la siguiente.

$$T_{TV} = \text{Temperatura que alcanza el disco de freno ventilado despues de la frenada}$$

$$T_A = \text{Temperatura ambiente} = 22^\circ\text{C}$$

$$T_{TV} = \Delta T + T_A = 121,39 ^\circ\text{C} + 22 ^\circ\text{C} = 143,39 ^\circ\text{C}$$

3.5.9 Cálculo del aumento de temperatura producido durante la frenada en el caso de los discos macizos

$$m_{dm} = \text{masa disco macizo calculada mediante SolidWorks} = 2,87 \text{ kg}$$

$$\Delta T = \frac{E_{disdel}}{m_{dm} * C_p} = \frac{169647,11 J}{2,87 \text{ kg} * 434 \text{ J/kg} * ^\circ\text{C}} = 136,2 ^\circ\text{C}$$

$$T_{TM} = \text{Temperatura que alcanza el disco de freno macizo despues de la frenada}$$

$$T_{TM} = \Delta T + T_A = 136,2 ^\circ\text{C} + 22 ^\circ\text{C} = 158,2 ^\circ\text{C}$$

3.5.10 Conclusiones del aumento de temperatura

Se observa, como primera conclusión, que la instalación de frenos de disco ventilado aporta una mayor seguridad, puesto que al disponer de más masa necesitan más tiempo para aumentar su temperatura en la misma situación de frenado.

3.5.11 Cálculo de los factores de convección del disco de freno

A continuación, analizamos el comportamiento de los discos de freno ventilados y macizos para contrastar que su incorporación supone una ventaja de cara al enfriamiento.

En este caso, para comparar en la misma situación ambos sistemas de frenos, se parte de la misma temperatura inicial para los discos ventilados y macizos ($158,2\text{ }^{\circ}\text{C}$)

- Disco de freno ventilado

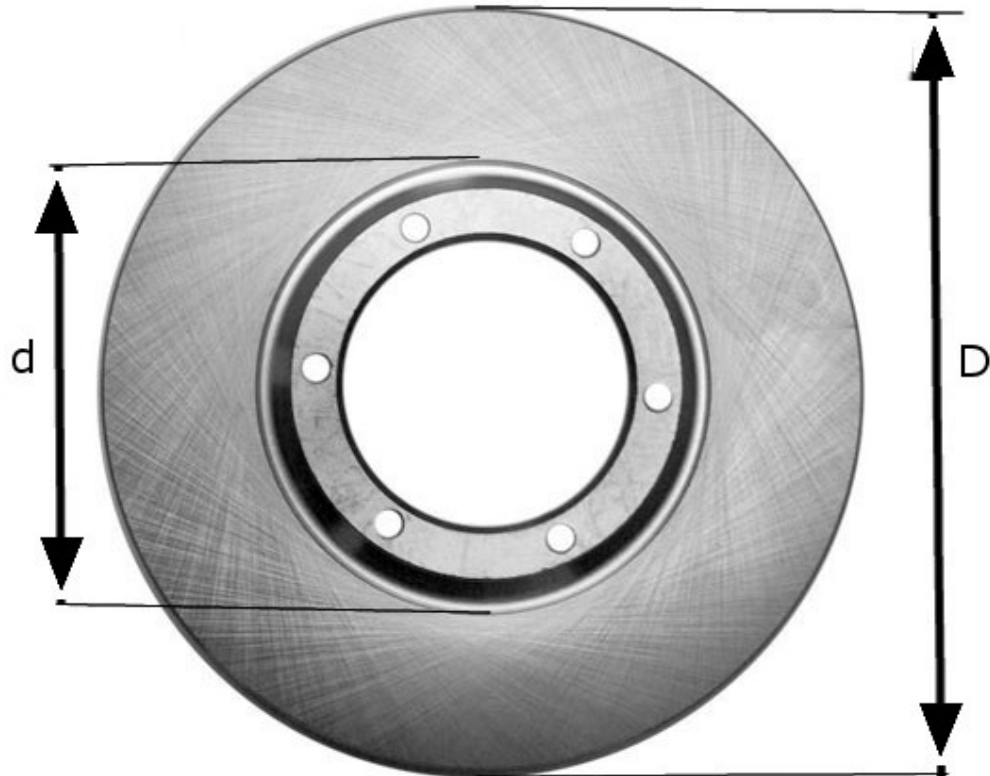


Ilustración 22 Disco de freno ventilado vista frontal.



Ilustración 23 Disco de freno ventilado vista trasera.



Ilustración 24 Perfil freno de disco ventilado

Para comenzar el análisis se comprueban las propiedades del aire a la temperatura de película.

Se calculan a continuación los diferentes coeficientes de convección correspondientes a diferentes regiones del disco para posteriormente realizar un análisis mediante elementos finitos donde se comprobará la diferencia de efectividad en la evacuación de calor de un disco de freno ventilado y uno macizo.

Tabla 25 Datos del aire y del disco en las condiciones del análisis.

Velocidad vehículo en Km/h	120,00
Temperatura aire	295,00
Temperatura disco 158,2°C	431,20
ΔT	136,20
T_{film}	363,10
u_{∞}	33,33
Pr	0,71
ν	0,00
k	0,03
D	0,23
d	0,14
e	0,02
Ce	434,00

$\Delta T =$ Diferencia temperatura aire ambiente – superficie del disco.

$T_{film} =$ Temperatura de película

$u_{\infty} =$ Velocidad del aire en m/s

Pr = Número de Prandtl

$\nu =$ Viscosidad cinemática $m^2 * s$

$K =$ Conductividad térmica $\frac{W}{m * K}$

D = Diámetro exterior del disco en m

d = Diámetro interior del disco en m

e = espesor del disco

$Ce =$ Calor específico $\frac{J}{kg * ^\circ C}$

A continuación, se calculan los diferentes coeficientes de calor por convección:

Tabla 26 Cálculo del coeficiente de convección para la región periférica del disco

A_s	0,01
Re	345358,49
Nu	282,27
h	37,50
Q	73,01

$A_s =$ Área de la superficie sometida a convección m

Re = Número de Reynolds = $\frac{u_{\infty} * D}{\nu}$

$$Nu = \text{Numero de Nusselt} = 0,027 * Re^{0,805} * Pr^{\frac{1}{3}}$$

$$h = \text{Coeficiente de transferencia de calor por convección} \frac{W}{m^2 * ^\circ C} =$$

$$Q = \text{Potencia calorífica } W$$

La representación gráfica donde se puede observar el área sometida a convección se observa en el anexo referente a los cálculos de enfriamiento.

Tabla 27 Cálculo del coeficiente de convección en la campana del disco

A_s	0,025
E_c	0,029
Re	211769,27
Nu	190,40
h	41,25
Q	140,36

$$Re = \frac{u_{\infty} * d}{\nu}$$

$$Nu = 0,027 * Re^{0,805} * Pr^{\frac{1}{3}}$$

Tabla 28 Calculo del coeficiente de convección en la superficie lateral (de frenado) del disco

As	0,06
Re	345358,49
Nu	348,76
h	46,33
Q	357,82

$$Re = \frac{u_{\infty} * D}{\nu}$$

$$Nu = 0,664 * Re^{0,5} * Pr^{\frac{1}{3}}$$

Tabla 29 Cálculo del coeficiente de convección debido al giro del disco

A_s	0,10
rev/km	553,00
W	115,82
Re	272996,16
Nu	188,10
h	24,99
Q	326,66

$rev/km = \text{Revoluciones que realiza la rueda del vehículo cada kilometro}$

$w = \text{Velocidad angular de la rueda en } \text{rad/s}$

$$Re = \frac{D^2 * w}{\nu}$$

$$Nu = 0,664 * Re^{0,5} * Pr^{\frac{1}{3}}$$

Se analiza a continuación el cálculo del coeficiente de convección en el interior de los conductos del disco asemejando su funcionamiento a una bomba (García Galea, y otros, 2014).

Tabla 30 Calculo del coeficiente de convección por el interior de los tubos

R	0,11
r	0,06
g	9,81
K	1,00
f	0,03
Lc	0,05
Dc	0,01
V_{max}	175,00
w_{inst}	115,94
w_{max}	169,08
Per_R	1,81
H_{max}	12,98
H_{inst}	8,90
V_{sal}	9,01
V_c	21,17
Re	9642,36
T_b	295,00
T_s	360,00
Nu_{ilustracion13}	13,77
Nu	17,00
Nu_{corregido}	16,73
n	0,08
h_c	50,57

$R = \text{Radio externo del disco de freno (m)}$

$r = \text{Radio interior del disco de freno (m)}$

$g = \text{Aceleración de la gravedad (m/s}^2\text{)}$

$K = \text{Rugosidad absoluta}$

$f = \text{Coeficiente de fricción}$

V_{max} = Velocidad máxima del vehículo tras la reforma.

$$H_{max} = \text{Altura máxima de la bomba (m)} = w_{max}^2 \frac{R^2 - r^2}{2}$$

$$H_{inst} = \text{Altura instantanea de la bomba (m)} = \frac{w_{inst}}{w_{max}} * H_{max}$$

L_c = Longitud del canal (m)

D_c = Diámetro del canal (m)

$$w_{inst} = \text{Velocidad de rotación del disco a } 120 \text{ km/h } \left(\text{rad/s} \right)$$

$$w_{max} = \text{Velocidad de rotación del disco a velocidad máxima } \left(\text{rad/s} \right)$$

Per_R = Perimetro del neumático 175/ 70/ R13

$$H_{inst} = \left(K + f * \frac{L_c}{D_c} + 1 \right) * \frac{V_{sal}^2}{2 * g} + \frac{(w_{inst} * R_2)^2}{2 * g}$$

V_{sal} = Velocidad del salida del fluido (m/s)

$$V_c = \text{Velocidad media del canal (m/s)} = \frac{V_{sal} + V_{ent}}{2}$$

$$Re = \frac{V_c * D_c}{\nu}$$

$Per_R =$

T_b = Temperatura del aire ambiente (K)

T_s = Temperatura de la superficie del disco (K)

$Nu_{ilustración13} =$

Numero utilizado para obtener el número de Nusselt a partir de la ilustración x=
 $\frac{Re * Pr * D_c * 10^{-2}}{L_c}$. Utilizamos la aproximación para conductos cortos de la ilustración 25

Nu = Numero de Nusselt obtenido a partir de la ilustración 25

$Nu_{corregido}$ = Número de Nusselt despues de aplicar corrección

$$= Nu_{ilustración13} * \left(\frac{T_b}{T_s} \right)^n$$

n = Factor de correccion de temperatura (García Galea, y otros, 2014)

$$h = \frac{D_c * Nu}{k}$$

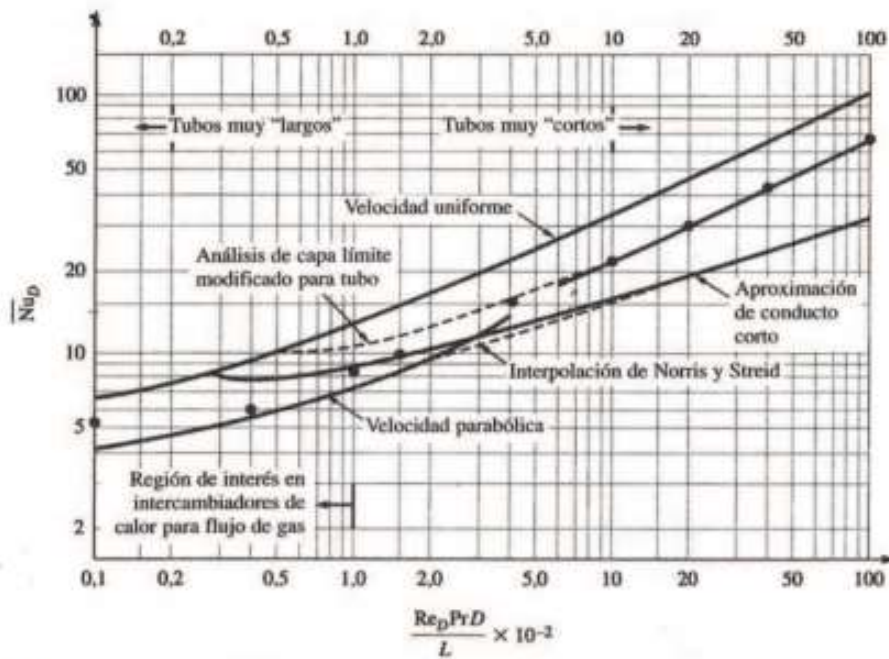


Ilustración 25 Soluciones analíticas y correlaciones empíricas para la transferencia de calor a través de tubos circulares (Kreith, y otros)

No se dispone de datos de rugosidad absoluta ni del coeficiente de fricción, se comprueba que la variación de estos datos no afecta de forma importante al resultado por lo que se consideran validos los resultados (García Galea, y otros, 2014).

- Disco macizo

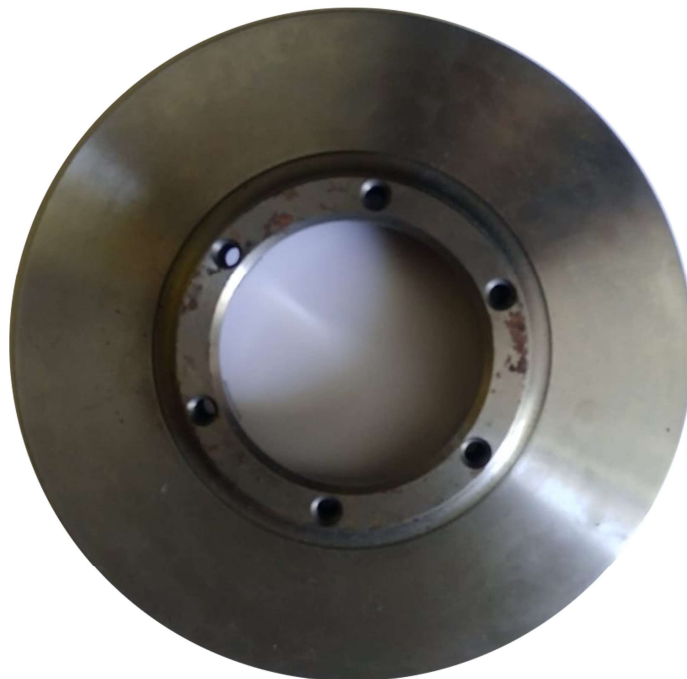


Ilustración 26 Vista frontal disco macizo

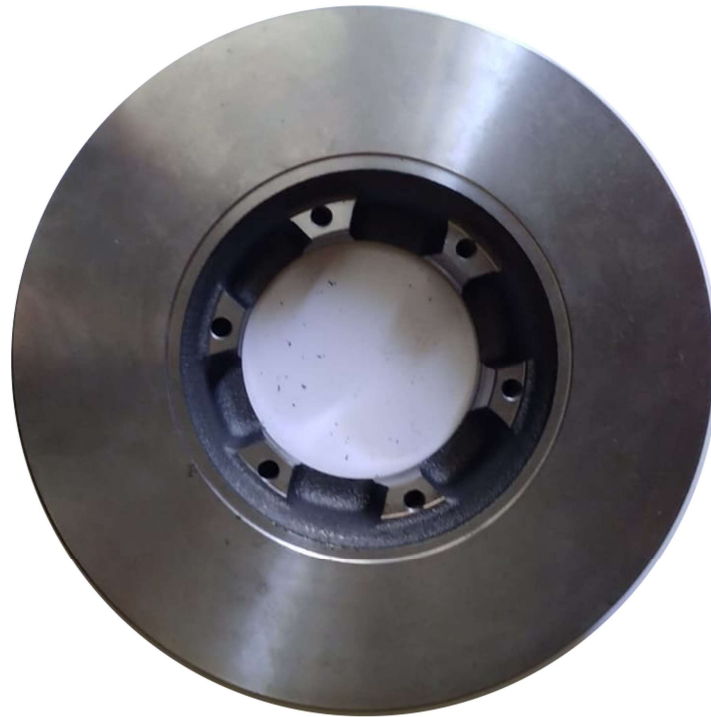


Ilustración 27 Disco macizo vista trasera

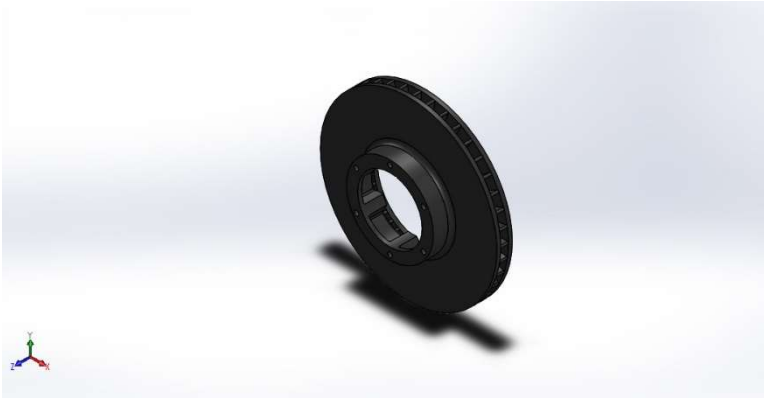


Ilustración 28 Perfil freno de disco macizo

Los coeficientes de convección para el caso de disco macizo son los mismos que para el caso del disco ventilado teniendo en cuenta que no va a existir convección en el interior de los conductos puesto que no dispone de los mismos. El motivo de que no varíen los coeficientes de transferencia de calor por convección radica en que las dimensiones que afectan al cálculo de los coeficientes son las mismas en ambos modelos.

3.5.12 Análisis enfriamiento disco de freno

Se presentan dos informes realizados mediante el software SolidWorks que corresponden a un análisis térmico donde se analiza cómo un disco de freno ventilado disipa mucho mejor el calor con respecto a un disco de las mismas características macizo. Los diseños de los discos son de elaboración propia tomando medidas de los frenos de disco originales.



Simulación de disco ventilado

Diseñador: Daniel Costa Casás

Nombre de estudio: Térmico 1

Tipo de análisis: Térmico(Transitorio)

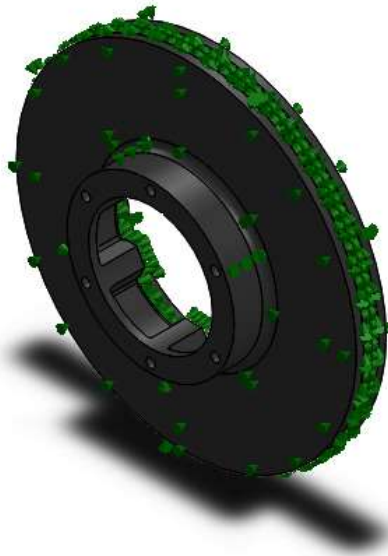
DESCRIPCIÓN

Análisis de la refrigeración de un disco de freno ventilado procedente de Renault 5 Alpine Coupe, Renault 5 Gr2, Renault 12 Gordini, Renault Traffic.

SUPOSICIONES

- Temperatura inicial de la superficie del disco uniforme e igual a 158.2 °C.
- Se supone que el material del disco es fundición gris.
- Se supone que si el vehículo circula a 120 km/h el aire que participa en el proceso de convección circula a la misma velocidad.

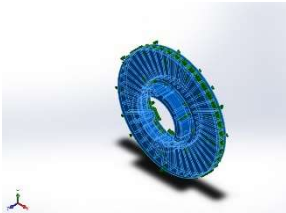
INFORMACIÓN DE MODELO



Nombre del modelo: Disco ventilado mejor

Configuración actual: Predeterminado

Sólidos

Nombre de documento y referencia	Tratado como	Propiedades volumétricas	Ruta al documento/Fecha de modificación
<p>Redondeo2</p> 	<p>Sólido</p>	<p>Masa:3.2175 kg Volumen:0.000446875 m³ Densidad:7200 kg/m³ Peso:31.5315 N</p>	<p>C:\Users\COSTA RACING\Desktop\TFG A PARTIR 15-2-21\Análisis Frenos\Disco ventilado mejor.SLDprt Jun 1 20:54:51 2021</p>

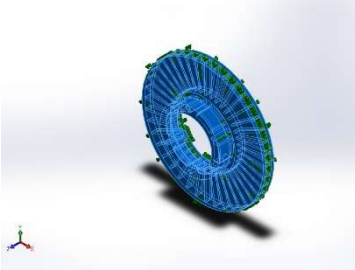
PROPIEDADES DE ESTUDIO

Nombre de estudio	Térmico 1
Tipo de análisis	Térmico(Transitorio)
Tipo de malla	Malla sólida
Tipo de solver	FFEPlus
Tipo de solución	Transitorio
Tiempo total	60 Segundos
Incremento de tiempo	1 Segundos
¿Se definió la resistencia de contacto?	No
Carpeta de resultados	Documento de SOLIDWORKS (C:\Users\COSTA RACING\Desktop)

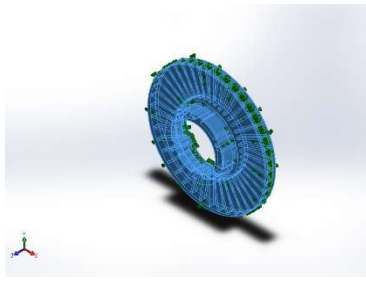
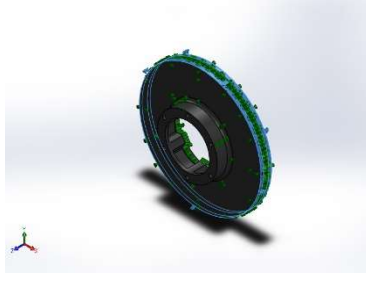
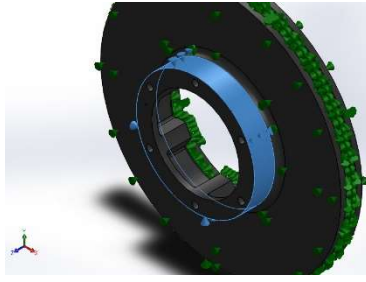
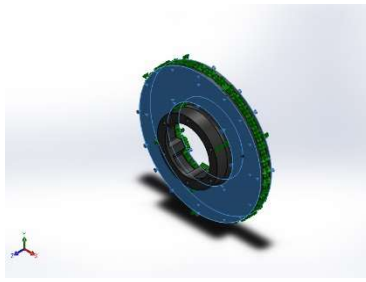
UNIDADES

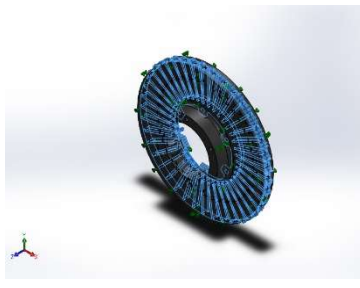
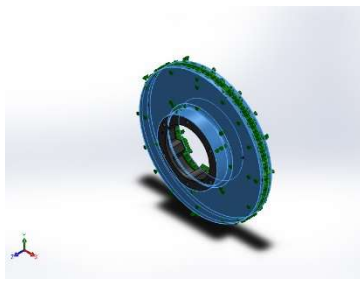
Sistema de unidades:	Métrico (MKS)
Longitud/Desplazamiento	Mm
Temperatura	Kelvin
Velocidad angular	Rad/seg
Presión/Tensión	N/m ²

PROPIEDADES DE MATERIAL

Referencia de modelo	Propiedades	Componentes
	<p>Nombre: Fundición gris (SN)</p> <p>Tipo de modelo: Isotrópico elástico lineal</p> <p>Criterio de error predeterminado: Desconocido</p> <p>Conductividad térmica: 45 W/(m.K)</p> <p>Calor específico: 510 J/(kg.K)</p> <p>Densidad: 7200 kg/m³</p>	<p>Sólido 1(Redondeo2)(Disco ventilado mejor)</p>
<p>Datos de curva:N/A</p>		

CARGAS TÉRMICAS

Nombre de carga	Cargar imagen	Detalles de carga
Temperatura inicial superficie disco.		<p>Entidades: 1 Sólido(s)</p> <p>Temperatura inicial: 158,2 Celsius</p>
Convección Periférica		<p>Entidades: 2 cara(s)</p> <p>Coefficiente de convección: 37,5 W/(m².K)</p> <p>Variación de tiempo: Desactivar</p> <p>Variación de temperatura: Desactivar</p> <p>Temperatura ambiente: 295 Kelvin</p> <p>Variación de tiempo: Desactivar</p>
Convección Campana		<p>Entidades: 1 cara(s)</p> <p>Coefficiente de convección: 41,25 W/(m².K)</p> <p>Variación de tiempo: Desactivar</p> <p>Variación de temperatura: Desactivar</p> <p>Temperatura ambiente: 295 Kelvin</p> <p>Variación de tiempo: Desactivar</p>
Convección Lateral del disco		<p>Entidades: 2 cara(s)</p> <p>Coefficiente de convección: 46,33 W/(m².K)</p> <p>Variación de tiempo: Desactivar</p> <p>Variación de temperatura: Desactivar</p> <p>Temperatura ambiente: 295 Kelvin</p> <p>Variación de tiempo: Desactivar</p>

<p>Convección Conductos</p>		<p>Entidades: 202 cara(s) Coefficiente de convección: 50,57 W/(m².K) Variación de tiempo: Desactivar Variación de temperatura: Desactivar Temperatura ambiente: 295 Kelvin Variación de tiempo: Desactivar</p>
<p>Convección Giratoria</p>		<p>Entidades: 6 cara(s) Coefficiente de convección: 24,99 W/(m².K) Variación de tiempo: Desactivar Variación de temperatura: Desactivar Temperatura ambiente: 295 Kelvin Variación de tiempo: Desactivar</p>

INFORMACIÓN DE MALLA

Tipo de malla	Malla sólida
Mallador utilizado:	Malla basada en curvatura
Puntos jacobianos	4 Puntos
Tamaño máximo de elemento	0,0174471 m
Tamaño mínimo del elemento	0,00348943 m
Trazado de calidad de malla	Elementos cuadráticos de alto orden

3.6 Información de malla – Detalles

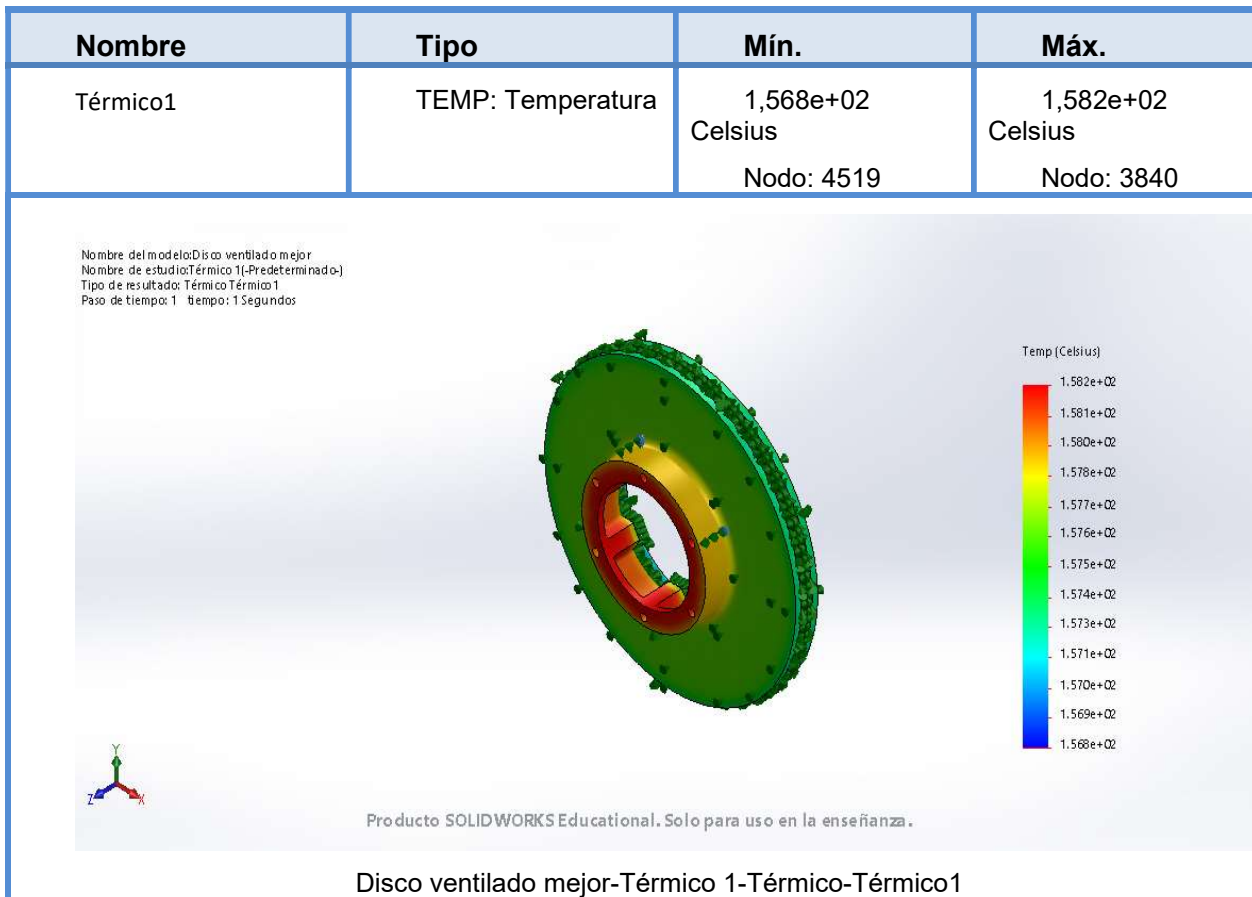
Número total de nodos	66851
Número total de elementos	37735
Cociente máximo de aspecto	21,457
% de elementos cuyo cociente de aspecto es < 3	82,9
% de elementos cuyo cociente de aspecto es > 10	0,615
% de elementos distorsionados (Jacobiana)	0
Tiempo para completar la malla (hh:mm:ss):	00:00:18
Nombre de computadora:	

Nombre del modelo: Disco ventilado mejor
Nombre de estudio: Térmico 1[-Predeterminado-]
Tipo de malla: Malla sólida

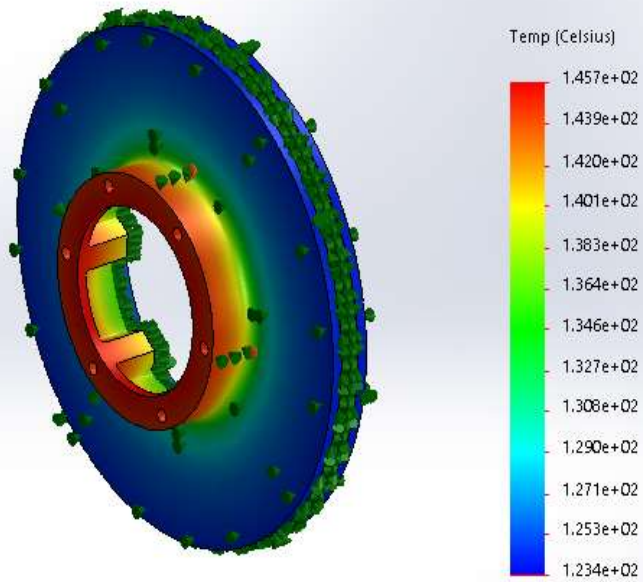


Producto SOLIDWORKS Educational. Solo para uso en la enseñanza.

RESULTADOS DEL ESTUDIO



Nombre del modelo: Disco ventilado mejor
Nombre de estudio: Térmico 1(-Predeterminado-)
Tipo de resultado: Térmico Térmico1
Paso de tiempo: 60 tiempo: 60 Segundos

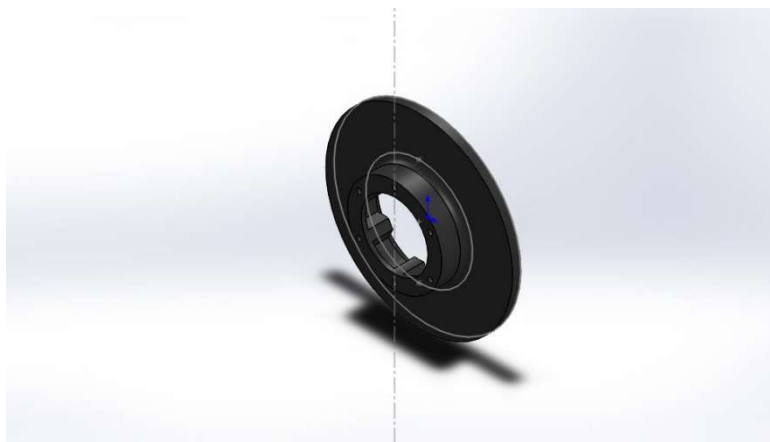


Producto SOLIDWORKS Educational. Solo para uso en la enseñanza.

Temperatura tras 60 segundos

CONCLUSIÓN

Observamos que la temperatura en la superficie de frenado del disco tras 60 segundos es de aproximadamente 127°C.



Simulación de disco macizo

Fecha: martes, 1 de junio de 2021
Diseñador: Daniel Costa Casás

Nombre de estudio: Térmico 1

Tipo de análisis: Térmico(Transitorio)

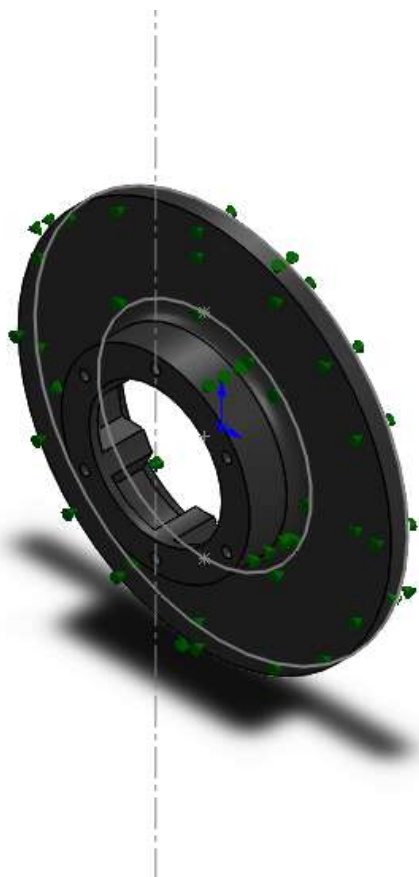
DESCRIPCIÓN

Análisis de la capacidad de refrigeración de un disco de freno macizo procedente del eje delantero o trasero de Renault 5 Copa Turbo.

SUPOSICIONES

- Temperatura inicial uniforme al comienzo del ensayo de 158,2°C
- Se supone que el material del disco es fundición gris.
- Se supone que si el vehículo circula a 120 km/h el aire que participa en el proceso de convección circula a la misma velocidad.

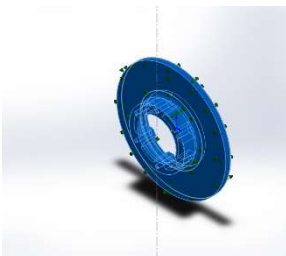
INFORMACIÓN DE MODELO



Nombre del modelo: Disco macizo R5

Configuración actual: Predeterminado

Sólidos

Nombre de documento y referencia	Tratado como	Propiedades volumétricas	Ruta al documento/Fecha de modificación
<p>Redondeo1</p> 	<p>Sólido</p>	<p>Masa:2,87265 kg Volumen:0,00039898 m³ Densidad:7200 kg/m³ Peso:28,152 N</p>	<p>C:\Users\COSTA RACING\Desktop\TFG A PARTIR 15-2-21\Análisis Frenos\Disco macizo R5.SLDPR May 28 22:24:23 2021</p>

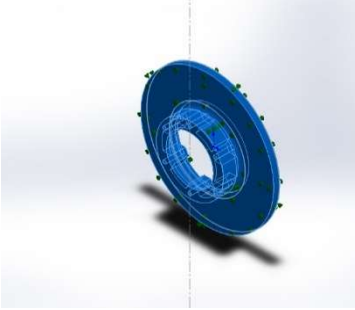
PROPIEDADES DE ESTUDIO

Nombre de estudio	Térmico 1
Tipo de análisis	Térmico(Transitorio)
Tipo de malla	Malla sólida
Tipo de solver	FFEPlus
Tipo de solución	Transitorio
Tiempo total	60 Segundos
Incremento de tiempo	1 Segundos
¿Se definió la resistencia de contacto?	No
Carpeta de resultados	Documento de SOLIDWORKS (C:\Users\COSTA RACING\Desktop\TFG A PARTIR 15-2-21\Análisis Frenos)

UNIDADES

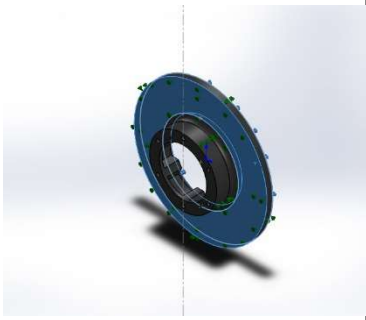
Sistema de unidades:	Métrico (MKS)
Longitud/Desplazamiento	Mm
Temperatura	Kelvin
Velocidad angular	Rad/seg
Presión/Tensión	N/m ²

PROPIEDADES DE MATERIAL

Referencia de modelo	Propiedades	Componentes
	<p>Nombre: Fundición gris (SN)</p> <p>Tipo de modelo: Isotrópico elástico lineal</p> <p>Criterio de error predeterminado: Desconocido</p> <p>Conductividad térmica: 45 W/(m.K)</p> <p>Calor específico: 510 J/(kg.K)</p> <p>Densidad: 7200 kg/m³</p>	<p>Sólido 1(Redondeo1)(Disco macizo R5)</p>
<p>Datos de curva:N/A</p>		

CARGAS TÉRMICAS

Nombre de carga	Cargar imagen	Detalles de carga
Convección por efecto giratorio		<p>Entidades: 5 cara(s)</p> <p>Coefficiente de convección: 24,99 W/(m².K)</p> <p>Variación de tiempo: Desactivar</p> <p>Variación de temperatura: Desactivar</p> <p>Temperatura ambiente: 295 Kelvin</p> <p>Variación de tiempo: Desactivar</p>
Temperatura inicial superficie disco		<p>Entidades: 1 Sólido(s)</p> <p>Temperatura inicial: 158,2 Celsius</p>
Convección periférica		<p>Entidades: 1 cara(s)</p> <p>Coefficiente de convección: 37,5 W/(m².K)</p> <p>Variación de tiempo: Desactivar</p> <p>Variación de temperatura: Desactivar</p> <p>Temperatura ambiente: 295 Kelvin</p> <p>Variación de tiempo: Desactivar</p>

<p>Convección lateral</p>		<p>Entidades: 2 cara(s) Coefficiente de convección: 46,33 W/(m².K) Variación de tiempo: Desactivar Variación de temperatura: Desactivar Temperatura ambiente: 295 Kelvin Variación de tiempo: Desactivar</p>
<p>Convección campana</p>		<p>Entidades: 1 cara(s) Coefficiente de convección: 41,25 W/(m².K) Variación de tiempo: Desactivar Variación de temperatura: Desactivar Temperatura ambiente: 295 Kelvin Variación de tiempo: Desactivar</p>

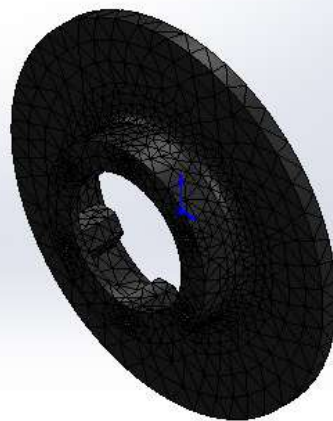
INFORMACIÓN DE MALLA

Tipo de malla	Malla sólida
Mallador utilizado:	Malla basada en curvatura
Puntos jacobianos	4 Puntos
Tamaño máximo de elemento	14,7274 mm
Tamaño mínimo del elemento	2,94549 mm
Trazado de calidad de malla	Elementos cuadráticos de alto orden

3.7 Información de malla – Detalles

Número total de nodos	15839
Número total de elementos	8756
Cociente máximo de aspecto	7,1582
% de elementos cuyo cociente de aspecto es < 3	88,4
% de elementos cuyo cociente de aspecto es > 10	0
% de elementos distorsionados (Jacobiana)	0
Tiempo para completar la malla (hh:mm:ss):	00:00:06
Nombre de computadora:	

Nombre del modelo: Disco macizo R5
Nombre de estudio: Térmico 1 (-Pre determinado-)
Tipo de malla: Malla sólida

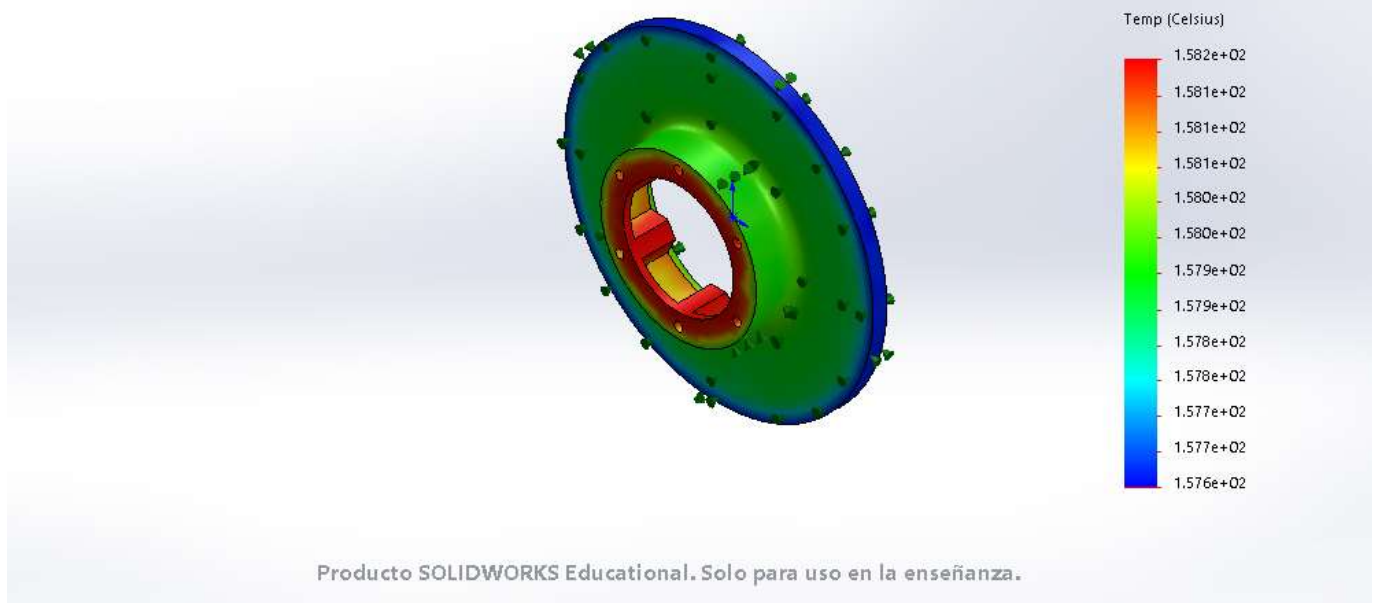


Producto SOLIDWORKS Educational. Solo para uso en la enseñanza.

RESULTADOS DEL ESTUDIO

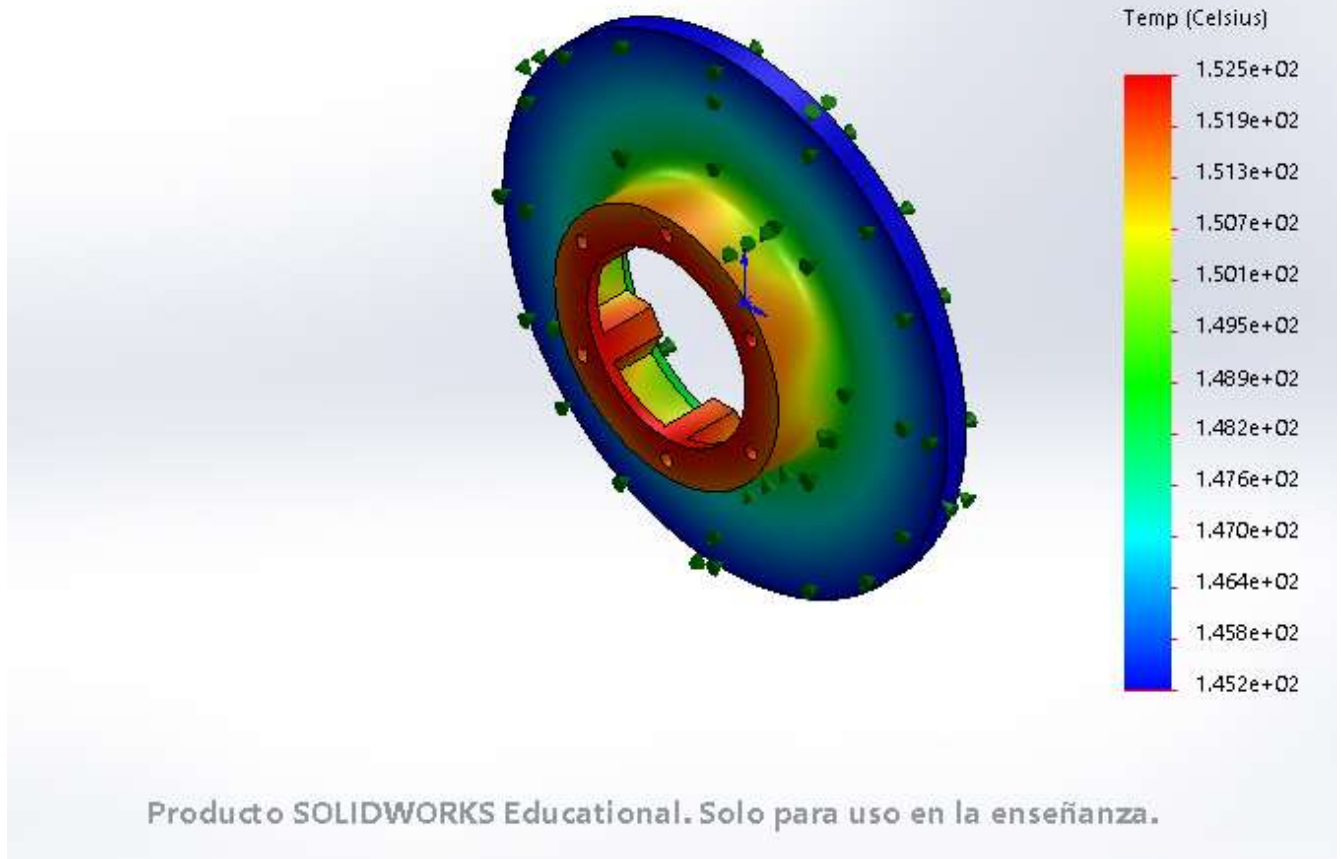
Nombre	Tipo	Mín.	Máx.
Térmico1	TEMP: Temperatura	1,576e+02 Celsius Nodo: 229	1,582e+02 Celsius Nodo: 565

Nombre del modelo: Disco macizo R5
 Nombre de estudio: Térmico 1 (-Pre determinado-)
 Tipo de resultado: Térmico Térmico 1
 Paso de tiempo: 1 tiempo: 1 Segundos



Disco macizo R5-Térmico 1-Térmico-Térmico1

Nombre del modelo: Disco macizo R5
 Nombre de estudio: Térmico 1(-Predeterminado-)
 Tipo de resultado: Térmico Térmico1
 Paso de tiempo: 60 tiempo: 60 Segundos



Temperatura del disco tras 60 segundos

Comentarios de la imagen:

Podemos observar un descenso de aproximadamente 10°C sobre la superficie de frenado tras 60 segundos de enfriamiento a 120 km/h .

- CONCLUSIONES DEL ESTUDIO

Podemos observar cómo el freno de disco ventilado se comporta mejor que el freno de disco macizo. La capacidad de refrigeración aumenta de forma importante, además, en una frenada de las mismas características el aumento de temperatura es menor.

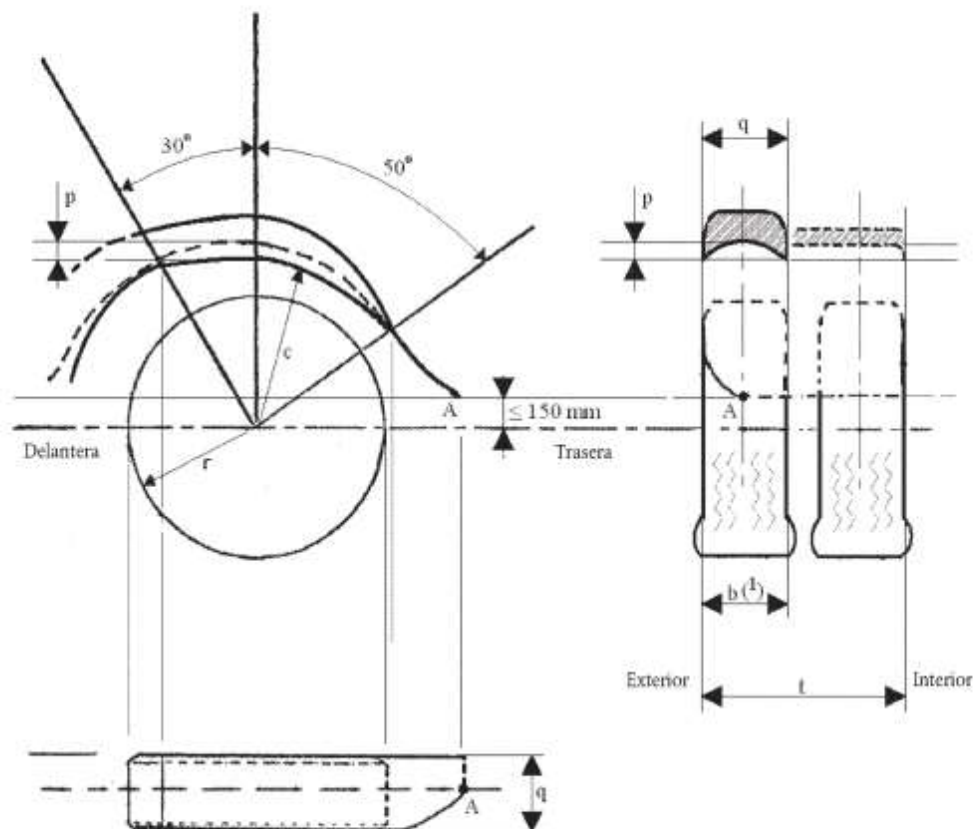
3.6 Anexo VI. Guardabarros

El acto reglamentario referente a guardabarros no necesita justificación sin la adición de los aletines de Renault 5 Alpine Grupo 2 puesto que no se modifica este elemento. Con la adición de los mismos y la modificación del ancho de vías es necesario revisar el Reglamento (UE) 1009/2010 que obliga a cumplir los siguientes requisitos (entre otros que no son relevantes para este proyecto)

- El vehículo de motor estará equipado de un guardabarros para cada rueda.
 - Se cumple.
- El guardabarros podrá consistir en partes de la carrocería o una parte separada y se diseñara de tal manera que proteja a los peatones, en la medida de lo posible de las proyecciones de piedras, barro, hielo, nieve y agua y de los peligros que entrañan las ruedas en movimiento.
 - Se cumple.
- Los guardabarros cumplirán los requisitos siguientes, con la masa del vehículo en orden de marcha declarada por el fabricante, un pasajero adicional en la primera fila de asientos y las ruedas de dirección rectas.
 - En la parte formada por los planos radiales a un ángulo de 30° hacia delante y de 50° hacia atrás desde el centro de las ruedas, la anchura total (b) del neumático, teniendo en cuenta la envoltura del neumático y los extremos de las combinaciones neumático/rueda especificados por el fabricante.
 - Se cumple. Se adjunta ilustración 30
 - La parte posterior del guardabarros no terminará por encima de un plano horizontal situado 150 mm por encima del eje de rotación de las ruedas y, además:
 - En caso de ruedas simples, la intersección del borde posterior del guardabarros con el plano horizontal definido anteriormente se encontrará al exterior del plano mediano longitudinal del neumático;
 - Se cumple, resulta evidente en la ilustración 5 y con las medidas aportadas de ancho de vías en la tabla 7 y tabla 8.
 - Los guardabarros tendrán el contorno y la posición que les permita mantener la máxima proximidad con los neumáticos. En particular, en la parte formada por los planos radiales mencionados anteriormente se cumplirán los requisitos siguientes.
 - La profundidad (p) de la hendidura situada en el plano vertical del eje del neumático, medida a partir de los bordes exterior e interior del guardabarros en el plano vertical longitudinal que pasa por el centro del neumático dentro del guardabarros, será de al menos 30 mm. Dicha profundidad (p) podrá reducirse progresivamente a cero hacia los planos radiales especificados en los puntos anteriores.
 - Se cumple.
 - La distancia (c) entre los bordes inferiores del guardabarros y el eje que pasa por el centro de rotación de las ruedas no excederá de $2 \times r$, donde (r) es el radio estático del neumático.

- Se cumple, resulta evidente en la ilustración 30.
- Los guardabarros podrán constar de varios componentes, a condición de que no haya espacios entre las distintas partes o dentro de ellas una vez ensambladas.
 - Se cumple, los guardabarros consisten en una sola pieza.
- Los guardabarros deberán estar bien sujetos, pero podrán desmontarse como unidad o en pares.
 - Se cumple, su fijación se realiza mediante remaches ubicados de forma adecuada.

Figura 1
Diagrama del guardabarros



Nota explicativa

⁽¹⁾ La anchura (b) del neumático se determina en su parte superior (anchura de la sección del neumático entre los planos radiales mencionados en el punto 2.1.1).

• **Ilustración 29 Imagen orientativa para observar los requisitos exigidos por el Reglamento (UE) 1009/2010.**

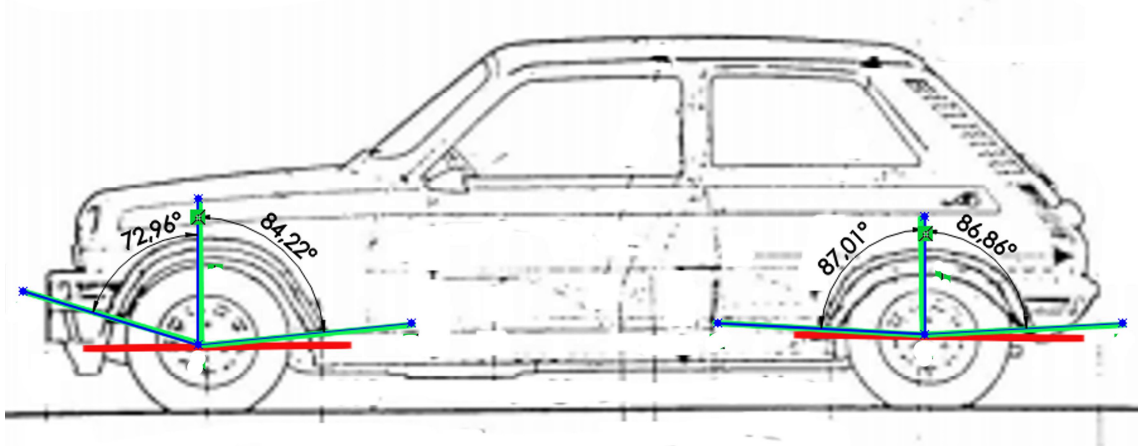


Ilustración 30 Diagrama Renault 5 Alpine Gr2 donde se justifica el cumplimiento del Reglamento (UE) 1009/2010

3.7 Anexo VII. Neumáticos

Los neumáticos que posee el vehículo se han instalado recientemente y están homologados. Sus características son las siguientes:

Tabla 31 Características neumáticos instalados

Marca	Yokohama
Modelo	A539
Medida	175/60/R13
Índice de carga	77
Índice de velocidad	H

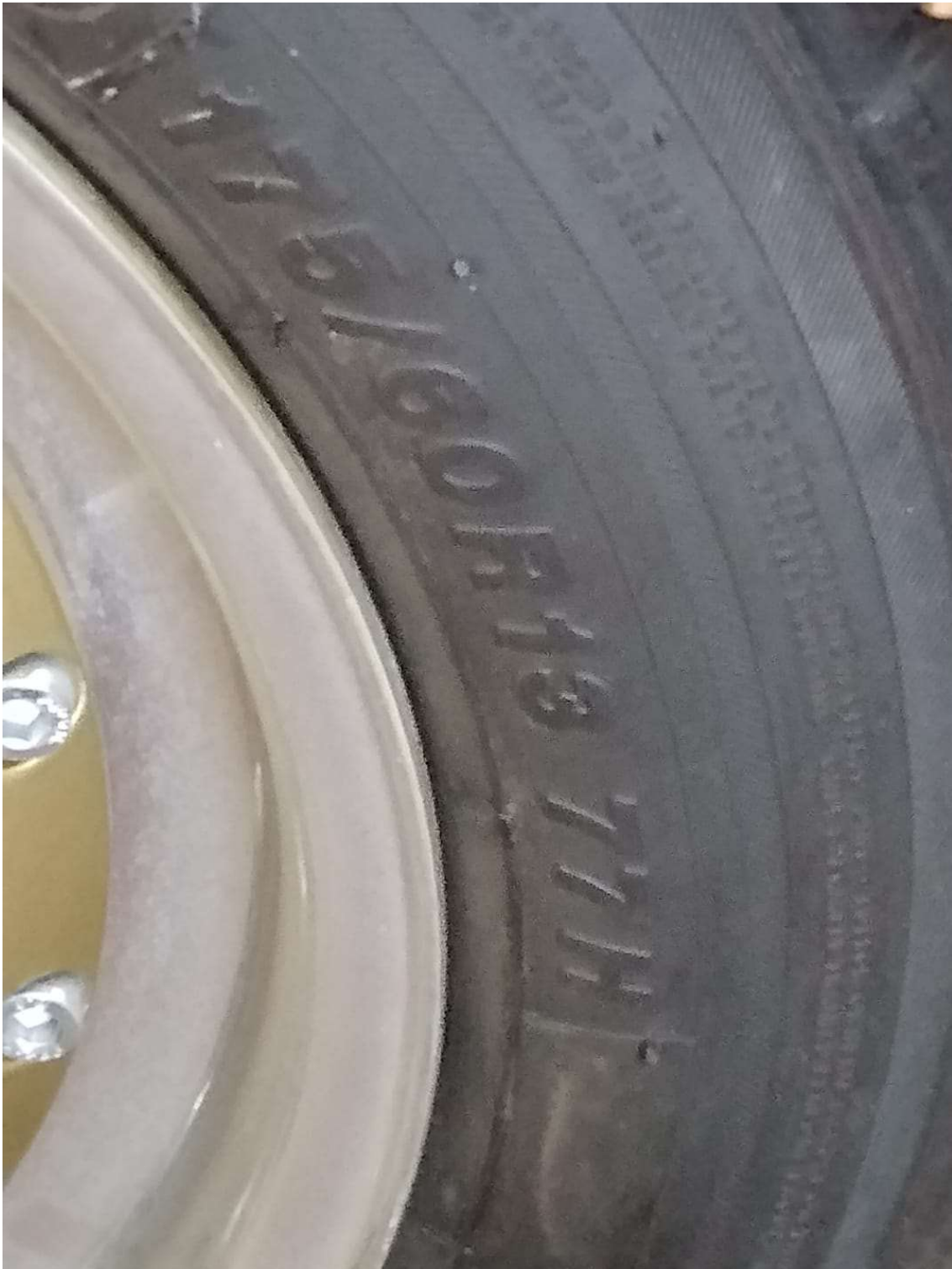


Ilustración 31 Foto justificativa de las características del neumático

3.8 Anexo VIII. Luces adicionales de largo alcance.

Para justificar el uso de las luces de largo alcance se monta un equipo homologado como se puede observar en la tabla 9 a pesar de ello hay que cumplir una serie de requisitos adicionales correspondientes a la Directiva 70/156/CEE.

- Una gran parte de los requisitos exigidos por la normativa no necesitan ser justificados debido a que ya están justificados por el código de homologación y el certificado que poseen.

- REQUISITOS GENERALES

- Los dispositivos de alumbrado y de señalización luminosa estarán montados de tal modo que, en condiciones normales de utilización y a pesar de las vibraciones a las que puedan estar sometidos, conserven las características exigidas en el presente Anexo y el vehículo pueda ajustarse a las prescripciones del mismo. Se evitará especialmente cualquier desajuste no intencionado de las luces.

Se cumple

- Las luces de alumbrado deberán instalarse de tal modo que su orientación pueda regularse con facilidad y corrección.

Se cumple.

- Para todos los dispositivos de señalización luminosa, incluidos los que estén situados en las paredes laterales, el eje de referencia de la luz instalada en el vehículo será paralelo al plano de apoyo del vehículo sobre la carretera; además, este eje será perpendicular al plano longitudinal mediano del vehículo, en el caso de los catadióptricos laterales, y paralelo a dicho plano para todos los demás dispositivos de señalización. En cada, se admitirá una tolerancia de $\pm 3^\circ$. Por otra parte, si el fabricante hubiera dado instrucciones especiales de instalación, éstas deberán respetarse.

- Salvo prescripciones especiales, las luces de un mismo par deberán:
 - o Estar montadas simétricamente respecto al plano longitudinal mediano; Se cumple.
 - o Ser simétricas entre sí respecto al plano longitudinal mediano; Se cumple.
 - o Cumplir las mismas prescripciones colorimétricas; Se cumple. Son el mismo modelo de faro.
 - o Tener características fotométricas idénticas. Se cumple. Son el mismo modelo de faro.

- ESPECIFICACIONES PARTICULARES

- Luces de carretera
 - o Presencia Obligatoria en los vehículos a motor. Prohibida en los remolques.
 - o Numero: dos o cuatro. Se cumple. Dos de los faros de largo alcance no dispondrán de instalación eléctrica. Su función es ornamental.
 - o Esquema de montaje: ninguna especificación particular.
 - o Emplazamiento
 - En anchura Los bordes exteriores de la zona iluminante no estarán, en ningún caso, situados más cerca del extremo de la anchura máxima del vehículo que los bordes exteriores de la zona iluminante de las luces de cruce. Se cumple.
 - En altura Ninguna especificación particular.
 - En longitud: delante del eje delantero del vehículo y montadas de tal modo que la luz emitida no cause molestias al conductor, ni directa, ni indirectamente a través de los

espejos retrovisores y /o de otras superficies reflectantes del vehículo.

Se cumple

- Orientación: Hacia adelante. Aparte de los dispositivos necesarios para mantener una regulación correcta, cuando haya dos pares de luces de carretera, uno de ellos, constituido por faros que tengan únicamente la función de luz de carretera, podrá moverse en función del ángulo de giro de la dirección, produciéndose la rotación alrededor de un eje muy próximo a la vertical.

- Podrá estar «agrupada» con la luz de cruce y las demás luces delanteras.

Se cumple

- No podrá estar combinada con ninguna otra luz.

Se cumple

- Conexiones eléctricas

- El encendido de las luces de carretera podrá efectuarse simultáneamente o por pares. Al pasar de haces de cruce a haces de carretera, se exigirá el encendido de, al menos, un par de luces de carretera. Al pasar de haces de carretera a haces de cruce, deberán apagarse todas las luces de carretera simultáneamente.

Se cumple

- Las luces de cruce podrán permanecer encendidas al mismo tiempo que las luces de carretera.

Se cumple

- Testigo de conexión Obligatorio.

Se cumple.

- Otras prescripciones

- La intensidad máxima del conjunto de los haces de carretera que pueden encenderse al mismo tiempo no deberá sobrepasar 255 000 cd.

Se cumple justificado a continuación.

- Dicha intensidad máxima se obtendrá sumando las intensidades máximas individuales medidas en el momento de la homologación del tipo e indicadas en los certificados de homologación pertinentes.

En las siguientes ilustraciones podemos observar el número de puntos de iluminación de los faros principales del Renault 5:



Ilustración 32 Homologación faro principal acompañante Renault 5



Ilustración 33 Homologación faro principal conductor Renault 5

Para comprobar si se cumple la normativa exigible al vehículo se elabora a continuación una tabla, previamente se convierte el número máximo de candelas permitidas por la normativa a puntos de luz:

$$3000 \text{ candelas} = 1 \text{ punto de luz}$$

$$255000 \text{ candelas} = 85 \text{ puntos de luz}$$

Tabla 32 Comprobación puntos de luz para luz de carretera tras la reforma

	FAROS PRINCIPALES	FAROS ADICIONALES	TOTAL LUCES CARRETERA	MÁXIMO PERMITIDO NORMATIVA
Puntos de luz	$25 * 2 = 50$	$12.5 * 2 = 25$	$50 + 25 = 75$	85

Escola Politécnica Superior

TRABAJO FIN DE GRADO

CURSO 2020/21

*TRANSFORMACIÓN DE UN TURISMO RENAULT 5
GTL EN UN VEHÍCULO DE COMPETICIÓN SIN
PERDER LA CAPACIDAD DE CIRCULAR POR LAS
VÍAS PÚBLICAS*

Grado en Ingeniería Mecánica

Documento

PLIEGO CONDICIONES

4 PLIEGO CONDICIONES

4.1 Descripción de las obras productos, instalaciones o servicios

El taller que realiza la reforma del vehículo cumple todos los requisitos legales necesarios, está homologado por el Ministerio de Industria, Comercio y Turismo para operar y se compromete a cumplir las indicaciones dadas en el presente Proyecto.

Las instrucciones de desmontaje y montaje de los diversos componentes del vehículo, no precisan ser descritas en el presente trabajo debido a que son piezas perfectamente intercambiables y existen instrucciones de montaje en manuales de taller.

Los servicios prestados son el asesoramiento en la reforma, la gestión de los diversos trámites administrativos y la redacción del Proyecto.

4.2 Especificaciones de los materiales y elementos constitutivos del objeto del Proyecto

Los materiales empleados para la realización del proyecto son los repuestos obtenidos de vehículos donantes para su reutilización, en este tipo de productos no existe riesgo de problemas para la seguridad y salud de los usuarios puesto que disponen de la calidad propia de un fabricante de vehículos conocido. En cuanto a los repuestos que es necesario obtener como, por ejemplo: discos de freno, pastillas, equipo motor etc. es responsabilidad del taller o del propietario del vehículo comprar productos que cumplan la normativa vigente para su venta y comercialización en la Unión Europea.

El vehículo objeto de la reforma es revisado por el laboratorio de reformas y por la ITV, en caso de que cualquier material no responda a las exigencias necesarias (manipulación) podrá ser detectado por estos organismos.

4.3 Aspectos del Proyecto que pueden afectar al objeto del mismo.

La responsabilidad de la empresa de ingeniería encargada del asesoramiento y gestión del proyecto consiste, en la realización y gestión del trabajo dentro de los plazos acordados con el cliente y con la Ley 39/2015 del Procedimiento Administrativo Común de las Administraciones Públicas.

Los posibles problemas de suministros de recambios y componentes del vehículo son solo responsabilidad del propietario del mismo o del taller que realiza las reformas.

Escola Politécnica Superior

TRABAJO FIN DE GRADO

CURSO 2020/21

*TRANSFORMACIÓN DE UN TURISMO RENAULT 5
GTL EN UN VEHÍCULO DE COMPETICIÓN SIN
PERDER LA CAPACIDAD DE CIRCULAR POR LAS
VÍAS PÚBLICAS*

Grado en Ingeniería Mecánica

Documento

PRESUPUESTO

5 PRESUPUESTO

Considerando la posición de una empresa de ingeniería dedicada al asesoramiento y gestión de la homologación de reformas en vehículos se presenta a continuación un desglose por capítulos del presupuesto. En base a los datos de la bibliografía (Colegios Oficiales de Ingenieros Industriales de Álava, 2017), el coste medio de la mano de obra en oficina técnica es de 63,3€ en 2017 y este es el valor que se va usar de referencia.

Tabla 33 Presupuesto

C.1 Capítulo 1 Mano de obra

C.1.1 Análisis normativa				
N/P	Concepto	Tiempo (h)	Precio (€/h)	Total (€)
1	Motor	0,2	63,3	12,66
2	Frenos	0,2	63,3	12,66
3	Suspensión	0,2	63,3	12,66
4	Aletines	0,2	63,3	12,66
5	Ancho de vías	0,2	63,3	12,66
6	Faros largo alcance	0,2	63,3	12,66
Total análisis normativa				75,96
C.1.2 Redacción proyecto				
N/P	Concepto	Tiempo (h)	Precio (€/h)	Total (€)
1	Frenos	0.3	63,33	19
2	Suspensión	0.3	63,33	19
3	Aletines	0.3	63,33	19
Total redacción proyecto				57

C.1.3 Justificación actos reglamentarios

N/P	Concepto	Tiempo (h)	Precio (€/h)	Total (€)
1	Motor	0.3	63,33	19
2	Frenos	0.3	63,33	19
3	Suspensión	0.3	63,33	19
4	Aletines	0.3	63,33	19
5	Modificación del ancho de vías	0.3	63,33	19
6	Faros adicionales largo alcance	0.3	63,33	19
Total actos reglamentarios				114

C.1.4 Análisis FEM

N/P	Concepto	Tiempo (h)	Precio (€/h)	Total (€)
1	Análisis disco macizo	1	63,33	63,33
2	Análisis disco ventilado	1	63,33	63,33
Total análisis FEM				126,66

C.1.4 Asesoramiento y tramites

N/P	Concepto	Tiempo (h)	Precio (€/h)	Total (€)
1	Asesoramiento cliente	0.4	63,33	25,33
2	Tramites ITV	0.3	63,33	19
3	Tramites laboratorio reformas	1	63,33	63,33
Total asesoramiento y tramites				107,66
Total capítulo 1				481,28

C.2 Capítulo 2. Documentos

N/P	Concepto	Cantidad	Coste unitario (€)	Total (€)
1	Informe de conformidad	1	100	100
2	Prueba de frenado	1	300	300
Total documentos				400
Total capítulo 2				400

Resumen Presupuesto

	Concepto	Cantidad	Total (€)
C.1	Mano de obra	1	481,28
C.2	Documentos	1	400
	Subtotal		881,28
	IVA	21%	185,07
IMPORTE TOTAL			1066,35

El cálculo del presupuesto se ha realizado considerando el trabajo de una empresa consolidada y con experiencia. En esta situación es habitual disponer de documentos base y existe un conocimiento extenso de las normativas; consecuentemente el tiempo de trabajo se reduce. Es habitual que las empresas de homologaciones de turismos trabajen con unos precios fijos para cada reforma, en base a los precios de la competencia, lo que significa que no siempre se cobrarán las horas de trabajo empleadas.

Cabe resaltar que hay diversos puntos de la reforma que se incluyen en el apartado de redacción de proyecto, en cambio, otros solo se incluyen en la justificación de actos reglamentarios, esto se debe a que no para todas las reformas es necesaria la realización de un proyecto técnico.

El certificado de taller y el coste de la propia ITV deben ser abonados por el titular del vehículo al taller y la estación de ITV respectivamente, por ese motivo no figuran en el presupuesto.

Para realizar esta reforma el laboratorio de reformas exige someter al vehículo a una prueba de frenado para comprobar sus capacidades.