



COMILLAS
UNIVERSIDAD PONTIFICIA

ICAI

GRADO EN INGENIERÍA EN TECNOLOGÍAS
INDUSTRIALES

TRABAJO FIN DE GRADO
MATRICULACIÓN DE MOTOCICLETAS
HISTÓRICAS

Autor: Carlos Montenegro García

Director: Juan Norverto Moriño

Madrid

Declaro, bajo mi responsabilidad, que el Proyecto presentado con el título
Matriculación de motocicletas históricas

en la ETS de Ingeniería - ICAI de la Universidad Pontificia Comillas en el
curso académico 2023/2024 es de mi autoría, original e inédito y
no ha sido presentado con anterioridad a otros efectos. El Proyecto no es
plagio de otro, ni total ni parcialmente y la información que ha sido tomada
de otros documentos está debidamente referenciada.

Fdo.: Carlos Montenegro García

Fecha: 19. / 06 / 24



Autorizada la entrega del proyecto

EL DIRECTOR DEL PROYECTO

Fdo.: Juan Norverto Moriñigo

Fecha: 19. / 06 / 24.

DE NORVERTO
MORIÑIGO JUAN -
09746499L

Firmado digitalmente por DE
NORVERTO MORIÑIGO JUAN -
09746499L
Fecha: 2024.06.19 10:32:47 +02'00'



COMILLAS

UNIVERSIDAD PONTIFICIA

ICAI

**GRADO EN INGENIERÍA EN TECNOLOGÍAS
INDUSTRIALES**

**TRABAJO FIN DE GRADO
MATRICULACIÓN DE MOTOCICLETAS
HISTÓRICAS**

Autor: Carlos Montenegro García

Director: Juan Norverto Moriñigo

Madrid

Agradecimientos

Me gustaría darle las gracias a todos los profesores que me han acompañado a lo largo de este proceso, así como a las personas de mi círculo cercano por haber sufrido conmigo durante toda la carrera, pero en especial a mi padre, que allá donde esté, el mérito siempre será de los dos.

MATRICULACIÓN DE MOTOCICLETAS HISTÓRICAS

Autor: Montenegro García, Carlos.

Director: Norverto Moriñigo, Juan.

Entidad Colaboradora: ICAI – Universidad Pontificia Comillas

RESUMEN DEL PROYECTO

Seguimiento de las distintas leyes que actualmente rigen el proceso de matriculación de vehículos históricos, mediante el contacto con diversas entidades relacionadas con el mundo del motociclismo para así poder arrojar un poco más de luz al problema principal del proceso, la originalidad de este y las modificaciones que las motocicletas haya podido sufrir. Así como realizar un estudio de la seguridad que este tipo de vehículo puede proporcionar a los conductores al convivir con otro más modernos con mejores sistemas de seguridad.

Palabras clave: Wix, matriculación, motocicleta, disco, tambor, potencia, Nusselt, Reynolds y coeficiente de convección.

1. Introducción

Desde la invención de la **motocicleta** a finales del siglo XIX, esta ha sido una herramienta más polivalente que su concepción original como medio transporte. Ha encarnado junto al automóvil, la libertad de ir a donde uno desee, la aventura sobre ruedas y la extensa evolución tecnológica que ha ido transcurriendo de la mano de la revolución industrial existente. Sin embargo, esta fase constante de innovación provoca el relego de los modelos más antiguos, que para algunos pueden considerarse como “chatarra” y para otros abrir un mundo nuevo de diversión.

Como respuesta a esta fase de evolución, muchos países han establecido diversas leyes y procesos de **matriculación** para vehículos históricos, reconociendo su incalculable valor cultural, histórico y patrimonial. Este Trabajo de Fin de Grado busca adentrarse en este impresionante y extenso mundo, descubriendo la evolución legislativa producida, así como los distintos cambios evolutivos producidos entre los modelos antiguos y los más modernos.

Para poder llevar a cabo todo este proyecto se realizará un análisis exhaustivo de las distintas leyes [5][6], que determinaron alteraciones en los procesos correspondientes para realizar la **matriculación** de la **motocicleta**. Además, se abordará un estudio comparativo con el cual esclarecer si de verdad es seguro que estos vehículos puedan circular con los actuales.

Este estudio no solo busca mostrar datos y la evolución de los aspectos legales, sino enseñar la importancia cultural y su papel en la transmisión de la historia del mundo del motor para las futuras generaciones. Asimismo, se pretende aportar una visión más cercana del laborioso trabajo que realizan las empresas encargadas de facilitar este proceso a los distintos usuarios en matricular a su **motocicleta** como histórica.

2. Definición del proyecto

Este trabajo consistirá en recopilar de información acerca de los distintos factores y pasos a seguir para llevar a cabo el proceso de **matriculación** de **motocicletas** históricas, los cuales constan en la página web de la DGT [4]. Una vez recogida toda la información necesaria se hará una comparativa entre los vehículos modernos y los antiguos, para poder sacar las conclusiones correspondientes acerca de la seguridad que puede producir en la carretera, la conducción de estos últimos.

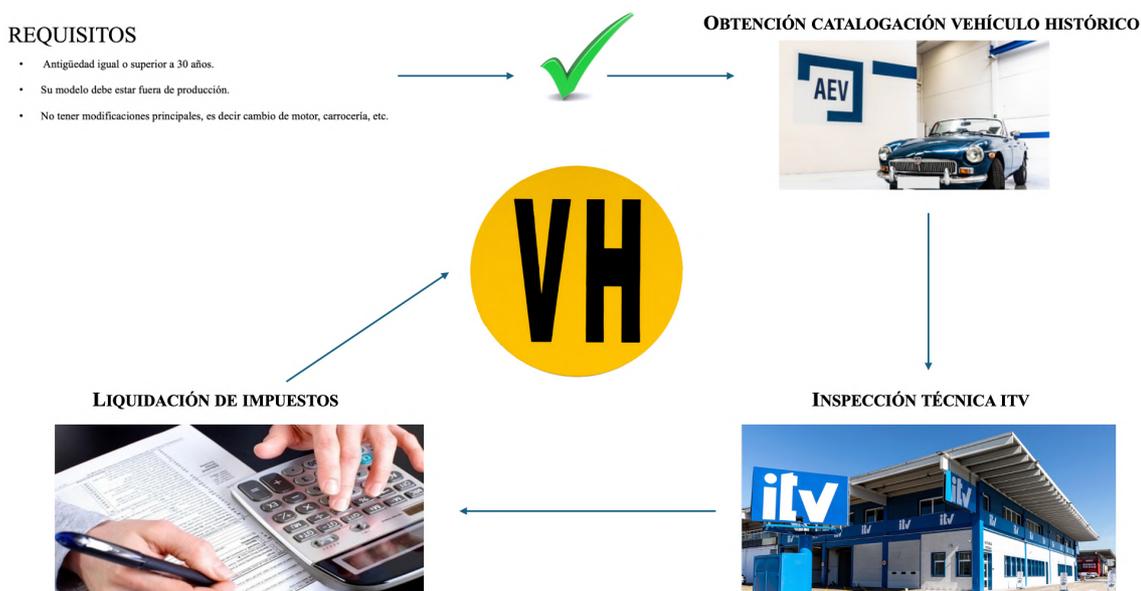


Ilustración 1. Resumen proceso **matriculación**

Finalmente, con toda esta investigación en mano se creará una página web emulando el trabajo de una empresa encargada de la gestión de los distintos pasos de la **matriculación**, así como lo hacen empresas como la gestoría Lirola [2].

3. Descripción del modelo/sistema/herramienta

Para llevar a cabo este proyecto se necesitará la ayuda de diversas plataformas, en un primer lugar el software denominado “Excel” el cual será clave para poder realizar todos los cálculos necesarios con los datos importados de los distintos sistemas de freno de los vehículos modernos y antiguos.

En segundo lugar, se recurrirá al apoyo del libro de Transferencia de Calor de A.F. Mills [3], con el objetivo de recopilar todas las ecuaciones necesarias para calcular cuál sería la **potencia** disipada en cada tipo de sistema. Para ello, primeramente, con la información recopilada de las dimensiones de cada tipo de freno, se realizarán estimaciones del valor aproximado de **Reynolds** para poder saber el tipo de flujo que se tendrá y, en consecuencia, la fórmula para hallar el número de **Nusselt** (Nu) y el **coeficiente de convección** (h_c).

Con todos estos datos y volviendo al primer paso se podrá hallar cuál será la **potencia** que disipará cada uno de estos frenos y evaluar el rendimiento que tendrán en función de la temperatura ambiente, dimensiones de cada uno y circunstancias que pueda atravesar el vehículo en la circulación.

Por último, cabe destacar el empleo de la herramienta “**Wix**” [1] con la función de facilitar la confección de la página web emuladora de la actividad profesional de una gestoría ficticia encargada del asesoramiento y ejecución del proceso de **matriculación** de **motocicletas** consideradas como históricas.

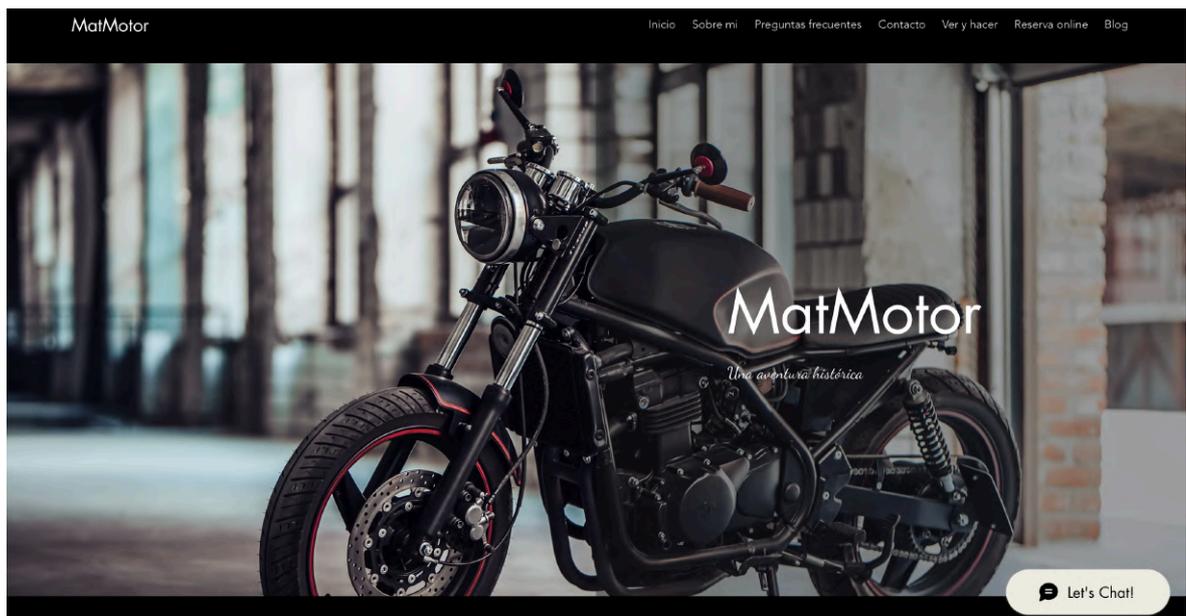


Ilustración 2. Portada ejemplo de la página web [7]

4. Resultados

Velocidad (m/s)	\dot{Q}_{tambor} (W)	$\dot{Q}_{disco\ delantero}$ (W)	$\dot{Q}_{disco\ trasero}$ (W)
33,33	1955,85	3502,08	2596,76
27,78	1727,85	3197,11	2370,74
25,00	1608,05	3032,58	2248,96
22,22	1484,85	2859,06	2120,31
19,44	1357,25	2674,12	1983,44
16,67	1224,24	2476,11	1836,14
13,89	1084,12	2260,55	1676,50
11,11	935,18	2021,72	1499,58

Tabla 1. Potencia calorífica disipada por cada tipo de freno en invierno

Según los resultados mostrados el valor de la **potencia** máxima del freno de **disco** escogido está en torno a 3500 W valor que se produce en la estación de invierno, suceso que cumple con lo esperado pues para altas temperaturas los frenos pueden llegar a sufrir sobrecalentamientos debidos al rozamiento del **disco**, lo cual empeoraría proporcionalmente su funcionamiento.

En relación con el freno de **tambor** su valor máximo es inferior al freno de **disco**, lo cual tiene lógica pues los frenos de **disco** surgieron como una mejora de los de **tambor**. Sin embargo, no hay tanta diferencia con el trasero, lo cual recalca que su eficacia no está tan distante de la del freno de **disco**.

5. Conclusiones

En vista de los resultados obtenidos en la simulación, estos muestran coherencia con la idea inicial del proyecto, la cual era demostrar que los frenos de **disco** tienen una mejor disipación de calor, siendo a la hora de frenar ante circunstancias extremas donde ofrecerá un mejor rendimiento y una mayor seguridad. Sin embargo, al disminuir el diámetro del **disco** en el eje trasero, la cantidad de potencia que es capaz de disipar se reduce llegando a un valor similar al obtenido con el freno de **tambor**, en consecuencia se podrá afirmar el hecho de que en la actualidad la gran mayoría de vehículos apuesten por tener frenos de **disco** en el eje delantero y frenos de **tambor** en el trasero, pues estos últimos son más económicos y se usan para otorgar apoyo a los delanteros, es decir no son los principales del sistema de frenado, por lo cual la potencia que disipan será suficiente para ayudar a los delanteros.

6. Referencias

- [1] Wix, «Wix,» 2023. [En línea]. Available: <https://manage.wix.com/dashboard/e069f2e9-e16f-4619-bed8-1915e83a9a5b/setup>.
- [2] G. Lirola, «GestoríaLirola.es,» 2023. [En línea]. Available: <https://gestorialirola.es>.
- [3] A.F.Mills, «Transferencia de Calor,» 1998. [En línea]. Available: https://www.academia.edu/35303305/Transferencia_de_Calor_de_Mills_Español.
- [4] DGT, «dgt.es,» 20 04 2022. [En línea]. Available: <https://www.dgt.es/nuestros-servicios/tu-vehiculo/vehiculos-historicos/matriculacion-de-vehiculos-historicos/>.
- [5] Vozpópuli, «La DGT facilitará los trámites para hacer tu coche históricos: 150.000 más podrán serlo,» 30 04 2023. [En línea]. Available: https://www.vozpopuli.com/economia_y_finanzas/dgt-facilitara-tramites-para-hacer-coche-historico-150-000-mas-podran-serlo.html.
- [6] RACE, «race.es,» 08 08 2023. [En línea]. Available: <https://www.race.es/reglamento-vehiculos-historicos>.
- [7] C. M. García, «Matmotor,» 2023. [En línea]. Available: <https://2019111949.wixsite.com/matmotor>.

REGISTRATION OF HISTORIC MOTORBIKES

Author: Montenegro García, Carlos.

Supervisor: Norverto Moriñigo, Juan.

Collaborating Entity: ICAI – Universidad Pontificia Comillas

ABSTRACT

Monitoring of the different laws that currently govern the process of registering historic vehicles, through contact with various entities related to the world of motorcycling to shed a little lighter on the main problem of the process, the originality of this and the modifications that motorbikes may have undergone. As well as carrying out a study of the safety that this type of vehicle can provide to drivers when coexisting with other more modern ones with improved security systems.

Keywords: Wix, registration, motorbike, disc, drum, power, Nusselt, Reynolds and convection coefficient.

1. Introduction

Since the invention of the **motorbike** at the end of the 19th century, it has been a more versatile tool than its original conception as a means of transport. Together with the automobile, it has embodied the freedom to go wherever one wishes, adventure on wheels and the extensive technological evolution that has gone hand in hand with the existing industrial revolution. However, this constant phase of innovation has led to the relegation of older models, which for some may be considered "junk" and for others open a whole new world of fun.

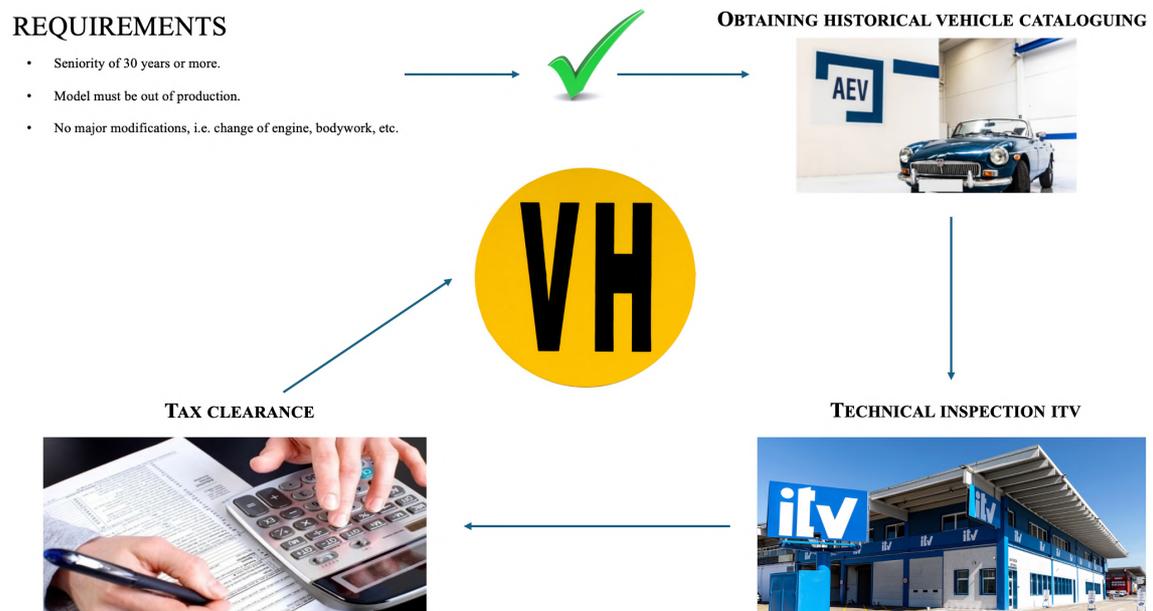
In response to this evolutionary phase, many countries have established various laws and **registration** processes for historic vehicles, recognizing their incalculable cultural, historical and heritage value. This Final Degree Project seeks to delve into this impressive and extensive world, discovering the legislative evolution that has taken place, as well as the different evolutionary changes that have occurred between older and more modern models.

To carry out this project, an exhaustive analysis will be made of the different laws [5][6], which determined alterations in the corresponding processes for the **registration** of **motorbikes**. In addition, a comparative study will be carried out to clarify whether it is safe for these vehicles to circulate with the current ones.

This study not only aims to show data and the evolution of the legal aspects, but also to teach the cultural importance and its role in the transmission of the history of the motor world for future generations. It also aims to provide a closer look at the laborious work carried out by the companies in charge of facilitating this process for the different users in registering their **motorbikes** as historic.

2. Project definition

This work will consist of collecting information about the different factors involved in the **registration** process of historic **motorbikes**, which can be found on the DGT website [4]. Once all the necessary information has been collected, a comparison will be made between the modern vehicles and the old ones, to draw the corresponding conclusions about the safety that driving the latter can produce on the road.



*Illustration 1. Summary of the **registration** process*

Finally, with all this research in hand, a web page will be created emulating the work of a company in charge of managing the different steps of the **registration** process, just as companies such as the Lirola agency [2] do.

3. Description of the model/system/tool

To carry out this project, several platforms will be needed, first the software called "Excel" which will be the key to perform all the necessary calculations with the imported data from the different braking systems of modern and old vehicles.

Secondly, the book on Heat Transfer by A.F. Mills [3] will be used to compile all the equations necessary to calculate the **power** dissipated in each type of system. To do this, firstly, with the information collected on the dimensions of each type of brake, estimates of the approximate **Reynolds** value will be made to know the type of flow that will be present and consequently, the formula to find the **Nusselt** number (Nu) and the **convection coefficient** (hc).

With all this data and going back to the first step, it will be possible to find the **power** that each of these brakes will dissipate and evaluate the performance they will have depending on the ambient temperature, the dimensions of each one and the circumstances that the vehicle may undergo in traffic.

Finally, it is worth mentioning the use of the "**Wix**" tool [1] with the function of facilitating the creation of the website emulating the professional activity of a fictitious agency in charge of advising and executing the **registration** process for **motorbikes** considered to be historic.

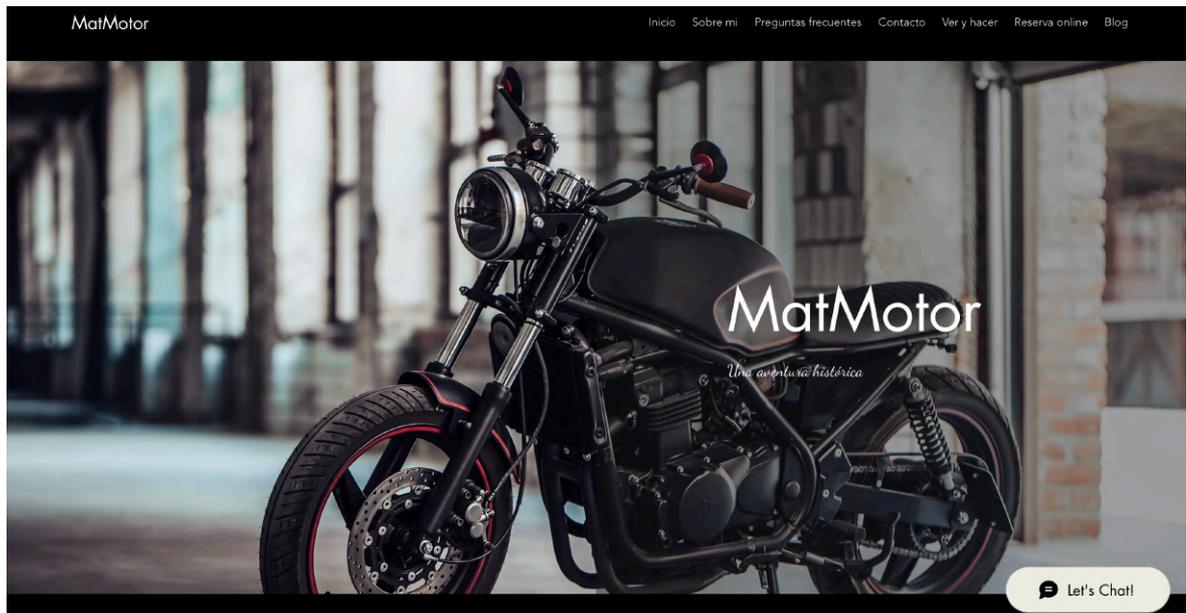


Illustration 2. Sample homepage of the website [7]

4. Results

Speed (m/s)	\dot{Q}_{drum} (W)	$\dot{Q}_{front\ disc}$ (W)	$\dot{Q}_{back\ disc}$ (W)
33,33	1955,85	3502,08	2596,76
27,78	1727,85	3197,11	2370,74
25,00	1608,05	3032,58	2248,96
22,22	1484,85	2859,06	2120,31
19,44	1357,25	2674,12	1983,44
16,67	1224,24	2476,11	1836,14
13,89	1084,12	2260,55	1676,50
11,11	935,18	2021,72	1499,58

Table 1. Heat power dissipated by each type of brake in winter

According to the results shown, the maximum **power** value of the **disc** brake chosen is around 3500 W, a value that occurs in the winter season, which is as expected, since at high temperatures the brakes can suffer overheating due to **disc** friction, which would make their operation proportionally worse.

In relation to the **drum** brake, its maximum value is lower than that of the **disc** brake, which is logical, as **disc** brakes were developed as an improvement on **drum** brakes. However, there is not so much difference with the rear one, which underlines that its efficiency is not so far away from that of the **disc** brake.

5. Conclusions

In view of the results obtained in the simulation, these show coherence with the initial idea of the project, which was to demonstrate that **disc** brakes have better heat dissipation, being when braking in extreme circumstances where it will offer better performance and greater safety. However, reducing the diameter of the **disc** on the rear axle, the amount of power it is capable of dissipating is reduced, reaching a value like that obtained with the **drum** brake. Consequently, the fact that most vehicles currently opt to have **disc** brakes on the front axle and **drum** brakes on the rear can be affirmed, as the latter are cheaper and are used to support the front brakes, that is they are not the main braking system, so the power they dissipate will be sufficient to help the front brakes.

6. References

- [1] Wix, «Wix,» 2023. [En línea]. Available: <https://manage.wix.com/dashboard/e069f2e9-e16f-4619-bed8-1915e83a9a5b/setup>.
- [2] G. Lirola, «GestoríaLirola.es,» 2023. [En línea]. Available: <https://gestorialirola.es>.
- [3] A.F.Mills, «Transferencia de Calor,» 1998. [En línea]. Available: https://www.academia.edu/35303305/Transferencia_de_Calor_de_Mills_Español.
- [4] DGT, «dgt.es,» 20 04 2022. [En línea]. Available: <https://www.dgt.es/nuestros-servicios/tu-vehiculo/vehiculos-historicos/matriculacion-de-vehiculos-historicos/>.
- [5] Vozpópuli, «La DGT facilitará los trámites para hacer tu coche históricos: 150.000 más podrán serlo,» 30 04 2023. [En línea]. Available: https://www.vozpopuli.com/economia_y_finanzas/dgt-facilitara-tramites-para-hacer-coche-historico-150-000-mas-podran-serlo.html.
- [6] RACE, «race.es,» 08 08 2023. [En línea]. Available: <https://www.race.es/reglamento-vehiculos-historicos>.
- [7] C. M. García, «Matmotor,» 2023. [En línea]. Available: <https://2019111949.wixsite.com/matmotor>.

Índice de la memoria

Capítulo 1. Introducción	10
1.1 Introducción al proyecto	10
1.2 Motivación del proyecto	11
1.3 Objetivos del proyecto	13
1.4 Objetivos y metas de desarrollo sostenible (ODS)	14
Capítulo 2. Descripción de las tecnologías	16
Capítulo 3. Estado de la Cuestión	17
Capítulo 4. Definición del Trabajo	19
4.1 Cambio administrativo	19
4.2 Ventajas de la Matriculación.....	21
4.3 Seguridad	22
Capítulo 5. Tipos de freno	24
5.1 Requisitos que debe cumplir el vehículo	24
5.2 Obtención catalogación vehículo histórico	24
5.3 Revisión ITV	25
5.4 Liquidación de impuestos	26
5.5 Matriculación vehículo histórico.....	27
5.6 Diagrama resumen proceso matriculación	28
Capítulo 6. Página web.....	29
Capítulo 7. Tipos de freno	32
7.1 Historia freno de tambor	32
7.1.1 Partes freno de tambor.....	33
7.1.2 Imagen partes freno de tambor	34
7.2 Historia freno de disco	35
7.2.1 Partes freno de disco.....	36
7.2.2 Imagen partes freno de disco	37
Capítulo 8. Ecuaciones empleadas	38

8.1 Ecuaciones freno de tambor.....	38
8.1.1 Flujo transversal a un cilindro.....	38
8.1.2 Flujo sobre cilindro giratorio.....	39
8.1.3 Potencia calorífica.....	40
8.2 Ecuaciones de freno de disco.....	41
8.2.1 Flujo transversal a una placa plana.....	41
8.2.2 Flujo sobre disco giratorio.....	42
8.2.3 Potencia calorífica.....	43
Capítulo 9. Análisis de resultados.....	44
9.1 Datos empleados por cada vehículo.....	44
9.2 Resultados freno de tambor delantero y trasero.....	45
9.2.1 Flujo transversal a un cilindro.....	45
9.2.2 Flujo sobre cilindro giratorio.....	50
9.2.3 Potencia total disipada por el freno de tambor.....	54
9.3 Resultados freno de disco delantero.....	55
9.3.1 Flujo transversal a una placa plana.....	55
9.3.2 Flujo sobre disco giratorio.....	60
9.3.3 Potencia total disipada por el freno de disco delantero.....	64
9.4 Resultados freno de disco trasero.....	66
9.4.1 Flujo transversal a una placa plana.....	66
9.4.2 Flujo sobre disco giratorio.....	70
9.4.3 Potencia total disipada por el freno de disco trasero.....	75
9.5 Potencia disipada total por cada tipo de freno.....	76
Capítulo 10. Conclusiones.....	77
Capítulo 11. Bibliografía.....	79

Índice de figuras

Ilustración 1. Montesa Cota 172.....	11
Ilustración 2. Montesa Cota 4RT 300RR	12
Ilustración 3. ODS [31]	14
Ilustración 4. Número de Matriculaciones por año [32].....	17
Ilustración 5. PIB per cápita en paridad del poder adquisitivo en Europa [33].....	20
Ilustración 6. Mapa ZBE Madrid [34]	22
Ilustración 7. Ejemplo ficha inspección técnica ITV	25
Ilustración 8. Tabla apoyo para cálculo impuesto de circulación [21].....	26
Ilustración 9. Plataforma registro matriculación vehículo histórico.....	27
Ilustración 10. Resumen proceso matriculación.....	28
Ilustración 11. Portada página web.....	29
Ilustración 12. Trabajos realizados por Matmotor.....	30
Ilustración 13. Servicios disponibles de consulta.....	30
Ilustración 14. Conferencias periódicas Matmotor.....	31
Ilustración 15. Datos de contacto y ubicación sede.....	31
Ilustración 16. Partes freno de tambor.....	34
Ilustración 17. Partes visibles freno de disco	37

Índice de tablas

Tabla 1. Periodicidad inspección técnica	21
Tabla 2. Datos Técnicos de cada Vehículo.....	44
Tabla 3. Temperatura de cada estación	45
Tabla 4. Número de Reynolds freno de tambor flujo transversal a un cilindro en invierno	45
Tabla 5. Número de Reynolds freno de tambor flujo transversal a un cilindro en verano..	45
Tabla 6. Número de Reynolds freno de tambor flujo transversal a un cilindro en primavera/otoño.....	46
Tabla 7. Número de Nusselt freno de tambor flujo transversal a un cilindro en invierno ..	46
Tabla 8. Número de Nusselt freno de tambor flujo transversal a un cilindro en verano.....	47
Tabla 9. Número de Nusselt freno de tambor flujo transversal a un cilindro en primavera/otoño.....	47
Tabla 10. Coeficiente de transferencia de calor freno de tambor flujo transversal a un cilindro en invierno	47
Tabla 11. Coeficiente de transferencia de calor freno de tambor flujo transversal a un cilindro en verano.....	48
Tabla 12. Coeficiente de transferencia de calor freno de tambor flujo transversal a un cilindro en primavera/otoño	48
Tabla 13. Potencia calorífica disipada por el freno de tambor flujo transversal a un cilindro en invierno	49
Tabla 14. Potencia calorífica disipada por el freno de tambor flujo transversal a un cilindro en verano.....	49
Tabla 15. Potencia calorífica disipada por el freno de tambor flujo transversal a un cilindro en primavera/otoño	49
Tabla 16. Número de Reynolds freno de tambor flujo sobre cilindro giratorio en invierno	50
Tabla 17. Número de Reynolds freno de tambor flujo sobre cilindro giratorio en verano .	50
Tabla 18. Número de Reynolds freno de tambor flujo sobre cilindro giratorio en primavera/otoño.....	51

Tabla 19. Número de Nusselt freno de tambor flujo sobre cilindro giratorio en invierno ..	51
Tabla 20. Número de Nusselt freno de tambor flujo sobre cilindro giratorio en verano.....	51
Tabla 21. Número de Nusselt freno de tambor flujo sobre cilindro giratorio en primavera/otoño.....	52
Tabla 22. Coeficiente de transferencia de calor freno de tambor flujo sobre cilindro giratorio en invierno	52
Tabla 23. Coeficiente de transferencia de calor freno de tambor flujo sobre cilindro giratorio en verano.....	52
Tabla 24. Coeficiente de transferencia de calor freno de tambor flujo sobre cilindro giratorio en primavera/otoño	53
Tabla 25. Potencia calorífica disipada por el freno de tambor flujo sobre cilindro giratorio en invierno	53
Tabla 26. Potencia calorífica disipada por el freno de tambor flujo sobre cilindro giratorio en verano.....	53
Tabla 27. Potencia calorífica disipada por el freno de tambor flujo sobre cilindro giratorio en primavera/otoño	54
Tabla 28. Potencia disipada total por el freno de tambor en invierno	54
Tabla 29. Potencia disipada total por el freno de tambor en verano	55
Tabla 30. Potencia disipada total por el freno tambor en primavera/otoño.....	55
Tabla 31. Número de Reynolds freno de disco delantero flujo sobre placa plana en invierno	55
Tabla 32. Número de Reynolds freno de disco delantero flujo sobre placa plana en verano	56
Tabla 33. Número de Reynolds freno de disco delantero flujo sobre placa plana en primavera/otoño.....	56
Tabla 34. Número de Nusselt freno de disco delantero flujo sobre placa plana en invierno	57
Tabla 35. Número de Nusselt freno de disco delantero flujo sobre placa plana en verano.	57
Tabla 36. Número de Nusselt freno de disco delantero flujo sobre placa plana en primavera/otoño.....	57

Tabla 37. Coeficiente de transferencia de freno de disco delantero flujo sobre placa plana en invierno.....	58
Tabla 38. Coeficiente de transferencia de freno de disco delantero flujo sobre placa plana en verano	58
Tabla 39. Coeficiente de transferencia de freno de disco delantero flujo sobre placa plana en primavera/otoño.....	58
Tabla 40. Potencia calorífica disipada por el freno de disco delantero flujo sobre placa plana en invierno	59
Tabla 41. Potencia calorífica disipada por el freno de disco delantero flujo sobre placa plana en verano.....	59
Tabla 42. Potencia calorífica disipada por el freno de disco delantero flujo sobre placa plana en primavera/otoño	60
Tabla 43. Número de Reynolds freno de disco delantero flujo sobre disco giratorio en invierno.....	60
Tabla 44. Número de Reynolds freno de disco delantero flujo sobre disco giratorio en verano	60
Tabla 45. Número de Reynolds freno de disco delantero flujo sobre disco giratorio en primavera/otoño.....	61
Tabla 46. Número de Nusselt freno de disco delantero flujo sobre disco giratorio en invierno	61
Tabla 47. Número de Nusselt freno de disco delantero flujo sobre disco giratorio en verano	61
Tabla 48. Número de Nusselt freno de disco delantero flujo sobre disco giratorio en primavera/otoño.....	62
Tabla 49. Coeficiente de transferencia de freno de disco delantero flujo sobre disco giratorio en invierno	62
Tabla 50. Coeficiente de transferencia de freno de disco delantero flujo sobre disco giratorio en verano.....	62
Tabla 51. Coeficiente de transferencia de freno de disco delantero flujo sobre disco giratorio en primavera/otoño	63

Tabla 52. Potencia calorífica disipada por el freno de disco delantero flujo sobre disco giratorio en invierno	63
Tabla 53. Potencia calorífica disipada por el freno de disco delantero flujo sobre disco giratorio en verano.....	64
Tabla 54. Potencia calorífica disipada por el freno de disco delantero flujo sobre disco giratorio en primavera/otoño	64
Tabla 55. Potencia disipada total por el freno de disco delantero en invierno	65
Tabla 56. Potencia disipada total por el freno de disco delantero en verano	65
Tabla 57. Potencia disipada total por el freno de disco delantero en primavera/otoño	65
Tabla 58. Número de Reynolds freno de disco trasero flujo sobre placa plana en invierno	66
Tabla 59. Número de Reynolds freno de disco trasero flujo sobre placa plana en verano..	66
Tabla 60. Número de Reynolds freno de disco trasero flujo sobre placa plana en primavera/otoño.....	67
Tabla 61. Número de Nusselt freno de disco trasero flujo sobre placa plana en invierno ..	67
Tabla 62. Número de Nusselt freno de disco trasero flujo sobre placa plana en verano.....	67
Tabla 63. Número de Nusselt freno de disco trasero flujo sobre placa plana en primavera/otoño.....	68
Tabla 64. Coeficiente de transferencia de freno de disco trasero flujo sobre placa plana en invierno.....	68
Tabla 65. Coeficiente de transferencia de freno de disco trasero flujo sobre placa plana en verano	68
Tabla 66. Coeficiente de transferencia de freno de disco trasero flujo sobre placa plana en primavera/otoño.....	69
Tabla 67. Potencia calorífica disipada por el freno de disco trasero flujo sobre placa plana en invierno	69
Tabla 68. Potencia calorífica disipada por el freno de disco trasero flujo sobre placa plana en verano.....	69
Tabla 69. Potencia calorífica disipada por el freno de disco trasero flujo sobre placa plana en primavera/otoño	70

Tabla 70. Número de Reynolds freno de disco trasero flujo sobre disco giratorio en invierno	70
Tabla 71. Número de Reynolds freno de disco trasero flujo sobre disco giratorio en verano	71
Tabla 72. Número de Reynolds freno de disco trasero flujo sobre disco giratorio en primavera/otoño.....	71
Tabla 73. Número de Nusselt freno de disco trasero flujo sobre disco giratorio en invierno	71
Tabla 74. Número de Nusselt freno de disco trasero flujo sobre disco giratorio en verano	72
Tabla 75. Número de Nusselt freno de disco trasero flujo sobre disco giratorio en primavera/otoño.....	72
Tabla 76. Coeficiente de transferencia de freno de disco trasero flujo sobre disco giratorio en invierno	72
Tabla 77. Coeficiente de transferencia de freno de disco trasero flujo sobre disco giratorio en verano.....	73
Tabla 78. Coeficiente de transferencia de freno de disco trasero flujo sobre disco giratorio en primavera/otoño	73
Tabla 79. Potencia calorífica disipada por el freno de disco trasero flujo sobre disco giratorio en invierno	74
Tabla 80. Potencia calorífica disipada por el freno de disco trasero flujo sobre disco giratorio en verano.....	74
Tabla 81. Potencia calorífica disipada por el freno de disco trasero flujo sobre disco giratorio en primavera/otoño	74
Tabla 82. Potencia disipada total por el freno de disco trasero en invierno	75
Tabla 83. Potencia disipada total por el freno de disco trasero en verano	75
Tabla 84. Potencia disipada total por el freno de disco trasero en primavera/otoño	75
Tabla 85. Potencia disipada total en invierno.....	76
Tabla 86. Potencia disipada total en verano	76
Tabla 87. Potencia disipada total en primavera/otoño.....	76

Índice de ecuaciones

Ecuación 1. Número de Reynolds para Flujo transversal a un cilindro	38
Ecuación 2. Número de Nusselt para Flujo transversal a un cilindro $Re < 10^4$	39
Ecuación 3. Número de Nusselt para Flujo transversal a un cilindro $2 \cdot 10^4 < Re < 4 \cdot 10^5$	39
Ecuación 4. Número de Nusselt para Flujo transversal a un cilindro $4 \cdot 10^5 < Re < 5 \cdot 10^6$	39
Ecuación 5. Equivalencia número de Nusselt para Flujo transversal a un cilindro.....	39
Ecuación 6. Número de Reynolds para Flujo sobre cilindro giratorio	39
Ecuación 7. Número de Nusselt para Flujo sobre cilindro giratorio $Re < 4,3 \cdot 10^5$	40
Ecuación 8. Equivalencia número de Nusselt para Flujo sobre cilindro giratorio	40
Ecuación 9. Potencia calorífica freno de tambor	40
Ecuación 10. Número de Reynolds para flujo transversal a una placa plana	41
Ecuación 11. Número de Nusselt para flujo transversal a una placa plana $10^3 < Re < 5 \cdot 10^5$	41
Ecuación 12. Equivalencia número de Nusselt para flujo transversal a una placa plana	42
Ecuación 13. Número de Reynolds para flujo sobre disco giratorio	42
Ecuación 14. Número de Nusselt para flujo sobre disco giratorio	42
Ecuación 15. Equivalencia número de Nusselt para flujo sobre disco giratorio	43
Ecuación 16. Potencia calorífica freno de disco	43

Capítulo 1. INTRODUCCIÓN

1.1 INTRODUCCIÓN AL PROYECTO

El constante cambio generacional en el mundo de la automoción combinado con un incommensurable crecimiento del número de vehículos añadido a los que se esperan en los años venideros ha llevado a los gobiernos a contemplar ciertas restricciones para reducir las aglomeraciones en las carreteras de las grandes ciudades, entre las cuales se han ido implantando diversas políticas para darles una segunda vida a los vehículos más antiguos y reducir la fabricación de nuevos.

Este trabajo de fin de grado busca mostrar desde una perspectiva más cercana cómo se llevará a cabo este proceso de revivir el gusto por lo “old school” y generar en los lectores una mayor concienciación a la hora de escoger su próximo vehículo.

Para poder provocar en el lector este sentimiento, se procederá en los apartados posteriores a documentar todo el desarrollo a seguir para llevar a cabo la matriculación, así como la documentación necesaria que se deberá aportar y las ventajas que este proceso lleva consigo. Estas serán tanto a nivel personal e individual del usuario que decida llevarlo a cabo, como de la sociedad en sí, pues reusando vehículos antiguos se genera una economía sostenible en la cual se provocará la fabricación de menos modelos y, por consiguiente, un menor uso de materiales.

Otro punto que se tratará para convencer aún más al lector de apostar por este tipo de vehículos será demostrar que tanto los modernos como los antiguos, a pesar de que tenga distintas estéticas y sistemas mecánicos, pueden convivir en el mismo tipo de vía y en las mismas situaciones extremas que se pudiesen dar. Para ello se realizarán diversos cálculos para hallar cuál será la potencia que disiparán los frenos en las distintas estaciones del año.

Finalmente, con el objetivo de demostrar la simpleza y utilidad de llevar a cabo la matriculación, se montará una empresa ficticia encargada de llevar a cabo estas gestiones.

Para tal propósito, se recurrirá a la confección de una página web con la intención de informar a los posibles clientes sobre los distintos servicios que se ofrecerán, así mismo se

prestará vía online o presencial soporte a cualquiera que quisiese saber un poco más acerca de las ventajas o desventajas que este procedimiento pudiese tener.

1.2 MOTIVACIÓN DEL PROYECTO

El posible cambio legislativo en el proceso de matriculación de vehículos históricos convirtiéndolo en un mero trámite, combinado con el interés personal del alumno sobre el mundo del motor, llevaron a este a elegir este tema como proyecto de trabajo de fin de grado.

Este interés se divide en distintas ramas:

-Cultural: las motocicletas constituyen junto con el automóvil un hito en el mundo industrial, siendo los modelos antiguos los más representativos de esta evolución. Junto con ellos se ha producido un cambio conmemorativo en el diseño y sistemas mecánicos de estos, así como se puede observar en estos dos tipos de motocicleta (histórica y su equivalente en la actualidad).



Ilustración 1. Montesa Cota 172



Ilustración 2. Montesa Cota 4RT 300RR

Como se puede observar en las imágenes mostradas los cambios en el diseño de ambos vehículos son notorios, sin hablar de los cambios a nivel mecánico, recalcando el empleo de frenos de disco en el modelo más moderno [2] en contraposición del modelo más antiguo en el cual, se empleaban frenos de tambor.

-Social: Este tipo de vehículo no representa únicamente un medio de transporte, sino que tiene un legado histórico alrededor de la evolución humana, constituyendo un ecosistema sostenible. Los modelos mejor conservados configuran una red de abastecimiento para los nuevos y antiguos conductores que requieren de nuevos modelos para su uso, preservando su uso se conseguiría reducir la fabricación de más vehículos.

Por último, añadido a ambos tipos de intereses se incluye el deseo de aprender y explorar el mundo de la confección de páginas web, el cual era uno de los requisitos del proyecto. Para esto se recurrirá como se mencionó anteriormente el empleo de un editor de páginas web, en este caso se usará “Wix” [1].

1.3 OBJETIVOS DEL PROYECTO

Enlazando con el apartado anterior, para el desarrollo del proyecto se plantearon distintos objetivos a medida que se iban cumpliendo otros planteados con anterioridad. Estos fueron los siguientes:

-Intentar llevar a cabo un caso práctico para el cual se requería un vehículo que cumpliera con las siguientes características:

1. Antigüedad igual o superior a 30 años.
2. Su modelo debe estar fuera de producción.
3. No tener modificaciones principales, es decir cambio de motor, carrocería, etc.

Para ello, se dispuso de un vehículo a través de un familiar que cumplía todas estas características, la motocicleta Montesa Cota 172 [3]. Sin embargo, a pesar de cumplir todos los requisitos, tras una reunión con la Gestoría Lirola [4] se consultaron las tasas estimadas de cada paso, llegando a una cifra elevada de aproximadamente 1000€. Dicha cantidad según lo hablado con el tutor del TFG, Juan Norverto Moriñigo se consideró demasiado alta, por lo cual se desestimó realizar el caso práctico, pasando el objetivo a recabar toda la información correspondiente al proceso de matriculación.

-Comparación de los sistemas de frenada modernos en contraposición de los antiguos. Para ello, como se verá posteriormente, se recurre al empleo del libro de “Mills” de Transferencia de calor [5]. Con dicho libro se obtienen todas las ecuaciones correspondientes para el cálculo de la potencia disipada por cada tipo de freno, para así poder sacar unas conclusiones acerca de si el sistema de frenado de tambor puede coexistir de forma segura en la misma carretera con el de disco bajo situaciones límites.

-Confección de una página web, con el objetivo de emular la actividad empresarial de una gestoría encargada de llevar el trámite de matriculación. Para este objetivo el contacto frecuente con una gestoría real resulta de utilidad, para orientar al alumno en las necesidades que debería cubrir la empresa.

1.4 OBJETIVOS Y METAS DE DESARROLLO SOSTENIBLE (ODS)

Con la imagen de los 17 objetivos marcados por la ONU, se procederá al estudio de cuáles se buscarían con el tema del proyecto escogido. Dichas metas se muestran en la siguiente ilustración.



Ilustración 3. ODS [31]

Para explicar cuáles son los propósitos que se cumplirían se enumerarán en el orden en el que aparecen en la imagen adjunta.

-Trabajo decente y crecimiento económico (ODS 8): La implementación de nuevas normas en el mundo del automóvil que favorezcan el empleo de vehículo antiguos supondría la generación de nuevos puestos de trabajo y nuevas empresas encargadas de la restauración de estos, siguiendo las pautas establecidas por la ley.

-Industria, innovación e infraestructura (ODS 9): En relación con la innovación, abogando por la reutilización de estos medios de transporte, se podrían conseguir nuevas técnicas de restauración y conservación de estos hitos de la industria de una manera más rápida.

-Ciudades y comunidades sostenibles (ODS 11): Los vehículos históricos forman parte de la historia industrial de cada país. Su preservación facilitaría a las nuevas generaciones el acceso a estos bienes culturales, pudiendo además emplearlos en exposiciones con la intención de atraer a diversos tipos de público y contribuir con la

economía local de forma sostenible. Un ejemplo de estas exposiciones sería la Classic Madrid [6], la cual año tras año reúne a una gran cantidad de apasionados del mundo del motor.

-Producción y consumo responsables (ODS 12): La restauración de automóviles clásicos generaría una economía circular basada en la reutilización y reciclaje de las piezas de estos, dándoles una segunda vida y reduciendo la cantidad de desperdicio.

Capítulo 2. DESCRIPCIÓN DE LAS TECNOLOGÍAS

Para cumplir con los objetivos anteriormente mencionados, se ha requerido el empleo de diversas plataformas para llevar a cabo los cálculos, simulaciones y confecciones correspondientes. Las herramientas usadas son las siguientes:

- Excel: Esta herramienta, conocida por todos, se utilizó principalmente para confeccionar las tablas mostradas a lo largo del proyecto, mostrando la relación que tienen cada una de las variables estudiadas.
- Simulador HT: Este simulador mencionado en las primeras versiones del libro “Transferencia de calor” de A.F.Mills [5], permitió corroborar que todos los cálculos presentados posteriormente son correctos, facilitando así la obtención de las conclusiones correspondientes. Para escoger las ecuaciones indicadas, primeramente, se estudió el tipo de movimiento que realiza cada uno de los frenos, así como el caso al que se asemejan.
- Wix: Este editor de páginas web se utilizó para diseñar el sitio web de la gestoría “Matmotor”, encargada de ofrecer soporte a los clientes que requieran de su ayuda, así como distintos servicios de concienciación de la historia del automovilismo. Posteriormente, en su sección, se mostrarán las opciones disponibles y se accederá a todos los servicios ofrecidos.

Capítulo 3. ESTADO DE LA CUESTIÓN

Siguiendo la tendencia de los últimos años, en España ha habido un aumento notable en el número de motocicletas matriculadas, con excepción de unos pocos casos. La siguiente gráfica muestra claramente este incremento.

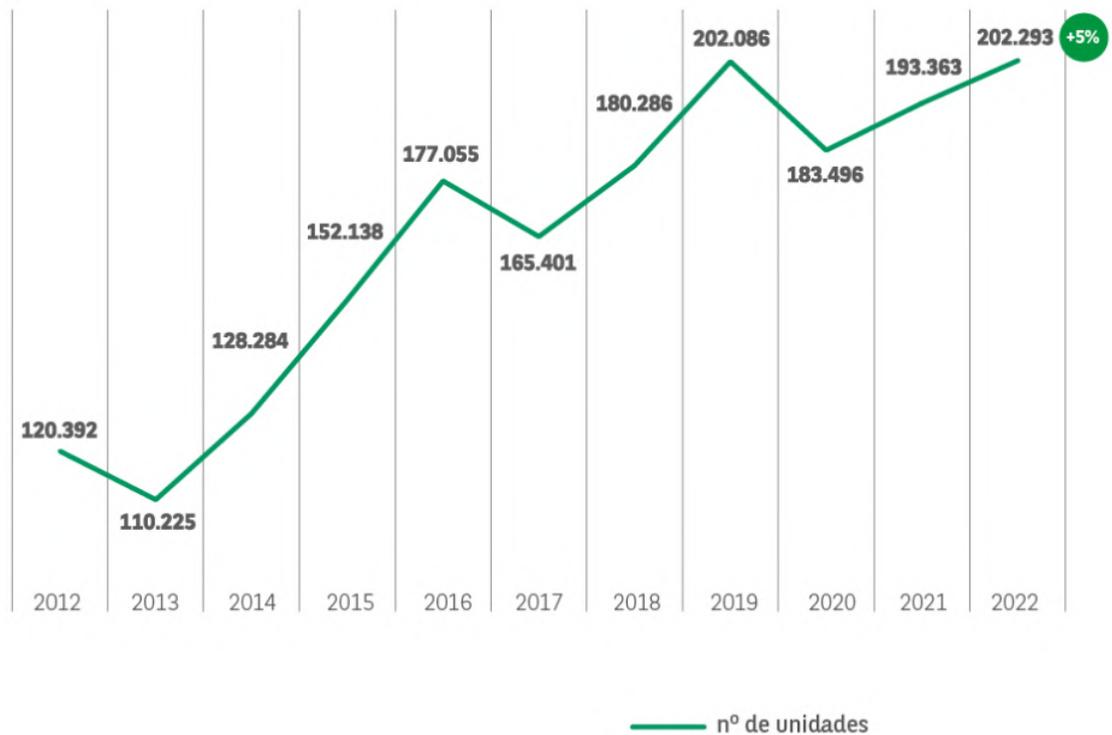


Ilustración 4. Número de Matriculaciones por año [32]

Este ascenso en los últimos años ha llevado a diferentes entidades a realizar diversos estudios e investigaciones acerca de todos los requisitos y pasos que se han de llevar para poder matricular las motocicletas más antiguas como históricas, y así poder darles una segunda vida, y reducir el aumento exponencial que a lo largo de los años ha ido experimentando el número de vehículos. Uno de estos trabajos realizados ha sido el de la página web “moto1pro” [7] en la cual se muestra con detalles cuáles son los requisitos necesarios para poder llevar a cabo el proceso de matriculación, así como de las ventajas e inconvenientes que este pueda tener en el vehículo y el conductor.

Otra página web que ha dedicado su tiempo a la documentación del proceso, ha sido “RACE” [8], la cual no solo ha documentado este sino todos los tipos de matriculación posibles, como la matriculación de una moto nueva, de una moto eléctrica, sin papeles o importada del extranjero.

En relación con otro estudio sobre la energía disipada en cada tipo de freno estudiado en la memoria, también ha sido documentado en otro tipo de investigaciones, en este caso en otro proyecto TFG elaborado por el alumno “Ignasi Coello Triay” de la Universidad Politécnica de Valencia [9]. En este trabajo, se llevó a cabo un estudio exhaustivo de las distintas fuerzas que soporta el vehículo en el momento de frenar, entre las que se encuentran la resistencia a la rodadura, aerodinámica, cinemática. Además, en este estudio, se centraba el enfoque en otro tema distinto pero importante, los tipos de frenos que hay y los subgrupos dentro de este, es decir frenos de tambor simplex, dúplex, etc.

Siguiendo la misma línea, el alumno “Sebastián Patricio Lillo Harún” de la Universidad Austral de Chile [10] llevó a cabo un estudio similar al planteado en este proyecto, pero enfocado únicamente en el comportamiento del freno de disco y basando sus resultados y conclusiones en su comportamiento termomecánico y en el incremento de temperatura producido en la frenada, en vez de en la energía, guardando ambas variables relación.

Capítulo 4. DEFINICIÓN DEL TRABAJO

Teniendo en cuenta todo lo expuesto antes, se ve que varias entidades o alumnos han llevado a cabo trabajos similares, pero ninguno lo ha hecho abordando ambos ámbitos de forma conjunta. Al igual que ninguno ha añadido el plus del diseño de una página web, con el objetivo de mostrar al lector de forma sencilla y didáctica el funcionamiento de una empresa encargada de llevar a cabo estos trámites, así como de la viabilidad del proyecto.

Para poder justificar si fuese un proyecto rentable o no, se ha de tener en cuenta primeramente que actualmente con la ley que hay el proceso como se comentó tendría un coste cercano a los 800 euros se rebajaría a una cantidad 10 veces menor, es decir de unos 80 o 90 euros. Dicho cambio vendrá con la nueva reforma administrativa en el proceso de matriculación, lo cual podrá llamar la atención de más entusiastas del mundo del motor, generando un nuevo tipo de mercado, y una economía sostenible.

4.1 CAMBIO ADMINISTRATIVO

Según como podemos leer en los artículos publicados por “Vozpópuli” [11] y “RACE” [12], se prevé que la DGT realice cambios administrativos los cuáles faciliten este proceso. Esto se haría con el objetivo de incrementar el número de vehículos catalogados como históricos, pues actualmente en España hay alrededor de 48.000 unidades, dato que dista mucho de países punteros como lo son Alemania con una cifra cercana a 600.000 vehículos, Francia con 400.000 automóviles y Reino Unido con 1,5 millones. Esta disparidad se debe principalmente a la diferencia de poder adquisitivo entre estos países y España, así como lo podemos observar en la siguiente imagen en la cual se muestra cuál fue el PIB per cápita en paridad del poder adquisitivo en Europa en el año 2023. Cabe destacar que la gráfica fue confeccionada teniendo en cuenta los países que conforman la Unión Europea, por ello no aparece Reino Unido.

PIB per cápita en paridad del poder adquisitivo en Europa

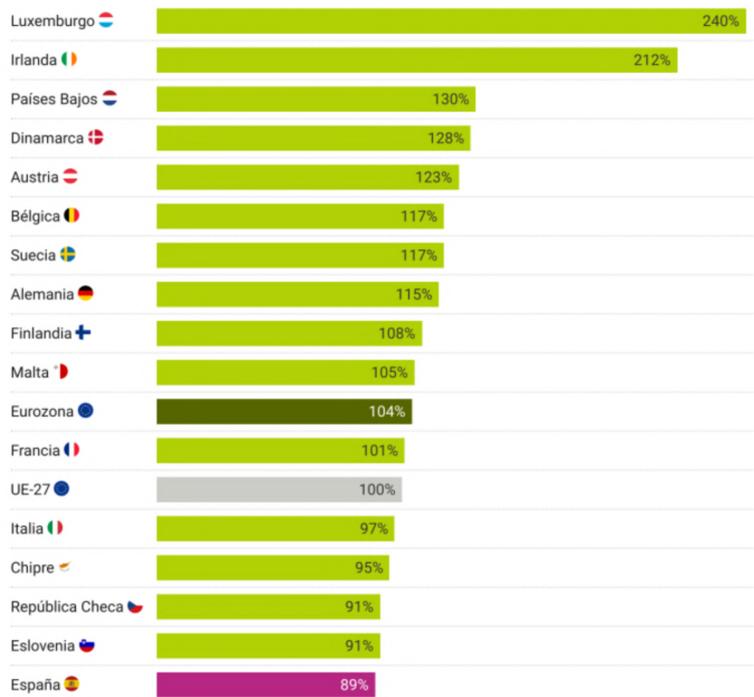


Ilustración 5. PIB per cápita en paridad del poder adquisitivo en Europa [33]

Según como se puede ver, España ocupa el lugar 16 de la lista con un 89%, valor que dista del país alemán y el francés, favoreciendo que estos últimos pueda afrontar de mejor forma el pago de las tasas del proceso. Resalta el hecho de que España se encuentre en un 11% por debajo del promedio de la UE-27 y del porcentaje estimado para la eurozona.

Con esta nueva norma además de abaratar los costes, se facilitaría el proceso, teniendo que únicamente cumplir con los requisitos establecidos para poder ser considerado como vehículo histórico, y se eliminaría el paso de ser evaluado por un laboratorio oficial, en el cual se examinase y evaluase si las piezas de este fuesen originales o no, este trámite se remplazaría por una declaración firmada por el dueño del vehículo, en el que afirme que el vehículo en cuestión no ha sufrido ninguna reforma estructural que ponga en duda la autenticidad de este. Únicamente se debería de acudir a la administración pública y solicitar que la motocicleta en este caso pase a ser de “servicio histórico”, para lo cual habría que abonar una cantidad próxima a los 30 euros y tras esto, solo se debería de informar en la ITV cuando se deba pasar el cambio de matrícula para aplicar la periodicidad en la revisión de

los vehículos históricos. Estos cambios serán aplicados para todos los vehículos matriculados en España, para los que vengán importados de otros países, sí sería obligatorio el paso por un laboratorio oficial que evalúe el estado y procedencia de las piezas.

4.2 VENTAJAS DE LA MATRICULACIÓN

Tal y como se muestra en el artículo publicado por “RACE” [12] llevar a cabo este proceso, llevará consigo ciertas ventajas de uso y fiscales, entre las que se encuentran:

-Mayor periodicidad en las inspecciones técnicas del vehículo: Esta variará en función de los años que haya entre la fecha de matriculación/fabricación de la motocicleta y la fecha del momento de la inspección. Además, estas no serán tan exigentes como las de los vehículos modernos, en las cuales será obligatorios elementos mecánicos y de seguridad que en aquella época no existían, pero en la actualidad sí.

	Cada x años se deberá pasar la inspección		
Años entre fabricación e inspección	2	3	4
30-40	X		
40-45		X	
>45			X

Tabla 1. Periodicidad inspección técnica

Cualquier vehículo con una antigüedad superior a 50 años, estará exento de pasar la inspección técnica, pero podrá realizarla de forma voluntaria, para corroborar el buen funcionamiento del vehículo.

-Bonificación en el impuesto de circulación: Tal y como dictamina la norma, cualquier vehículo con matrícula histórica, podrá recibir una ayuda de hasta un 90% de la cuota del impuesto [13].

-Concesión de libre circulación por las zonas internas de bajas emisiones de las ciudades (ZBE). Aunque esta dependerá en gran medida del criterio de cada Ayuntamiento. En el caso de Madrid, esta zona sería la siguiente:

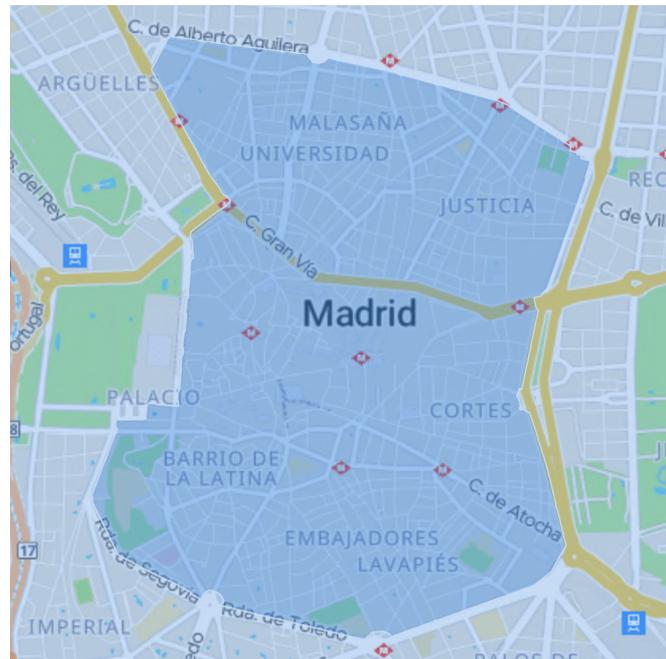


Ilustración 6. Mapa ZBE Madrid [34]

Cabe destacar que según un estudio realizado por la Federación Española de Vehículos Antiguos [14] se sostiene que la contribución de este tipo de vehículos es insignificante con la de los actuales, debido al pequeño porcentaje que representan en el número total de automóviles en circulación. A este hecho, se le une la poca presencia de motores diésel, lo cual conlleva que estos contaminen menos aún y más estando en buenas condiciones, siendo generalmente el caso de los vehículos históricos.

4.3 SEGURIDAD

Estudios muestran que a medida que el vehículo adquiere años de antigüedad se sufren más accidentes debido al mal mantenimiento, por ello según cómo se muestra en “Canarias en moto” [15] en términos de seguridad, es obvio que una moto nueva será más segura que una antigua, pues estas incorporan distintos elementos de seguridad activa, así como lo son los controles de tracción, el sistema de ABS (antibloqueo de frenos), frenos de mayor calidad. Además, los sistemas de seguridad, aunque fuesen los mismos, a medida que pasan los años se mejoran y ofrecen mayor rendimiento que los antiguos.

Aunque no siempre tienen por qué ofrecer una mayor calidad, pues una motocicleta antigua bien cuidada, con los frenos y amortiguadores en buen estado, y neumáticos nuevos puede ofrecer un mayor rendimiento que una con 3 años de antigüedad y las gomas gastadas.

Capítulo 5. TIPOS DE FRENO

Siguiendo la política actual de matriculación de vehículos históricos pactada por la DGT [16], para poder realizar el proceso se deberán de seguir los siguientes apartados.

5.1 *REQUISITOS QUE DEBE CUMPLIR EL VEHÍCULO*

Para poder realizar el proceso de matriculación, el vehículo deberá cumplir tres requisitos de forma obligatoria:

1. Antigüedad igual o superior a 30 años.
2. Su modelo debe estar fuera de producción.
3. No tener modificaciones principales, es decir cambio de motor, carrocería, etc.

En caso de que el automóvil se encuentre en situación de baja definitiva o en un desguace, se podría rehabilitar cumpliendo las consideraciones correspondientes para ser considerado como vehículo histórico. Sin embargo, si se encontrase en situación de certificado de destrucción no podría rehabilitarse, a menos que la Administración pública del estado considerase que tuviese algún valor histórico.

Para poder llevar a cabo estos trámites, es importante que el vehículo conserve en un estado legible el número de chasis grabado en el bastidor. Estos requisitos adicionales han sido sacados de la página web de la DGT [17].

5.2 *OBTENCIÓN CATALOGACIÓN VEHÍCULO HISTÓRICO*

Para poder obtener esta catalogación, se deberá realizar un estudio en un laboratorio oficial de la Comunidad Autónoma perteneciente al dueño del vehículo, es importante que sea en esa misma Comunidad, pues cualquier otro certificado de otra entidad no perteneciente a esta no será válido. Para dicho estudio se aportarán todos los documentos que el laboratorio considere necesarios.

Algunos de los laboratorios disponibles en la Comunidad de Madrid son los siguientes:

- Car Lab Vehículos Históricos en Pinto [18].
- Insia en Campus Sur- Universidad Politécnica de Madrid [19].
- LCOE | Homologación de Vehículos en Getafe [20].

5.3 REVISIÓN ITV

Una vez adquirido el documento procedente del laboratorio oficial, acreditando que el vehículo cumple con los requisitos impuestos, se deberá solicitar cita en cualquier estación ITV autorizada por la DGT, y en este se realizarán las correspondientes revisiones para emitir posteriormente la tarjeta ITV, en la cual se acreditarán todos los detalles técnicos del vehículo en cuestión.

INSPENCIONES TÉCNICAS		
Fecha: Validéz: Fecha Inspec: 25/09/2017 Válido hasta: 25/09/2019 Nº Insp: 2017030900036520 1159HEZ 25	Fecha: Validéz: Fecha Inspección: 20-10-2022 Número Informe: 32860 KM: 13866 F. Validez: 20-10-2024 FAVORABLE FAB. M. GARCIA	Fecha: Validéz: Firma y sello
Fecha: Validéz: Firma y sello	Fecha: Validéz: Firma y sello	Fecha: Validéz: Firma y sello
Fecha: Validéz: Firma y sello	Fecha: Validéz: Firma y sello	Fecha: Validéz: Firma y sello
Fecha: Validéz: Firma y sello	Fecha: Validéz: Firma y sello	Fecha: Validéz: Firma y sello
Reformas en el vehículo / Diligencia de venta.		

A.1 Nombre del fabricante del vehículo base	F.4 Altura total	O.1.1 Barra de tracción
A.2 Dirección del fabricante del vehículo base	F.5 Anchura total	O.1.2 Semimontaque
B.1 Nombre del fabricante del vehículo completado	F.5.1 Anchura máxima carrozable	O.1.3 Remolque eje central
B.2 Dirección del fabricante del vehículo completado	F.6 Longitud total	O.1.4 Remolque sin freno
C.1 Código ITV	F.6.1 Longitud máxima carrozable	O.2.1 Masa máxima remolcable técnicamente admisible con frenos mecánicos
C.L. Clasificación del vehículo	F.7 Via anterior	O.2.2 Masa máxima remolcable técnicamente admisible con frenos de merca
C.V. Control VIN	F.7.1 Via posterior	O.2.3 Masa máxima remolcable técnicamente admisible con frenos hidráulicos o neumáticos
D.1 Marca	F.8 Voladizo posterior	O.3 Tipo de freno de servicio
D.2 Tipo / Variante / Versión	F.8.1 Voladizo máximo posterior carrozable	P.1 Cilindrada
D.3 Denominación comercial del vehículo	G Masa en vacío para vehículos categoría L	P.1.1 Nº y disposición de los cilindros
D.4 Procedencia	G.1 Masa en vacío para vehículos categoría L	P.2 Potencia del motor
E. Número de identificación del vehículo	G.2 Masa Mínima Admisible del vehículo completado	P.2.1 Potencia Fiscal
EP Estructura de protección	J Categoría del vehículo	P.3 Tipo de combustible o fuente de energía
EP.1 Marca de la estructura de protección	J.1 Carrocería del vehículo	P.5 Código de identificación del motor
EP.2 Modelo de la estructura de protección	J.2 Clase	P.5.1 Fabricante o marca del motor
EP.3 Nº de homologación de la estructura de protección	J.3 Volumen de bodegas	Q Relación potencia/masa
EP.4 Nº identificativo de la estructura de protección	K Número de homologación del vehículo base	R Color
F.1 Masa Máxima en carga Técnicaamente Admisible (MMA)	K.1 Número de homologación del vehículo completado	S.1 Nº de plazas de asiento/Nº de asientos o sillones
F.1.1 Masa Máxima en carga Técnicaamente Admisible en cada eje 1º/2º/3º	K.2 Nº certificado TTV vehículo base	S.1.1 Cinturones de seguridad
F.1.5 Masa Máxima en carga Técnicaamente Admisible en 5ª rueda o pivote de acoplamiento	L Nº de ejes y ruedas	S.2 Nº de plazas de pre
F.2 Masa Máxima en carga Admisible del vehículo en circulación (MMA)	L.8 Nº y posición de ejes con ruedas gemelas	T Velocidad máxima
F.2.1 Masa Máxima autorizada en cada eje 1º/2º/3º	L.1 Ejes motrices	U.1 Nivel sonoro en parado
F.3 Masa Máxima Técnicaamente Admisible del conjunto (MMTAC)	L.2 Dimensiones de los neumáticos	U.2 Velocidad del motor a la que se mide el nivel sonoro a vehículo parado
F.3.1 Masa Máxima Autorizada del conjunto (MMC)	M.1 Distancia entre ejes 1º-2º/2º-3º	V.7 Emisiones de CO ₂
	M.4 Distancia entre 5ª rueda o pivote de acoplamiento y último eje	V.8 Emisiones de CO
	O.1 Masa Remolcable con frenos/Masa remolcable técnicamente admisible del vehículo de motor en caso de:	V.9 Nivel de emisiones
		Z Año y nº de orden de la serie corta
		(1) Código pdf 417.

Ilustración 7. Ejemplo ficha inspección técnica ITV

5.4 LIQUIDACIÓN DE IMPUESTOS

Para poder llevar a cabo el último paso, se requeriría abonar cualquier impago o impuesto que pudiese estar asociado el vehículo que se deseara matricular.

Un ejemplo de este podría ser el impuesto de circulación, para el cuál como se comentó anteriormente, una vez adquirida la catalogación se obtendría una bonificación de hasta un 90% de la cuota. Para poder realizar un cálculo estimado del costo de este, resultaría de “multiplicar la cilindrada del motor por el número de cilindros y una constante dependiente del tipo de propulsor” [21] . Este cálculo viene establecido por el Real Decreto Legislativo 2/2004 de 5 marzo [22].

Potencia y clase de vehículo	Cuota --- Euros
A) Turismos:	
De menos de ocho caballos fiscales	12,62
De 8 hasta 11,99 caballos fiscales.....	34,08
De 12 hasta 15,99 caballos fiscales.....	71,94
De 16 hasta 19,99 caballos fiscales.....	89,61
De 20 caballos fiscales en adelante.....	112,00
B) Autobuses:	
De menos de 21 plazas	83,30
De 21 a 50 plazas	118,64
De más de 50 plazas	148,30
C) Camiones:	
De menos de 1.000 kilogramos de carga útil	42,28
De 1.000 a 2.999 kilogramos de carga útil	83,30
De más de 2.999 a 9.999 kilogramos de carga útil	118,64
De más de 9.999 kilogramos de carga útil	148,30
D) Tractores:	
De menos de 16 caballos fiscales.....	17,67
De 16 a 25 caballos fiscales	27,77
De más de 25 caballos fiscales.....	83,30
E) Remolques y semirremolques arrastrados por vehículos de tracción mecánica:	
De menos de 1.000 y más de 750 kilogramos de carga útil	17,67
De 1.000 a 2.999 kilogramos de carga útil	27,77
De más de 2.999 kilogramos de carga útil	83,30
F) Vehículos:	
Ciclomotores.....	4,42
Motocicletas hasta 125 centímetros cúbicos.....	4,42
Motocicletas de más de 125 hasta 250 centímetros cúbicos.....	7,57
Motocicletas de más de 250 hasta 500 centímetros cúbicos.....	15,15
Motocicletas de más de 500 hasta 1.000 centímetros cúbicos.....	30,29
Motocicletas de más de 1.000 centímetros cúbicos	60,58

Ilustración 8. Tabla apoyo para cálculo impuesto de circulación [21]

5.5 MATRICULACIÓN VEHÍCULO HISTÓRICO

Realizados todos los pasos anteriores, finalmente se podrá realizar su matriculación, la cual consistirá en el abono de una tasa variable en función del tipo de vehículo, en el caso de ciclomotores sería de exactamente 27,85€. Dicho pago se puede realizar de dos formas distintas: online o presencial.

Para poder efectuar el pago de forma telemática, se deberá acceder al enlace de la siguiente cita [23] y entrar con una de las opciones mostrada.

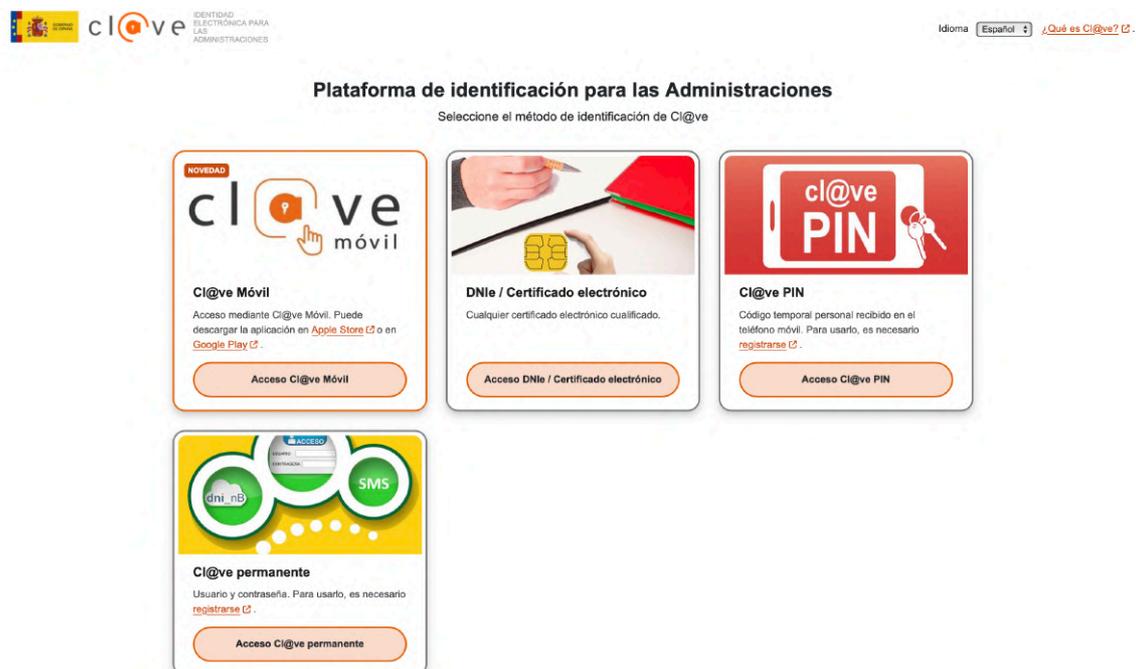


Ilustración 9. Plataforma registro matriculación vehículo histórico

5.6 DIAGRAMA RESUMEN PROCESO MATRICULACIÓN

Para facilitar la comprensión del proceso de matriculación se adjuntará un diseño realizado por el alumno con todos los pasos a seguir para recibir la etiqueta de vehículo histórico.



Ilustración 10. Resumen proceso matriculación

Capítulo 6. PÁGINA WEB

En esta sección de la memoria se mostrarán las opciones más destacadas que se han incluido en el diseño de la página web denominada “Matmotor” [24], para que así el lector se pueda hacer una idea de qué servicios podrá contratar si en un futuro se llevase a cabo la empresa.

Una vez se acceda a la página web, lo primero que se verá será una portada introductoria a la gestoría, en la cual se observará una motocicleta moderna, pues además de llevar a cabo la matriculación de motocicletas históricas, se ofrecerá asesoría sobre las actuales y las modificaciones que se les podrían realizar.

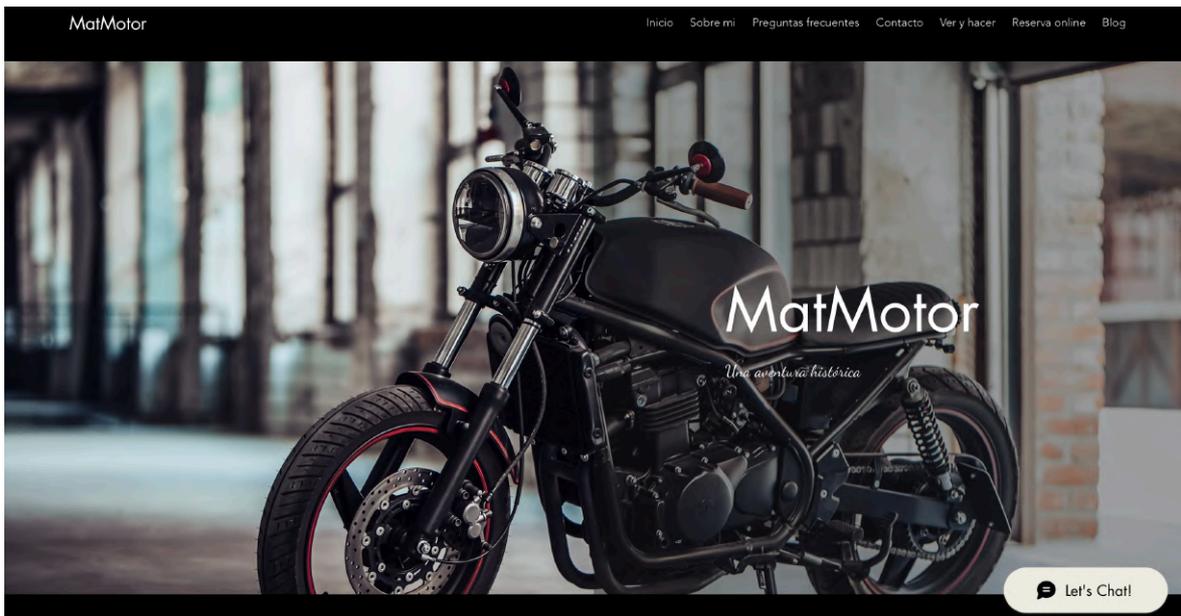


Ilustración 11. Portada página web

Tras esto se podrán observar distintas imágenes de casos de supuestos casos de restauración llevados a cabo por la empresa, para que la persona interesada en nuestros servicios vea los resultados de otros vehículos y deposite una mayor confianza en la empresa.

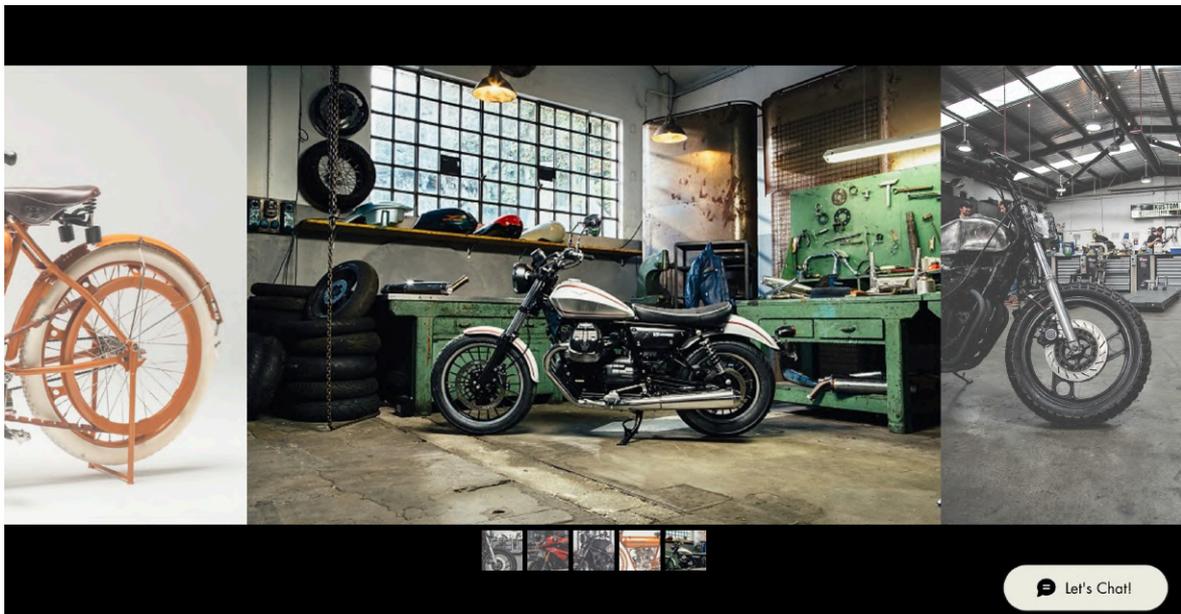


Ilustración 12. Trabajos realizados por Matmotor

Entre los servicios que se ofrecerán existen diversas formas de asesoramiento, encontrándose online, en persona o visita a domicilio entre ellas. Estas consistirán en ofrecer desde una posición más profesional, una perspectiva de la reglamentación actual, de los requisitos que el vehículo cumplirá o no, y de lo que se deberá hacer para que los cumpla.

Nuestros servicios

		
<p>Reunión online</p> <p>1 h Gratis</p> <p>Reservar ahora</p>	<p>Cita en persona</p> <p>1 h</p> <p>Reservar ahora</p>	<p>Visita a domicilio</p> <p>1 h 30 €</p> <p>Reservar ahora</p>

[Let's Chat!](#)

Ilustración 13. Servicios disponibles de consulta

También se ha de destacar del amplio número de conferencias que se llevarán a cabo a lo largo del año, con el objetivo de atraer al mayor número de apasionados del mundo del motor, y poder vislumbrarles una perspectiva totalmente distinta a la que tuviesen.



Ilustración 14. Conferencias periódicas Matmotor

Por último, por si hubiese alguna duda acerca de cualquier tema en concreto y el cliente quisiese resolverla lo antes posible, contará con un apartado de ayuda para dejar cualquier comentario o reseña. Y podrá consultar además la localización de la sede en la parte final de la página web.

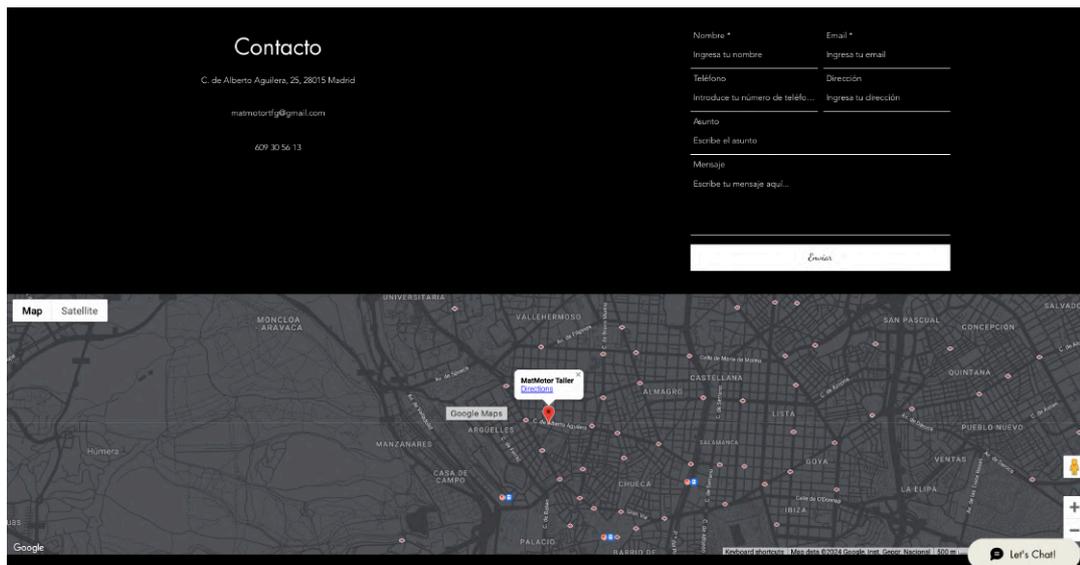


Ilustración 15. Datos de contacto y ubicación sede

Capítulo 7. TIPOS DE FRENO

Como se menciona en la página web perteneciente a “Bolca” [25], la historia de ambos tipos de freno es la siguiente.

7.1 *HISTORIA FRENO DE TAMBOR*

Los frenos representan una de las innovaciones más importantes de la historia del mundo del motor. Su aparición tuvo lugar a finales del siglo XIX cuando el sistema de frenado consistía en la aplicación de fuerza del conductor sobre un cable de acero que se encargaba de frenar las ruedas traseras, dicho mecanismo se hacía inservible en situaciones de emergencia.

Por ello Louis Renault desarrolló en 1902 un prototipo que mejoraba el lanzado un año antes por Wilhem Maybach. Este modelo era el freno de tambor, el cual inicialmente consistía en la generación de la fuerza necesaria para la detención del vehículo, mediante la inyección de presión de un par de zapatas sobre el tambor giratorio acoplado al eje de la rueda.

En los primeros modelos, este par de zapatas se accionaban de forma mecánica, pero en 1930 se introdujo un sistema hidráulico que conseguía reducir las pérdidas y mejorar la eficacia de frenado, para ello empleaba un aceite especial que se encargaba de distribuir la presión ejercida de manera eficiente.

En la década de los 50 se introdujo otra mejora en las zapatas, pasando de un ajuste manual y regular, a uno automático manteniendo así constante la distancia entre estas y el tambor, a menos que se pisase el pedal y se deseara frenar. Esta separación se debe al desgaste de las zapatas debido a su uso en cada frenada.

Finalmente, en los años 1960 y 1970 se paró la producción de este tipo de frenos para el eje delantero de los vehículos, pasando de esta forma a la implementación de un nuevo tipo de freno, mezclando en determinados vehículos actuales ambos tipos, siendo este último el empleado en el eje delantero.

7.1.1 PARTES FRENO DE TAMBOR

Para poder entender de una mejor forma, cuáles son las partes del freno de tambor se recurrirá al apoyo del blog “Frenkit” [25].

7.1.1.1 Tambor de freno

Su geometría es circular y se encuentra acoplado a la rueda. Su funcionalidad es ayudar a las zapatas en el instante de frenada para poder disipar una mayor cantidad de calor y frenar el vehículo.

7.1.1.2 Plato de freno

Pieza fija encargada de la sujeción de las zapatas y del aporte de una superficie para que estas hagan contacto.

7.1.1.3 Zapatas de freno

Pieza fundamental del freno encargada de la frenada. Están recubiertas con una pasta especial para la fricción, que se adhiere al tambor y se desgata con cada uso.

7.1.1.4 Forros

Elementos de desgaste compuestos de una mezcla de materiales resistentes al calor y al desgaste. Se encargan de generar la fricción suficiente para ralentizar y detener el vehículo.

7.1.1.5 Bombín

Encargado de aplicar la fuerza requerida a las zapatas para que al entrar en contacto con el tambor se produzca la frenada. Para su funcionamiento se requiere el empleo del líquido de freno, el cual al pisar el pedal de freno son expulsados contra el bombín por el cilindro maestro.

7.1.1.6 Resortes de tracción

Ubicados en el plato de freno, se ocupan de garantizar la vuelta de las zapatas a su situación inicial después del momento de frenado. Asegurando así que no se produzca ningún tipo de fricción entre estas y el tambor en cualquier instante que no sea el de frenado.

7.1.1.7 Mecanismo de ajuste

Encargado de ajustar de forma automática entre las zapatas y el tambor siendo la distancia constante, a pesar del desgaste que puedan tener las primeras por el uso.

7.1.2 IMAGEN PARTES FRENO DE TAMBOR

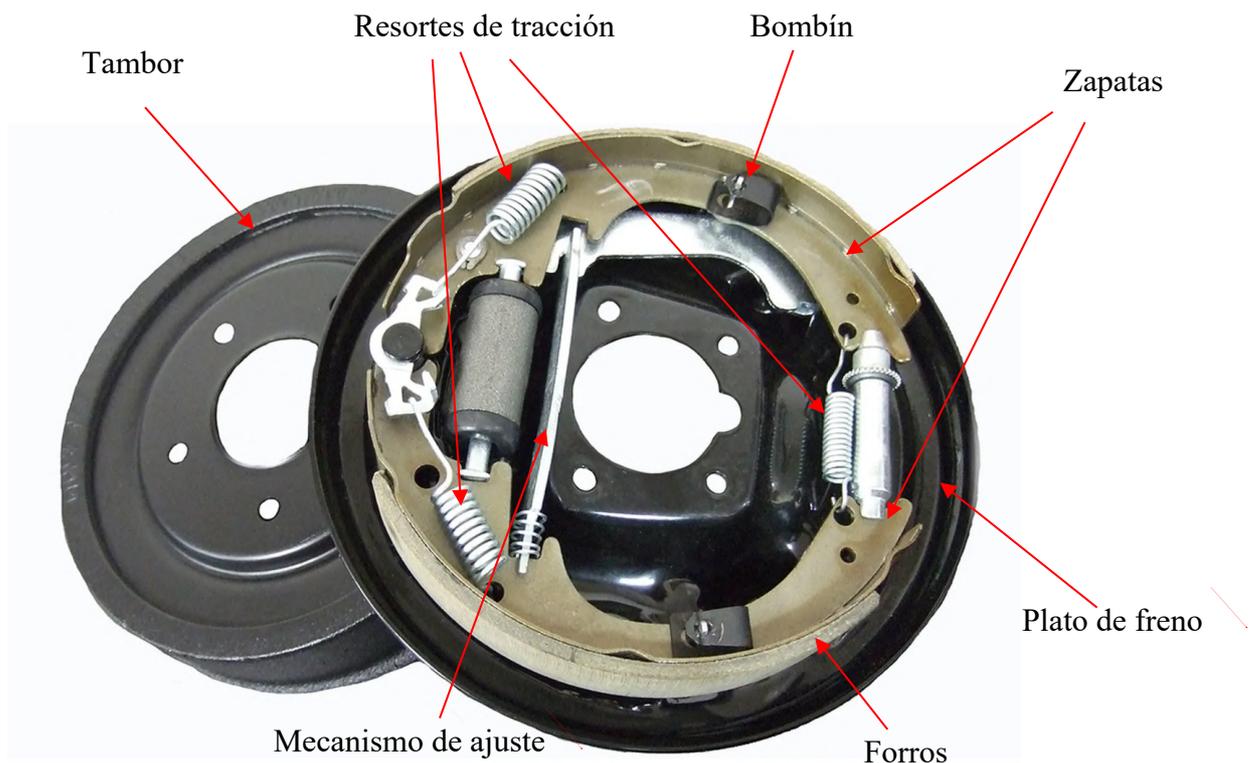


Ilustración 16. Partes freno de tambor

7.2 HISTORIA FRENO DE DISCO

Su historia se remonta al 1902 mismo año en el que se produjo la aparición definitiva del freno de tambor, pero en este caso el ingeniero que lanzó un diseño innovador, pero poco eficiente fue Frederick William Lanchester. En este primer prototipo se emplearon mordazas que se encargan de ejercer presión contra un disco, consiguiendo liberar así la cantidad de energía suficiente para frenar el vehículo.

Durante los años posteriores a la creación, su empleo se alejó del mundo de la automoción y se trasladó su enfoque al mundo de la aviación, esto no cambió hasta después de la segunda guerra mundial. Dicho cambio vino de la mano de la empresa Dunlop, con el desuso de las mordazas y la implementación de pistones hidráulicos, se consiguió una mejor eficiencia.

Aunque su momento cúlpe fue en la década de los cincuenta, cuando los modelos Jaguar C y D, equipados con este nuevo sistema, ganaron varias veces la carrera famosa de LeMans [26], demostrando al resto de los espectadores presentes en el evento su eficacia y superioridad en condiciones de alta velocidad y frenados rápidos.

El primer modelo que los incorporó en una fabricación en masa fue el Citroën DS en el año 1955, siendo su producción un completo éxito y llegando a cifras récord de venta para aquellos tiempos. Se vendieron más de un millón y medio de existencias de este modelo durante los 20 años que duró su producción.

Sin embargo, en el mundo del motociclismo su incorporación se alargó hasta el año 1969 con la fabricación de la Honda CB750 Four [27], marcando otro hito para la industria del automovilismo. Desde aquel momento, este tipo de frenos se han vuelto en un imprescindible del eje delantero de los vehículos, siendo únicamente los más exclusivos los que poseen en ambos ejes frenos de disco, mejorando así la disipación de calor en el proceso de frenado y ofreciendo un rendimiento superior.

7.2.1 PARTES FRENO DE DISCO

Para documentar con mayor claridad cuáles son las partes del freno de disco, se empleará la información proveniente del blog “Renofase” [28].

7.2.1.1 Rotor

Componente metálica y circular que constituye el elemento principal del freno. Se encuentra anclado al eje proporcionando la superficie requerida para la aplicación de presión de las pastillas de freno ejerciendo la fricción suficiente para detener el vehículo.

7.2.1.2 Pastillas de freno

Compuestas por materiales capaces de soportar altas fricciones (cerámica o compuestos metálicos), se encargan de generar la suficiente fricción para detener la rotación de las ruedas. Existen de diversos tipos, en función de los materiales que se empleen, variando así sus características y su eficiencia.

7.2.1.3 Caliper

Encargado del almacenaje y permisividad de movimiento hacia dentro o hacia afuera de las pastillas de freno. Elemento fundamental para transmitir la presión inyectada a las pastillas, en el momento que se presiona el pedal.

7.2.1.4 Pistones

Ubicados dentro del caliper y se encargan de transmitir la presión desde la transmisión del pedal a las pastillas, acercándolas al rotor y generando fricción.

7.2.1.5 Conducto de freno

Tubo destinado a la suministración del líquido de freno y a la conexión del caliper con el sistema de frenado.

7.2.1.6 Disco de freno

Forma parte del rotor y se encuentra en contacto directo con las pastillas de freno. Su diseño está enfocado en lograr la mayor disipación de calor generado en la fricción producida por la presión ejercida por las pastillas en el momento de frenado.

7.2.2 IMAGEN PARTES FRENO DE DISCO

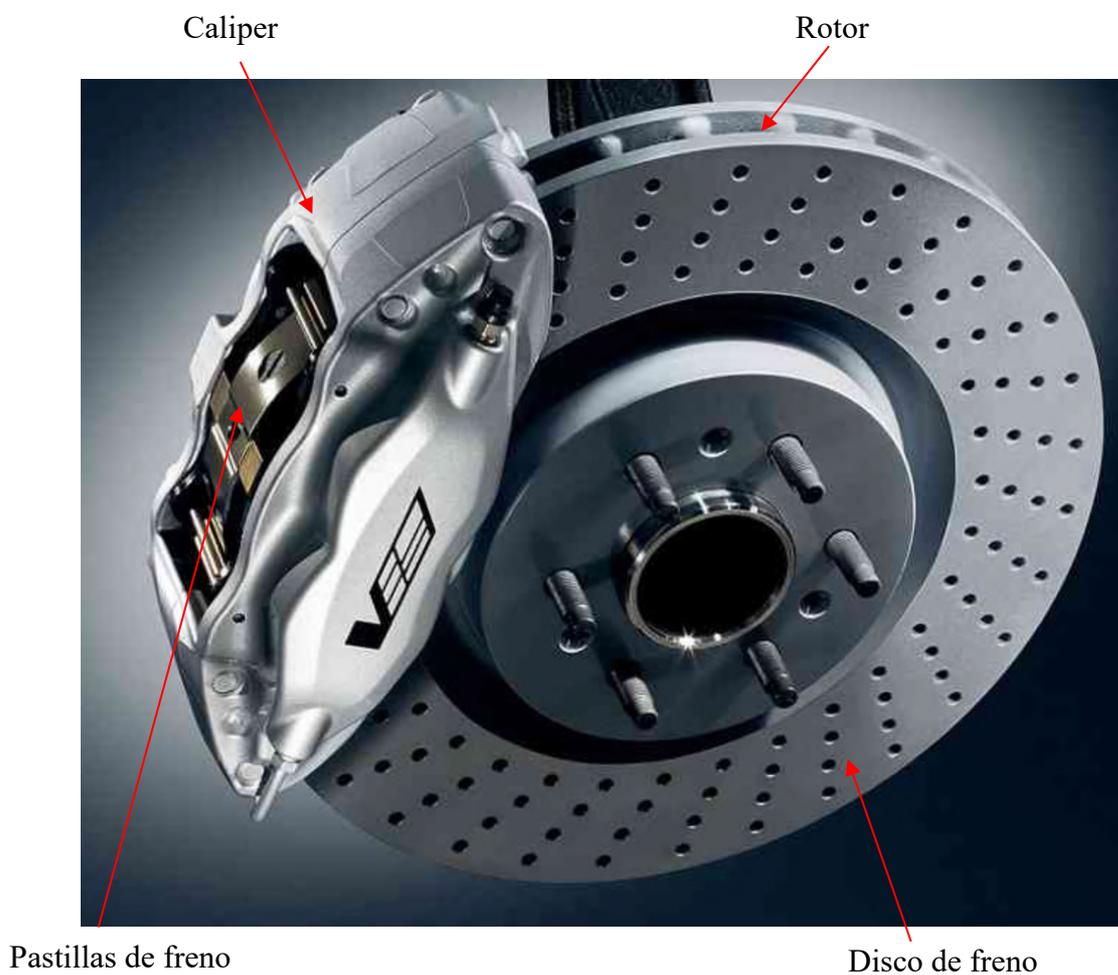


Ilustración 17. Partes visibles freno de disco

Capítulo 8. ECUACIONES EMPLEADAS

Para poder realizar todos los cálculos que se mostrarán posteriormente, se requirió la ayuda del libro de “Transferencia de calor” de A.F. Mills [5] para identificar cuáles serán los casos más similares al comportamiento que tendrán el freno de disco y de tambor en el momento de frenar.

8.1 ECUACIONES FRENO DE TAMBOR

Se ha de tener en cuenta que en este caso solo se ha apreciado el valor del coeficiente de transferencia de calor externo, pues el interno sería de un valor despreciable. Esto se debe al sellamiento del tambor para evitar la entrada de agua y cualquier otro tipo de partícula que pudiese provocar defectos dentro de este.

8.1.1 FLUJO TRANSVERSAL A UN CILINDRO

En función del Reynolds que se obtenga debido a la velocidad del vehículo, así como de la temperatura ambiente y la propia del freno de tambor, se empleará una fórmula u otra.

Para poder hallar el número de Reynolds emplearemos la siguiente fórmula:

$$Re_D = \frac{V * D}{\nu}$$

Ecuación 1. Número de Reynolds para Flujo transversal a un cilindro

Re: Número de Reynolds (adimensional)

V: Velocidad (m/s)

D: Diámetro (m)

ν : Viscosidad cinemática (m^2/s)

Tras haber obtenido este valor, sabiendo que el fluido que tendremos será aire con un número de Prandtl de 0,69 se escogerán de las siguientes ecuaciones la correspondiente para poder hallar el número de Nusselt en función del intervalo en el que se encuentren los resultados hallados.

$$\overline{Nu}_D = 0,3 + \frac{0,62 * Re_D^{1/2} * Pr^{1/3}}{[1 + (0,4/Pr)^{2/3}]^{1/4}}; \quad Re_D < 10^4$$

Ecuación 2. Número de Nusselt para Flujo transversal a un cilindro $Re < 10^4$

$$\overline{Nu}_D = 0,3 + \frac{0,62 * Re_D^{1/2} * Pr^{1/3}}{[1 + (0,4/Pr)^{2/3}]^{1/4}} * \left[1 + \left(\frac{Re_D}{282000} \right)^{1/2} \right]; \quad 2 * 10^4 < Re_D < 4 * 10^5$$

*Ecuación 3. Número de Nusselt para Flujo transversal a un cilindro $2 * 10^4 < Re < 4 * 10^5$*

$$\overline{Nu}_D = 0,3 + \frac{0,62 * Re_D^{1/2} * Pr^{1/3}}{[1 + (0,4/Pr)^{2/3}]^{1/4}} * \left[1 + \left(\frac{Re_D}{282000} \right)^{5/8} \right]^{4/5} \quad 4 * 10^5 < Re_D < 5 * 10^6$$

*Ecuación 4. Número de Nusselt para Flujo transversal a un cilindro $4 * 10^5 < Re < 5 * 10^6$*

Pr: Número de Prandtl (Adimensional)

\overline{Nu}_D : Número de Nusselt (Adimensional)

Con el número de Reynolds de cada estación dependiente de la velocidad escogida se escogerá una de estas y se hallará el número de Nusselt para luego con la siguiente relación poder hallar el coeficiente de transferencia de calor.

$$\overline{Nu}_D = \frac{h_C * D}{k}$$

Ecuación 5. Equivalencia número de Nusselt para Flujo transversal a un cilindro

k: Coeficiente de conductividad térmica (W/m*K)

h_C : Coeficiente de transferencia de calor (W/K*m²)

8.1.2 FLUJO SOBRE CILINDRO GIRATORIO

Como pasaba en el anterior caso primero se deberá hallar el número de Reynolds para valorar en el intervalo en el que se encontrará, sabiendo así si es región laminar o turbulenta.

$$Re_D = \frac{\Omega * D^2}{\nu}$$

Ecuación 6. Número de Reynolds para Flujo sobre cilindro giratorio

Re: Número de Reynolds (adimensional)

Ω : Velocidad angular (rad/s)

D: Diámetro (m)

ν : Viscosidad cinemática (m^2/s)

Tras haber la obtención de este valor, se determinará el tipo de flujo. Posteriormente, sabiendo que el fluido que tendremos será aire con un número de Prandtl de 0,69 se empleará la siguiente ecuación para poder hallar el número de Nusselt.

$$\overline{Nu}_D = 0,133 * Re_D^{2/3} * Pr^{1/3}; \quad Re_D < 4,3 * 10^5$$

*Ecuación 7. Número de Nusselt para Flujo sobre cilindro giratorio $Re < 4,3 * 10^5$*

Pr: Número de Prandtl (Adimensional)

\overline{Nu}_D : Número de Nusselt (Adimensional)

Una vez obtenidos el número de Reynolds y Nusselt de cada estación dependiente de la velocidad angular escogida se empleará la siguiente relación poder hallar el coeficiente de transferencia de calor.

$$\overline{Nu}_D = \frac{h_c * D}{k}$$

Ecuación 8. Equivalencia número de Nusselt para Flujo sobre cilindro giratorio

k: Coeficiente de conductividad térmica (W/m*K)

h_c : Coeficiente de transferencia de calor (W/K*m²)

8.1.3 POTENCIA CALORÍFICA

Con todos los cálculos anteriores realizados, y una vez que se obtenga el valor del coeficiente de transferencia de calor, se podrá realizar el último cálculo para poder hallar la potencia calorífica que disipa el freno de tambor. Para lo cual se usará la siguiente ecuación, para ello se sabrá cuál será el valor de la temperatura ambiente dependiente de la estación en la que nos encontremos, el área y la temperatura máxima que es capaz de soportar el tambor (489K).

$$\dot{Q} = h_c * A * (T_{Tambor} - T_{amb})$$

Ecuación 9. Potencia calorífica freno de tambor

\dot{Q} : Potencia calorífica (W)

A: Área (m²)

T_{Tambor} : Temperatura del tambor (K)

T_{amb} : Temperatura ambiente (K)

En este caso el área se supondrá como la suma del área de las dos bases más el área lateral del cilindro.

8.2 ECUACIONES DE FRENO DE DISCO

8.2.1 FLUJO TRANSVERSAL A UNA PLACA PLANA

En primer lugar, se deberá hallar el número de Reynolds para valorar en el intervalo en el que se encontrará el flujo, sabiendo así si es región laminar o turbulenta.

$$Re_L = \frac{V * L}{\nu}$$

Ecuación 10. Número de Reynolds para flujo transversal a una placa plana

Re: Número de Reynolds (adimensional)

V: Velocidad (m/s)

L: Longitud de la placa (m)

ν : Viscosidad cinemática (m²/s)

Con el número de Reynolds hallado, se observará si se encuentra dentro del intervalo mostrado, tras lo cual se procederá a hallar el número de Nusselt. Para ello, se empleará la siguiente ecuación, teniendo en cuenta que el tipo de fluido al que está expuesto el freno es aire, con un número de Prandtl de 0,69.

$$\overline{Nu}_L = 0,644 * Re_L^{1/2} * Pr^{1/3}; \quad 10^3 < Re_D < 5 * 10^5$$

*Ecuación 11. Número de Nusselt para flujo transversal a una placa plana $10^3 < Re < 5 * 10^5$*

Pr: Número de Prandtl (Adimensional)

\overline{Nu}_D : Número de Nusselt (Adimensional)

Una vez obtenidos el número de Reynolds y Nusselt de cada estación dependiente de la velocidad angular escogida se hallará el coeficiente de transferencia de calor con la siguiente relación poder hallar.

$$\overline{Nu}_L = \frac{h_C * L}{k}$$

Ecuación 12. Equivalencia número de Nusselt para flujo transversal a una placa plana

k: Coeficiente de conductividad térmica (W/m*K)

h_C : Coeficiente de transferencia de calor (W/K*m²)

8.2.2 FLUJO SOBRE DISCO GIRATORIO

El primer paso por seguir será hallar el número de Reynolds, para lo cual se deberá emplear la siguiente ecuación, teniendo en cuenta que para valores superiores a $2,4 * 10^5$ nos encontraríamos en región turbulenta.

$$Re_r = \frac{\Omega * r^2}{\nu}$$

Ecuación 13. Número de Reynolds para flujo sobre disco giratorio

Re: Número de Reynolds (adimensional)

Ω : Velocidad angular (rad/s)

r: Radio (m)

ν : Viscosidad cinemática (m²/s)

Una vez hallado el número de Reynolds, y sabiendo en la región en la que se encuentra, se procederá a hallar el número de Nusselt. Para lo cual, se recurrirá a la siguiente fórmula, teniendo en cuenta que el fluido será aire y su número de Prandtl valdrá 0,69.

$$Nu_r = \frac{0,585 * Re_r^{1/2}}{0,6/Pr + 0,95/Pr^{1/3}}$$

Ecuación 14. Número de Nusselt para flujo sobre disco giratorio

Pr: Número de Prandtl (Adimensional)

Nu_r : Número de Nusselt (Adimensional)

Con este valor obtenido dependiente de la estación en la que nos encontremos, pues la viscosidad cinemática varía con la temperatura ambiente, se hallará el coeficiente de transferencia de calor empleando la siguiente relación.

$$Nu_r = \frac{h_C * r}{k}$$

Ecuación 15. Equivalencia número de Nusselt para flujo sobre disco giratorio

k: Coeficiente de conductividad térmica (W/m*K)

h_C : Coeficiente de transferencia de calor (W/K*m²)

8.2.3 POTENCIA CALORÍFICA

Una vez hallado el coeficiente de transferencia de calor y con el cálculo del área de la figura, así como el valor de la temperatura máxima que podrá soportar el freno de disco (873K) y la temperatura ambiente, la cual dependerá de la estación en la que nos situemos, se podrá calcular la potencia calorífica disipada por el freno de disco en cada uno de sus dos casos. Para ello se empleará la siguiente ecuación:

$$\dot{Q} = h_C * 2 * A * (T_{Disco} - T_{amb})$$

Ecuación 16. Potencia calorífica freno de disco

\dot{Q} : Potencia calorífica (W)

A: Área (m²)

T_{Disco} : Temperatura del disco (K)

T_{amb} : Temperatura ambiente (K)

Cabe destacar que, en el caso del disco, el área debería de ser multiplicado por 2 pues, se tendrían dos caras afectadas. Esta ecuación se aplicará en ambos casos, recalcando que, en el caso de la placa plana al deber tener la misma área, la forma de hallar la longitud de esta ha sido $L = \sqrt{A_{Disco}}$.

Capítulo 9. ANÁLISIS DE RESULTADOS

9.1 DATOS EMPLEADOS POR CADA VEHÍCULO

Para poder realizar todos los cálculos con las ecuaciones mostradas anteriormente se deberán tener en cuenta los valores que adoptarán las variables, para ello en función del vehículo que se estudie se tendrán unos u otros, así como muestra la siguiente tabla.

Vehículo	Montesa Cota 172	Montesa Cota 4RT 300RR
Tipo de Freno	Tambor	Disco
Diámetro Freno Delantero (mm)	110	183
Diámetro Freno Trasero (mm)	110	150
Espesor freno (mm)	50	Despreciable
Área Delantera (mm^2)	362853,95	68385,72
Área Trasera (mm^2)	362853,95	45945,79

Tabla 2. Datos Técnicos de cada Vehículo

Cabe destacar que estos datos han sido ambos obtenidos de su manual de usuario, en el caso de la Montesa Cota 172 al no poder disponerlo de forma física, ni hallarlo en ninguna página, se tomaron de un foro especializado en este tipo de motocicletas [29]. Sin embargo, en el caso del espesor no se constaba por ninguna parte su valor preciso, por lo cual se estipuló uno estándar. Para el caso de la Montesa Cota 4RT 300R sí se halló con facilidad el manual [30].

Para el cálculo del área del disco, se tuvo en cuenta que este es ranurado, por lo cual se supuso que al tener estas perforaciones su área aumentaba un 30%, es decir al valor obtenido de hacer $\pi * R^2$ se le multiplicó por 1,3 para hallar el área total que este tendrá.

Por último, para poder realizar un análisis más realista de cómo se comportará cada uno de los frenos a estudiar, se variará la temperatura ambiente en función de la estación en la que se encuentre.

Estación del año	Invierno	Verano	Primavera/otoño
Temperatura (°C)	3	38	21

Tabla 3. Temperatura de cada estación

9.2 RESULTADOS FRENO DE TAMBOR DELANTERO Y TRASERO

9.2.1 FLUJO TRANSVERSAL A UN CILINDRO

9.2.1.1 Número de Reynolds

Se empleará la Ecuación 1 para obtener los números de Reynolds correspondientes a las siguientes velocidades.

Velocidad (m/s)	Diámetro (m)	Viscosidad cinemática (m ² /s)	Re_D
33,33	0,110	2,36E-05	1,55E+05
27,78	0,110	2,36E-05	1,29E+05
25,00	0,110	2,36E-05	1,16E+05
22,22	0,110	2,36E-05	1,03E+05
19,44	0,110	2,36E-05	9,05E+04
16,67	0,110	2,36E-05	7,76E+04
13,89	0,110	2,36E-05	6,47E+04
11,11	0,110	2,36E-05	5,17E+04

Tabla 4. Número de Reynolds freno de tambor flujo transversal a un cilindro en invierno

Velocidad (m/s)	Diámetro (m)	Viscosidad cinemática (m ² /s)	Re_D
33,33	0,110	2,55E-05	1,44E+05
27,78	0,110	2,55E-05	1,20E+05
25,00	0,110	2,55E-05	1,08E+05
22,22	0,110	2,55E-05	9,59E+04
19,44	0,110	2,55E-05	8,39E+04
16,67	0,110	2,55E-05	7,19E+04
13,89	0,110	2,55E-05	5,99E+04
11,11	0,110	2,55E-05	4,79E+04

Tabla 5. Número de Reynolds freno de tambor flujo transversal a un cilindro en verano

Velocidad (m/s)	Diámetro (m)	Viscosidad cinemática (m ² /s)	Re_D
33,33	0,110	2,46E-05	1,49E+05
27,78	0,110	2,46E-05	1,24E+05
25,00	0,110	2,46E-05	1,12E+05
22,22	0,110	2,46E-05	9,94E+04
19,44	0,110	2,46E-05	8,70E+04
16,67	0,110	2,46E-05	7,46E+04
13,89	0,110	2,46E-05	6,22E+04
11,11	0,110	2,46E-05	4,97E+04

Tabla 6. Número de Reynolds freno de tambor flujo transversal a un cilindro en primavera/otoño

9.2.1.2 Número de Nusselt

Con los números de Reynolds obtenidos de cada estación se podrá estimar según su valor en el intervalo en el que se encuentra, como se observa en los resultados obtenidos se encuentran dentro del intervalo $2 * 10^4 < Re_D < 4 * 10^5$, es decir se aplicaría la Ecuación 3 para poder hallar el número de Nusselt. Los resultados obtenidos de aplicar esa ecuación se muestran en la siguiente tabla.

Velocidad (m/s)	Re_D	Pr	\overline{Nu}_D
33,33	1,55E+05	0,69	329,8
27,78	1,29E+05	0,69	290,0
25,00	1,16E+05	0,69	269,4
22,22	1,03E+05	0,69	248,3
19,44	9,05E+04	0,69	226,6
16,67	7,76E+04	0,69	204,3
13,89	6,47E+04	0,69	180,9
11,11	5,17E+04	0,69	156,3

Tabla 7. Número de Nusselt freno de tambor flujo transversal a un cilindro en invierno

Velocidad (m/s)	Re_D	Pr	\overline{Nu}_D
33,33	1,44E+05	0,69	312,4
27,78	1,20E+05	0,69	274,9
25,00	1,08E+05	0,69	255,5
22,22	9,59E+04	0,69	235,7
19,44	8,39E+04	0,69	215,2
16,67	7,19E+04	0,69	194,1
13,89	5,99E+04	0,69	172,0
11,11	4,79E+04	0,69	148,8

Tabla 8. Número de Nusselt freno de tambor flujo transversal a un cilindro en verano

Velocidad (m/s)	Re_D	Pr	\overline{Nu}_D
33,33	1,49E+05	0,69	320,6
27,78	1,24E+05	0,69	282,0
25,00	1,12E+05	0,69	262,1
22,22	9,94E+04	0,69	241,6
19,44	8,70E+04	0,69	220,6
16,67	7,46E+04	0,69	198,9
13,89	6,22E+04	0,69	176,2
11,11	4,97E+04	0,69	152,3

Tabla 9. Número de Nusselt freno de tambor flujo transversal a un cilindro en primavera/otoño

9.2.1.3 Coeficiente de transferencia de calor

Con el Número de Nusselt hallado, se podrá aplicar la relación mostrada en la Ecuación 5 y se hallaría el coeficiente de transferencia de calor.

Velocidad (m/s)	Diámetro (m)	\overline{Nu}_D	k (W/m*K)	hc (W/Km ²)
33,33	0,11	329,8	0,032	96,06
27,78	0,11	290,0	0,032	84,46
25,00	0,11	269,4	0,032	78,46
22,22	0,11	248,3	0,032	72,32
19,44	0,11	226,6	0,032	66,01
16,67	0,11	204,3	0,032	59,5
13,89	0,11	180,9	0,032	52,69
11,11	0,11	156,3	0,032	45,52

Tabla 10. Coeficiente de transferencia de calor freno de tambor flujo transversal a un cilindro en invierno

Velocidad (m/s)	Diámetro (m)	\overline{Nu}_D	k (W/m*K)	hc (W/Km ²)
33,33	0,11	312,4	0,033	94,01
27,78	0,11	274,9	0,033	82,72
25,00	0,11	255,5	0,033	76,89
22,22	0,11	235,7	0,033	70,91
19,44	0,11	215,2	0,033	64,75
16,67	0,11	194,1	0,033	58,41
13,89	0,11	172,0	0,033	51,77
11,11	0,11	148,8	0,033	44,77

Tabla 11. Coeficiente de transferencia de calor freno de tambor flujo transversal a un cilindro en verano

Velocidad (m/s)	Diámetro (m)	\overline{Nu}_D	k (W/m*K)	hc (W/Km ²)
33,33	0,11	320,6	0,033	94,98
27,78	0,11	282,0	0,033	83,55
25,00	0,11	262,1	0,033	77,64
22,22	0,11	241,6	0,033	71,58
19,44	0,11	220,6	0,033	65,35
16,67	0,11	198,9	0,033	58,93
13,89	0,11	176,2	0,033	52,21
11,11	0,11	152,3	0,033	45,13

Tabla 12. Coeficiente de transferencia de calor freno de tambor flujo transversal a un cilindro en primavera/otoño

9.2.1.4 Potencia calorífica disipada por el freno de tambor

Tras obtener el valor de todas las variables en los anteriores apartados, se podrá calcular el valor de la potencia calorífica disipada por el freno de tambor, para ello se empleará la Ecuación 9.

Velocidad (m/s)	Área (m ²)	hc (W/Km ²)	\dot{Q} (W)
33,33	0,036	96,06	742,43
27,78	0,036	84,46	652,77
25,00	0,036	78,46	606,40
22,22	0,036	72,32	558,95
19,44	0,036	66,01	510,18
16,67	0,036	59,5	459,86
13,89	0,036	52,69	407,23
11,11	0,036	45,52	351,81

Tabla 13. Potencia calorífica disipada por el freno de tambor flujo transversal a un cilindro en invierno

Velocidad (m/s)	Área (m ²)	hc (W/Km ²)	\dot{Q} (W)
33,33	0,036	94,01	607,19
27,78	0,036	82,72	534,27
25,00	0,036	76,89	496,62
22,22	0,036	70,91	457,99
19,44	0,036	64,75	418,21
16,67	0,036	58,41	377,26
13,89	0,036	51,77	334,37
11,11	0,036	44,77	289,16

Tabla 14. Potencia calorífica disipada por el freno de tambor flujo transversal a un cilindro en verano

Velocidad (m/s)	Área (m ²)	hc (W/Km ²)	\dot{Q} (W)
33,33	0,036	94,98	672,05
27,78	0,036	83,55	591,17
25,00	0,036	77,64	549,35
22,22	0,036	71,58	506,48
19,44	0,036	65,35	462,39
16,67	0,036	58,93	416,97
13,89	0,036	52,21	369,42
11,11	0,036	45,13	319,32

Tabla 15. Potencia calorífica disipada por el freno de tambor flujo transversal a un cilindro en primavera/otoño

9.2.2 FLUJO SOBRE CILINDRO GIRATORIO

9.2.2.1 Número de Reynolds

Para este nuevo caso se empezará como en el anterior calculando inicialmente el número de Reynolds, para ello se usará la Ecuación 6.

Velocidad (m/s)	Diámetro (m)	Omega (rad/s)	Viscosidad cinemática (m ² /s)	Re_D
33,33	0,110	606,06	2,36E-05	3,10E+05
27,78	0,110	505,05	2,36E-05	2,59E+05
25,00	0,110	454,55	2,36E-05	2,33E+05
22,22	0,110	404,04	2,36E-05	2,07E+05
19,44	0,110	353,54	2,36E-05	1,82E+05
16,67	0,110	303,03	2,36E-05	1,55E+05
13,89	0,110	252,53	2,36E-05	1,29E+05
11,11	0,110	202,02	2,36E-05	1,03E+05

Tabla 16. Número de Reynolds freno de tambor flujo sobre cilindro giratorio en invierno

Velocidad (m/s)	Diámetro (m)	Omega (rad/s)	Viscosidad cinemática (m ² /s)	Re_D
33,33	0,110	606,06	2,55E-05	2,88E+05
27,78	0,110	505,05	2,55E-05	2,40E+05
25,00	0,110	454,55	2,55E-05	2,16E+05
22,22	0,110	404,04	2,55E-05	1,92E+05
19,44	0,110	353,54	2,55E-05	1,68E+05
16,67	0,110	303,03	2,55E-05	1,44E+05
13,89	0,110	252,53	2,55E-05	1,20E+05
11,11	0,110	202,02	2,55E-05	9,59E+04

Tabla 17. Número de Reynolds freno de tambor flujo sobre cilindro giratorio en verano

Velocidad (m/s)	Diámetro (m)	Omega (rad/s)	Viscosidad cinemática (m ² /s)	Re_D
33,33	0,110	606,06	2,46E-05	2,98E+05
27,78	0,110	505,05	2,46E-05	2,49E+05
25,00	0,110	454,55	2,46E-05	2,24E+05
22,22	0,110	404,04	2,46E-05	1,99E+05
19,44	0,110	353,54	2,46E-05	1,74E+05
16,67	0,110	303,03	2,46E-05	1,49E+05
13,89	0,110	252,53	2,46E-05	1,24E+05
11,11	0,110	202,02	2,46E-05	9,94E+04

Tabla 18. Número de Reynolds freno de tambor flujo sobre cilindro giratorio en primavera/otoño

9.2.2.2 Número de Nusselt

Con todos los valores de Reynolds hallados, se comprobará que ninguno de ellos supere el límite establecido de $4,3 \cdot 10^5$, por lo cual para poder hallar el número de Nusselt se empleará la Ecuación 7.

Velocidad (m/s)	Re_D	Pr	\overline{Nu}_D
33,33	3,10E+05	0,69	539,1
27,78	2,59E+05	0,69	477,4
25,00	2,33E+05	0,69	445,0
22,22	2,07E+05	0,69	411,3
19,44	1,82E+05	0,69	376,3
16,67	1,55E+05	0,69	339,6
13,89	1,29E+05	0,69	300,7
11,11	1,03E+05	0,69	259,1

Tabla 19. Número de Nusselt freno de tambor flujo sobre cilindro giratorio en invierno

Velocidad (m/s)	Re_D	Pr	\overline{Nu}_D
33,33	2,88E+05	0,69	512,4
27,78	2,40E+05	0,69	453,7
25,00	2,16E+05	0,69	423,0
22,22	1,92E+05	0,69	391,0
19,44	1,68E+05	0,69	357,7
16,67	1,44E+05	0,69	322,7
13,89	1,20E+05	0,69	285,8
11,11	9,59E+04	0,69	246,3

Tabla 20. Número de Nusselt freno de tambor flujo sobre cilindro giratorio en verano

Velocidad (m/s)	Re_D	Pr	\overline{Nu}_D
33,33	2,98E+05	0,69	525,0
27,78	2,49E+05	0,69	464,9
25,00	2,24E+05	0,69	433,4
22,22	1,99E+05	0,69	400,6
19,44	1,74E+05	0,69	366,5
16,67	1,49E+05	0,69	330,7
13,89	1,24E+05	0,69	292,0
11,11	9,94E+04	0,69	252,4

Tabla 21. Número de Nusselt freno de tambor flujo sobre cilindro giratorio en primavera/otoño

9.2.2.3 Coeficiente de transferencia de calor

Tras obtener el número de Nusselt, y tras realizar una interpolación para hallar el coeficiente de conductividad térmica, se empleará la Ecuación 8 para hallar el coeficiente de transferencia de calor.

Velocidad (m/s)	Diámetro (m)	\overline{Nu}_D	k (W/m*K)	hc (W/Km ²)
33,33	0,11	539,1	0,032	157,00
27,78	0,11	477,4	0,032	139,10
25,00	0,11	445,0	0,032	129,60
22,22	0,11	411,3	0,032	119,80
19,44	0,11	376,3	0,032	109,6
16,67	0,11	339,6	0,032	98,90
13,89	0,11	300,7	0,032	87,58
11,11	0,11	259,1	0,032	75,48

Tabla 22. Coeficiente de transferencia de calor freno de tambor flujo sobre cilindro giratorio en invierno

Velocidad (m/s)	Diámetro (m)	\overline{Nu}_D	k (W/m*K)	hc (W/Km ²)
33,33	0,11	512,4	0,033	154,20
27,78	0,11	453,7	0,033	136,50
25,00	0,11	423,0	0,033	127,30
22,22	0,11	391,0	0,033	117,60
19,44	0,11	357,7	0,033	107,60
16,67	0,11	322,7	0,033	97,11
13,89	0,11	285,8	0,033	86,00
11,11	0,11	246,3	0,033	74,11

Tabla 23. Coeficiente de transferencia de calor freno de tambor flujo sobre cilindro giratorio en verano

Velocidad (m/s)	Diámetro (m)	\overline{Nu}_D	k (W/m*K)	hc (W/Km ²)
33,33	0,11	525,0	0,033	155,50
27,78	0,11	464,9	0,033	137,70
25,00	0,11	433,4	0,033	128,40
22,22	0,11	400,6	0,033	118,70
19,44	0,11	366,5	0,033	108,60
16,67	0,11	330,7	0,033	97,97
13,89	0,11	292,0	0,033	86,76
11,11	0,11	252,4	0,033	74,77

Tabla 24. Coeficiente de transferencia de calor freno de tambor flujo sobre cilindro giratorio en primavera/otoño

9.2.2.4 Potencia calorífica disipada por el freno de tambor

Con todas las variables halladas, se procederá al cálculo de la potencia calorífica disipada por el freno de tambor en el caso de flujo sobre cilindro giratorio, para ello se empleará la Ecuación 9.

Velocidad (m/s)	Área (m ²)	hc (W/Km ²)	Q̇ (W)
33,333	0,036	157,00	1213,42
27,778	0,036	139,10	1075,07
25,000	0,036	129,60	1001,65
22,222	0,036	119,80	925,91
19,444	0,036	109,60	847,08
16,667	0,036	98,90	764,38
13,889	0,036	87,58	676,89
11,111	0,036	75,48	583,37

Tabla 25. Potencia calorífica disipada por el freno de tambor flujo sobre cilindro giratorio en invierno

Velocidad (m/s)	Área (m ²)	hc (W/Km ²)	Q̇ (W)
33,33	0,036	154,20	995,95
27,78	0,036	136,50	881,63
25,00	0,036	127,30	822,21
22,22	0,036	117,60	759,55
19,44	0,036	107,60	694,97
16,67	0,036	97,11	627,21
13,89	0,036	86,00	555,46
11,11	0,036	74,11	478,66

Tabla 26. Potencia calorífica disipada por el freno de tambor flujo sobre cilindro giratorio en verano

Velocidad (m/s)	Área (m ²)	hc (W/Km ²)	\dot{Q} (W)
33,33	0,036	155,50	1100,26
27,78	0,036	137,70	974,32
25,00	0,036	128,40	908,51
22,22	0,036	118,70	839,88
19,44	0,036	108,60	768,42
16,67	0,036	97,97	693,20
13,89	0,036	86,76	613,88
11,11	0,036	74,77	529,05

Tabla 27. Potencia calorífica disipada por el freno de tambor flujo sobre cilindro giratorio en primavera/otoño

9.2.3 POTENCIA TOTAL DISIPADA POR EL FRENO DE TAMBOR

Con todos los cálculos realizados de la potencia disipada por el freno de tambor en los distintos casos de flujo que se tendrán, se mostrará a continuación una tabla por cada estación que recogerá conjuntamente ambas potencias, así como la total del freno.

Velocidad (m/s)	\dot{Q}_{trans} (W)	\dot{Q}_{girat} (W)	\dot{Q}_T (W)
33,33	742,43	1213,42	1955,85
27,78	652,77	1075,07	1727,85
25,00	606,40	1001,65	1608,05
22,22	558,95	925,91	1484,85
19,44	510,18	847,08	1357,25
16,67	459,86	764,38	1224,24
13,89	407,23	676,89	1084,12
11,11	351,81	583,37	935,18

Tabla 28. Potencia disipada total por el freno de tambor en invierno

Velocidad (m/s)	\dot{Q}_{trans} (W)	\dot{Q}_{girat} (W)	\dot{Q}_T (W)
33,33	607,19	995,95	1603,14
27,78	534,27	881,63	1415,90
25,00	496,62	822,21	1318,82
22,22	457,99	759,55	1217,55
19,44	418,21	694,97	1113,17
16,67	377,26	627,21	1004,47
13,89	334,37	555,46	889,83
11,11	289,16	478,66	767,82

Tabla 29. Potencia disipada total por el freno de tambor en verano

Velocidad (m/s)	\dot{Q}_{trans} (W)	\dot{Q}_{girat} (W)	\dot{Q}_T (W)
33,33	672,05	1100,26	1772,31
27,78	591,17	974,32	1565,49
25,00	549,35	908,51	1457,87
22,22	506,48	839,88	1346,36
19,44	462,39	768,42	1230,81
16,67	416,97	693,20	1110,17
13,89	369,42	613,88	983,30
11,11	319,32	529,05	848,37

Tabla 30. Potencia disipada total por el freno tambor en primavera/otoño

9.3 RESULTADOS FRENO DE DISCO DELANTERO

9.3.1 FLUJO TRANSVERSAL A UNA PLACA PLANA

9.3.1.1 Número de Reynolds

Como primer paso de esta sección se deberá hallar el número de Reynolds dependiente de la estación en la que se encuentre el vehículo, así como de la velocidad a la que circule. Para poder hallarlo se ha de emplear la Ecuación 10.

Velocidad (m/s)	Longitud (m)	Viscosidad cinemática (m ² /s)	Re_L
33,33	0,185	4,70E-05	1,31E+05
27,78	0,185	4,70E-05	1,09E+05
25,00	0,185	4,70E-05	9,84E+04
22,22	0,185	4,70E-05	8,74E+04
19,44	0,185	4,70E-05	7,65E+04
16,67	0,185	4,70E-05	6,56E+04
13,89	0,185	4,70E-05	5,47E+04
11,11	0,185	4,70E-05	4,37E+04

Tabla 31. Número de Reynolds freno de disco delantero flujo sobre placa plana en invierno

Velocidad (m/s)	Longitud (m)	Viscosidad cinemática (m ² /s)	Re_L
33,33	0,185	4,94E-05	1,25E+05
27,78	0,185	4,94E-05	1,04E+05
25,00	0,185	4,94E-05	9,36E+04
22,22	0,185	4,94E-05	8,32E+04
19,44	0,185	4,94E-05	7,28E+04
16,67	0,185	4,94E-05	6,24E+04
13,89	0,185	4,94E-05	5,20E+04
11,11	0,185	4,94E-05	4,16E+04

Tabla 32. Número de Reynolds freno de disco delantero flujo sobre placa plana en verano

Velocidad (m/s)	Longitud (m)	Viscosidad cinemática (m ² /s)	Re_L
33,33	0,185	4,82E-05	1,28E+05
27,78	0,185	4,82E-05	1,07E+05
25,00	0,185	4,82E-05	9,59E+04
22,22	0,185	4,82E-05	8,52E+04
19,44	0,185	4,82E-05	7,46E+04
16,67	0,185	4,82E-05	6,39E+04
13,89	0,185	4,82E-05	5,33E+04
11,11	0,185	4,82E-05	4,26E+04

Tabla 33. Número de Reynolds freno de disco delantero flujo sobre placa plana en primavera/otoño

9.3.1.2 Número de Nusselt

Tras obtener todos los valores del número de Reynolds se procederá a hacer lo mismo con el número de Nusselt, para ello se comprobará primero que estos primero se encuentran dentro del intervalo establecido en la Ecuación 11, y como es así se podrá proceder al empleo de esta.

Velocidad (m/s)	Re_L	Pr	\overline{Nu}_L
33,33	1,31E+05	0,69	212,5
27,78	1,09E+05	0,69	194
25,00	9,84E+04	0,69	184
22,22	8,74E+04	0,69	173,5
19,44	7,65E+04	0,69	162,3
16,67	6,56E+04	0,69	150,3
13,89	5,47E+04	0,69	137,2
11,11	1,31E+05	0,69	122,7

Tabla 34. Número de Nusselt freno de disco delantero flujo sobre placa plana en invierno

Velocidad (m/s)	Re_L	Pr	\overline{Nu}_L
33,33	1,25E+05	0,69	207,3
27,78	1,04E+05	0,69	189,3
25,00	9,36E+04	0,69	179,5
22,22	8,32E+04	0,69	169,3
19,44	7,28E+04	0,69	158,3
16,67	6,24E+04	0,69	146,6
13,89	5,20E+04	0,69	133,8
11,11	4,16E+04	0,69	119,7

Tabla 35. Número de Nusselt freno de disco delantero flujo sobre placa plana en verano

Velocidad (m/s)	Re_L	Pr	\overline{Nu}_L
33,33	1,28E+05	0,69	209,8
27,78	1,07E+05	0,69	191,5
25,00	9,59E+04	0,69	181,7
22,22	8,52E+04	0,69	171,3
19,44	7,46E+04	0,69	160,2
16,67	6,39E+04	0,69	148,4
13,89	5,33E+04	0,69	135,4
11,11	4,26E+04	0,69	121,1

Tabla 36. Número de Nusselt freno de disco delantero flujo sobre placa plana en primavera/otoño

9.3.1.3 Coeficiente de transferencia de calor

Con ambas variables obtenidas, se accederá a la Ecuación 12 con la cual se obtendrá el valor del coeficiente de transferencia de calor correspondiente al freno de disco delantero para el caso de flujo sobre placa plana.

Velocidad (m/s)	Longitud (m)	\overline{Nu}_L	k (W/m*K)	hc (W/Km ²)
33,33	0,185	212,5	0,043	49,61
27,78	0,185	194	0,043	45,29
25,00	0,185	184	0,043	42,96
22,22	0,185	173,5	0,043	40,50
19,44	0,185	162,3	0,043	37,88
16,67	0,185	150,3	0,043	35,08
13,89	0,185	137,2	0,043	32,02
11,11	0,185	122,7	0,043	28,64

Tabla 37. Coeficiente de transferencia de freno de disco delantero flujo sobre placa plana en invierno

Velocidad (m/s)	Longitud (m)	\overline{Nu}_L	k (W/m*K)	hc (W/Km ²)
33,33	0,185	207,3	0,044	49,55
27,78	0,185	189,3	0,044	45,24
25,00	0,185	179,5	0,044	42,91
22,22	0,185	169,3	0,044	40,46
19,44	0,185	158,3	0,044	37,84
16,67	0,185	146,6	0,044	35,04
13,89	0,185	133,8	0,044	31,99
11,11	0,185	119,7	0,044	28,61

Tabla 38. Coeficiente de transferencia de freno de disco delantero flujo sobre placa plana en verano

Velocidad (m/s)	Longitud (m)	\overline{Nu}_L	k (W/m*K)	hc (W/Km ²)
33,33	0,185	209,8	0,044	49,57
27,78	0,185	191,5	0,044	45,26
25,00	0,185	181,7	0,044	42,93
22,22	0,185	171,3	0,044	40,48
19,44	0,185	160,2	0,044	37,86
16,67	0,185	148,4	0,044	35,06
13,89	0,185	135,4	0,044	32,00
11,11	0,185	121,1	0,044	28,62

Tabla 39. Coeficiente de transferencia de freno de disco delantero flujo sobre placa plana en primavera/otoño

9.3.1.4 Potencia calorífica disipada por el freno de disco

Finalmente, con todas las variables necesarias obtenidas de haber aplicado las anteriores ecuaciones, se podrá realizar el cálculo de la potencia calorífica por el freno de disco delantero, para ello se empleará la Ecuación 16.

Velocidad (m/s)	Área (m ²)	hc (W/Km ²)	Q̇ (W)
33,33	0,068	49,61	2025,39
27,78	0,068	45,29	1849,02
25,00	0,068	42,96	1753,90
22,22	0,068	40,50	1653,46
19,44	0,068	37,88	1546,50
16,67	0,068	35,08	1432,19
13,89	0,068	32,02	1307,26
11,11	0,068	28,64	1169,26

Tabla 40. Potencia calorífica disipada por el freno de disco delantero flujo sobre placa plana en invierno

Velocidad (m/s)	Área (m ²)	hc (W/Km ²)	Q̇ (W)
33,33	0,068	49,55	1904,34
27,78	0,068	45,24	1738,70
25,00	0,068	42,91	1649,15
22,22	0,068	40,46	1554,99
19,44	0,068	37,84	1454,30
16,67	0,068	35,04	1346,68
13,89	0,068	31,99	1229,46
11,11	0,068	49,55	1099,56

Tabla 41. Potencia calorífica disipada por el freno de disco delantero flujo sobre placa plana en verano

Velocidad (m/s)	Área (m ²)	hc (W/Km ²)	Q̇ (W)
33,33	0,068	49,57	1962,74
27,78	0,068	45,26	1792,09
25,00	0,068	42,93	1699,83
22,22	0,068	40,48	1602,82
19,44	0,068	37,86	1499,08
16,67	0,068	35,06	1388,21
13,89	0,068	32,00	1267,05
11,11	0,068	28,62	1133,22

Tabla 42. Potencia calorífica disipada por el freno de disco delantero flujo sobre placa plana en primavera/otoño

9.3.2 FLUJO SOBRE DISCO GIRATORIO

9.3.2.1 Número de Reynolds

Para poder hallar la potencia calorífica disipada, se deberá hallar en primero lugar el número de Reynolds, para ello se empleará la Ecuación 13.

Velocidad (m/s)	Radio (m)	Omega (rad/s)	Viscosidad cinemática (m ² /s)	Re_r
33,33	0,092	364,30	4,70E-05	6,49E+04
27,78	0,092	303,58	4,70E-05	5,41E+04
25,00	0,092	273,22	4,70E-05	4,97E+04
22,22	0,092	242,87	4,70E-05	4,33E+04
19,44	0,092	212,51	4,70E-05	3,78E+04
16,67	0,092	182,15	4,70E-05	3,24E+04
13,89	0,092	151,79	4,70E-05	2,70E+04
11,11	0,092	121,43	4,70E-05	2,16E+04

Tabla 43. Número de Reynolds freno de disco delantero flujo sobre disco giratorio en invierno

Velocidad (m/s)	Radio (m)	Omega (rad/s)	Viscosidad cinemática (m ² /s)	Re_r
33,33	0,092	364,30	4,94E-05	6,17E+04
27,78	0,092	303,58	4,94E-05	5,15E+04
25,00	0,092	273,22	4,94E-05	4,63E+04
22,22	0,092	242,87	4,94E-05	4,12E+04
19,44	0,092	212,51	4,94E-05	3,60E+04
16,67	0,092	182,15	4,94E-05	3,09E+04
13,89	0,092	151,79	4,94E-05	2,57E+04
11,11	0,092	121,43	4,94E-05	2,06E+04

Tabla 44. Número de Reynolds freno de disco delantero flujo sobre disco giratorio en verano

Velocidad (m/s)	Radio (m)	Omega (rad/s)	Viscosidad cinemática (m ² /s)	Re_r
33,33	0,092	364,30	4,82E-05	6,32E+04
27,78	0,092	303,58	4,82E-05	5,27E+04
25,00	0,092	273,22	4,82E-05	4,74E+04
22,22	0,092	242,87	4,82E-05	4,22E+04
19,44	0,092	212,51	4,82E-05	3,69E+04
16,67	0,092	182,15	4,82E-05	3,16E+04
13,89	0,092	151,79	4,82E-05	2,63E+04
11,11	0,092	121,43	4,82E-05	2,11E+04

Tabla 45. Número de Reynolds freno de disco delantero flujo sobre disco giratorio en primavera/otoño

9.3.2.2 Número de Nusselt

Una vez hallados los valores del número de Reynolds correspondientes para cada tipo de estación y velocidad, se podrá proceder al cálculo del número de Nusselt, para lo cual será necesario recurrir a la Ecuación 14.

Velocidad (m/s)	Re_r	Pr	\overline{Nu}_r
33,33	6,49E+04	0,69	76,62
27,78	5,41E+04	0,69	69,95
25,00	4,97E+04	0,69	66,36
22,22	4,33E+04	0,69	62,57
19,44	3,78E+04	0,69	58,52
16,67	3,24E+04	0,69	54,18
13,89	2,70E+04	0,69	49,46
11,11	2,16E+04	0,69	44,23

Tabla 46. Número de Nusselt freno de disco delantero flujo sobre disco giratorio en invierno

Velocidad (m/s)	Re_r	Pr	\overline{Nu}_r
33,33	6,17E+04	0,69	74,75
27,78	5,15E+04	0,69	68,24
25,00	4,63E+04	0,69	64,73
22,22	4,12E+04	0,69	61,04
19,44	3,60E+04	0,69	57,09
16,67	3,09E+04	0,69	52,86
13,89	2,57E+04	0,69	48,25
11,11	2,06E+04	0,69	43,15

Tabla 47. Número de Nusselt freno de disco delantero flujo sobre disco giratorio en verano

Velocidad (m/s)	Re_r	Pr	\overline{Nu}_r
33,33	6,32E+04	0,69	75,64
27,78	5,27E+04	0,69	69,06
25,00	4,74E+04	0,69	65,51
22,22	4,22E+04	0,69	61,77
19,44	3,69E+04	0,69	57,77
16,67	3,16E+04	0,69	53,50
13,89	2,63E+04	0,69	48,83
11,11	2,11E+04	0,69	43,67

Tabla 48. Número de Nusselt freno de disco delantero flujo sobre disco giratorio en primavera/otoño

9.3.2.3 Coeficiente de transferencia de calor

Tras haber realizado el cálculo del número de Nusselt procedente de la Ecuación 14, se podrá emplear la Ecuación 15, la cual relaciona el coeficiente de transferencia de calor con el número de Nusselt.

Velocidad (m/s)	Radio (m)	\overline{Nu}_r	k (W/m*K)	hc (W/Km ²)
33,33	0,092	76,62	0,043	36,17
27,78	0,092	69,95	0,043	33,02
25,00	0,092	66,36	0,043	31,32
22,22	0,092	62,57	0,043	29,53
19,44	0,092	58,52	0,043	27,62
16,67	0,092	54,18	0,043	25,57
13,89	0,092	49,46	0,043	23,35
11,11	0,092	44,23	0,043	20,88

Tabla 49. Coeficiente de transferencia de freno de disco delantero flujo sobre disco giratorio en invierno

Velocidad (m/s)	Radio (m)	\overline{Nu}_r	k (W/m*K)	hc (W/Km ²)
33,33	0,092	74,75	0,044	36,13
27,78	0,092	68,24	0,044	32,98
25,00	0,092	64,73	0,044	31,28
22,22	0,092	61,04	0,044	29,50
19,44	0,092	57,09	0,044	27,59
16,67	0,092	52,86	0,044	25,55
13,89	0,092	48,25	0,044	23,32
11,11	0,092	43,15	0,044	20,85

Tabla 50. Coeficiente de transferencia de freno de disco delantero flujo sobre disco giratorio en verano

Velocidad (m/s)	Radio (m)	\overline{Nu}_r	k (W/m*K)	hc (W/Km ²)
33,33	0,092	75,64	0,044	36,14
27,78	0,092	69,06	0,044	32,99
25,00	0,092	65,51	0,044	31,30
22,22	0,092	61,77	0,044	29,51
19,44	0,092	57,77	0,044	27,60
16,67	0,092	53,50	0,044	25,56
13,89	0,092	48,83	0,044	23,33
11,11	0,092	43,67	0,044	20,86

Tabla 51. Coeficiente de transferencia de freno de disco delantero flujo sobre disco giratorio en primavera/otoño

9.3.2.4 Potencia calorífica disipada por el freno de disco

Por último, con los valores obtenidos de todas las variables necesarias para el cálculo de la potencia calorífica por el freno de disco delantero, se procederá a realizar su obtención, para lo cual se empleará la Ecuación 16.

Velocidad (m/s)	Área (m ²)	hc (W/Km ²)	\dot{Q} (W)
33,33	0,068	36,17	1476,69
27,78	0,068	33,02	1348,08
25,00	0,068	31,32	1278,68
22,22	0,068	29,53	1205,60
19,44	0,068	27,62	1127,62
16,67	0,068	25,57	1043,93
13,89	0,068	23,35	953,29
11,11	0,068	20,88	852,45

Tabla 52. Potencia calorífica disipada por el freno de disco delantero flujo sobre disco giratorio en invierno

Velocidad (m/s)	Área (m ²)	hc (W/Km ²)	\dot{Q} (W)
33,33	0,068	36,13	1388,58
27,78	0,068	32,98	1267,51
25,00	0,068	31,28	1202,18
22,22	0,068	29,50	1133,77
19,44	0,068	27,59	1060,36
16,67	0,068	25,55	981,96
13,89	0,068	23,32	896,25
11,11	0,068	20,85	801,32

Tabla 53. Potencia calorífica disipada por el freno de disco delantero flujo sobre disco giratorio en verano

Velocidad (m/s)	Área (m ²)	hc (W/Km ²)	\dot{Q} (W)
33,33	0,068	36,14	1430,98
27,78	0,068	32,99	1306,25
25,00	0,068	31,30	1239,33
22,22	0,068	29,51	1168,46
19,44	0,068	27,60	1092,83
16,67	0,068	25,56	1012,06
13,89	0,068	23,33	923,76
11,11	0,068	20,86	825,96

Tabla 54. Potencia calorífica disipada por el freno de disco delantero flujo sobre disco giratorio en primavera/otoño

9.3.3 POTENCIA TOTAL DISIPADA POR EL FRENO DE DISCO DELANTERO

Finalmente, tras haber realizado todos los cálculos anteriores y con ambas potencias disipadas, se confeccionará una tabla por cada estación para poder hallar la potencia disipada total y mostrar conjuntamente los resultados obtenidos.

Velocidad (m/s)	\dot{Q}_{placa} (W)	\dot{Q}_{disco} (W)	\dot{Q}_T (W)
33,33	2025,39	1476,69	3502,08
27,78	1849,02	1348,08	3197,11
25,00	1753,90	1278,68	3032,58
22,22	1653,46	1205,60	2859,06
19,44	1546,50	1127,62	2674,12
16,67	1432,19	1043,93	2476,11
13,89	1307,26	953,29	2260,55
11,11	1169,26	852,45	2021,72

Tabla 55. Potencia disipada total por el freno de disco delantero en invierno

Velocidad (m/s)	\dot{Q}_{placa} (W)	\dot{Q}_{disco} (W)	\dot{Q}_T (W)
33,33	1904,34	1388,58	3292,92
27,78	1738,70	1267,51	3006,21
25,00	1649,15	1202,18	2851,33
22,22	1554,99	1133,77	2688,76
19,44	1454,30	1060,36	2514,66
16,67	1346,68	981,96	2328,64
13,89	1229,46	896,25	2125,72
11,11	1099,56	801,32	1900,88

Tabla 56. Potencia disipada total por el freno de disco delantero en verano

Velocidad (m/s)	\dot{Q}_{placa} (W)	\dot{Q}_{disco} (W)	\dot{Q}_T (W)
33,33	1962,74	1430,98	3393,72
27,78	1792,08	1306,25	3098,33
25,00	1699,83	1239,33	2939,16
22,22	1602,82	1168,46	2771,28
19,44	1499,08	1092,83	2591,91
16,67	1388,21	1012,06	2400,27
13,89	1267,05	923,76	2190,81
11,11	1133,22	825,96	1959,18

Tabla 57. Potencia disipada total por el freno de disco delantero en primavera/otoño

9.4 RESULTADOS FRENO DE DISCO TRASERO

9.4.1 FLUJO TRANSVERSAL A UNA PLACA PLANA

9.4.1.1 Número de Reynolds

Para la resolución de este apartado, se empleará la ecuación del número de Reynolds vista en la sección 8.2.1 de la memoria, es decir la Ecuación 10.

Velocidad (m/s)	Longitud (m)	Viscosidad cinemática (m ² /s)	Re_L
33,33	0,152	4,70E-05	1,08E+05
27,78	0,152	4,70E-05	8,98E+04
25,00	0,152	4,70E-05	8,08E+04
22,22	0,152	4,70E-05	7,18E+04
19,44	0,152	4,70E-05	6,29E+04
16,67	0,152	4,70E-05	5,39E+04
13,89	0,152	4,70E-05	4,49E+04
11,11	0,152	4,70E-05	3,59E+04

Tabla 58. Número de Reynolds freno de disco trasero flujo sobre placa plana en invierno

Velocidad (m/s)	Longitud (m)	Viscosidad cinemática (m ² /s)	Re_L
33,33	0,152	4,94E-05	1,03E+05
27,78	0,152	4,94E-05	8,55E+04
25,00	0,152	4,94E-05	7,69E+04
22,22	0,152	4,94E-05	6,84E+04
19,44	0,152	4,94E-05	5,98E+04
16,67	0,152	4,94E-05	5,13E+04
13,89	0,152	4,94E-05	4,27E+04
11,11	0,152	4,94E-05	3,42E+04

Tabla 59. Número de Reynolds freno de disco trasero flujo sobre placa plana en verano

Velocidad (m/s)	Longitud (m)	Viscosidad cinemática (m ² /s)	Re_L
33,33	0,152	4,82E-05	1,05E+05
27,78	0,152	4,82E-05	8,75E+04
25,00	0,152	4,82E-05	7,88E+04
22,22	0,152	4,82E-05	7,00E+04
19,44	0,152	4,82E-05	6,13E+04
16,67	0,152	4,82E-05	5,25E+04
13,89	0,152	4,82E-05	4,38E+04
11,11	0,152	4,82E-05	3,50E+04

Tabla 60. Número de Reynolds freno de disco trasero flujo sobre placa plana en primavera/otoño

9.4.1.2 Número de Nusselt

Una vez hallados los valores del número de Reynolds, se comprobará que ninguno de estos, se encuentre fuera del intervalo mostrado en la Ecuación 11, lo cual se confirma por ello se empleará dicha ecuación para hallar el número de Nusselt.

Velocidad (m/s)	Re_L	Pr	\overline{Nu}_L
33,33	1,08E+05	0,69	192,6
27,78	8,98E+04	0,69	175,8
25,00	8,08E+04	0,69	166,8
22,22	7,18E+04	0,69	157,3
19,44	6,29E+04	0,69	147,1
16,67	5,39E+04	0,69	136,2
13,89	4,49E+04	0,69	124,3
11,11	3,59E+04	0,69	111,2

Tabla 61. Número de Nusselt freno de disco trasero flujo sobre placa plana en invierno

Velocidad (m/s)	Re_L	Pr	\overline{Nu}_L
33,33	1,03E+05	0,69	187,9
27,78	8,55E+04	0,69	171,5
25,00	7,69E+04	0,69	162,7
22,22	6,84E+04	0,69	153,4
19,44	5,98E+04	0,69	143,5
16,67	5,13E+04	0,69	132,9
13,89	4,27E+04	0,69	121,3
11,11	3,42E+04	0,69	108,5

Tabla 62. Número de Nusselt freno de disco trasero flujo sobre placa plana en verano

Velocidad (m/s)	Re_L	Pr	\overline{Nu}_L
33,33	1,05E+05	0,69	190,2
27,78	8,75E+04	0,69	173,6
25,00	7,88E+04	0,69	164,7
22,22	7,00E+04	0,69	155,3
19,44	6,13E+04	0,69	145,2
16,67	5,25E+04	0,69	134,5
13,89	4,38E+04	0,69	122,8
11,11	3,50E+04	0,69	109,8

Tabla 63. Número de Nusselt freno de disco trasero flujo sobre placa plana en primavera/otoño

9.4.1.3 Coeficiente de transferencia de calor

Tras la obtención del número de Nusselt con la aplicación de la Ecuación 11, se procederá posteriormente al cálculo del coeficiente de transferencia de calor empleando la Ecuación 12.

Velocidad (m/s)	Longitud (m)	\overline{Nu}_L	k (W/m*K)	hc (W/Km ²)
33,33	0,152	192,6	0,043	54,73
27,78	0,152	175,8	0,043	49,96
25,00	0,152	166,8	0,043	47,40
22,22	0,152	157,3	0,043	44,68
19,44	0,152	147,1	0,043	41,80
16,67	0,152	136,2	0,043	38,70
13,89	0,152	124,3	0,043	35,33
11,11	0,152	111,2	0,043	31,60

Tabla 64. Coeficiente de transferencia de freno de disco trasero flujo sobre placa plana en invierno.

Velocidad (m/s)	Longitud (m)	\overline{Nu}_L	k (W/m*K)	hc (W/Km ²)
33,33	0,152	187,9	0,044	54,67
27,78	0,152	171,5	0,044	49,91
25,00	0,152	162,7	0,044	47,34
22,22	0,152	153,4	0,044	44,63
19,44	0,152	143,5	0,044	41,75
16,67	0,152	132,9	0,044	38,66
13,89	0,152	121,3	0,044	35,29
11,11	0,152	108,5	0,044	31,56

Tabla 65. Coeficiente de transferencia de freno de disco trasero flujo sobre placa plana en verano

Velocidad (m/s)	Longitud (m)	\overline{Nu}_L	k (W/m*K)	hc (W/Km ²)
33,33	0,152	190,2	0,044	54,69
27,78	0,152	173,6	0,044	49,93
25,00	0,152	164,7	0,044	47,37
22,22	0,152	155,3	0,044	44,65
19,44	0,152	145,2	0,044	41,77
16,67	0,152	134,5	0,044	38,68
13,89	0,152	122,8	0,044	35,31
11,11	0,152	109,8	0,044	31,58

Tabla 66. Coeficiente de transferencia de freno de disco trasero flujo sobre placa plana en primavera/otoño

9.4.1.4 Potencia calorífica disipada por el freno de disco

Finalmente, tras la obtención de todas las variables necesarias, se procederá al cálculo de la potencia calorífica por el freno de disco delantero, para ello se empleará la Ecuación 16.

Velocidad (m/s)	Área (m ²)	hc (W/Km ²)	\dot{Q} (W)
33,33	0,046	54,73	1501,22
27,78	0,046	49,96	1370,38
25,00	0,046	47,4	1300,16
22,22	0,046	44,68	1225,56
19,44	0,046	41,8	1146,56
16,67	0,046	38,7	1061,53
13,89	0,046	35,33	969,09
11,11	0,046	31,6	866,78

Tabla 67. Potencia calorífica disipada por el freno de disco trasero flujo sobre placa plana en invierno

Velocidad (m/s)	Área (m ²)	hc (W/Km ²)	\dot{Q} (W)
33,33	0,046	54,67	1411,66
27,78	0,046	49,91	1288,75
25,00	0,046	47,34	1222,39
22,22	0,046	44,63	1152,42
19,44	0,046	41,75	1078,05
16,67	0,046	38,66	998,26
13,89	0,046	35,29	911,24
11,11	0,046	31,56	814,93

Tabla 68. Potencia calorífica disipada por el freno de disco trasero flujo sobre placa plana en verano

Velocidad (m/s)	Área (m ²)	hc (W/Km ²)	Q̇ (W)
33,33	0,046	54,69	1454,90
27,78	0,046	49,93	1328,27
25,00	0,046	47,37	1260,17
22,22	0,046	44,65	1187,81
19,44	0,046	41,77	1111,19
16,67	0,046	38,68	1028,99
13,89	0,046	35,31	939,34
11,11	0,046	31,58	840,11

Tabla 69. Potencia calorífica disipada por el freno de disco trasero flujo sobre placa plana en primavera/otoño

9.4.2 FLUJO SOBRE DISCO GIRATORIO

9.4.2.1 Número de Reynolds

Como primer paso para hallar la potencia calorífica disipada, se deberá hallar el número de Reynolds para lo cual se empleará la Ecuación 13.

Velocidad (m/s)	Radio (m)	Omega (rad/s)	Viscosidad cinemática (m ² /s)	Re _r
33,33	0,075	444,44	4,70E-05	5,32E+04
27,78	0,075	370,37	4,70E-05	4,43E+04
25,00	0,075	333,33	4,70E-05	3,99E+04
22,22	0,075	296,30	4,70E-05	3,55E+04
19,44	0,075	259,26	4,70E-05	3,10E+04
16,67	0,075	222,22	4,70E-05	2,66E+04
13,89	0,075	185,19	4,70E-05	2,22E+04
11,11	0,075	148,15	4,70E-05	1,77E+04

Tabla 70. Número de Reynolds freno de disco trasero flujo sobre disco giratorio en invierno

Velocidad (m/s)	Radio (m)	Omega (rad/s)	Viscosidad cinemática (m ² /s)	Re_r
33,33	0,075	444,44	4,94E-05	5,06E+04
27,78	0,075	370,37	4,94E-05	4,22E+04
25,00	0,075	333,33	4,94E-05	3,80E+04
22,22	0,075	296,30	4,94E-05	3,37E+04
19,44	0,075	259,26	4,94E-05	2,95E+04
16,67	0,075	222,22	4,94E-05	2,53E+04
13,89	0,075	185,19	4,94E-05	2,11E+04
11,11	0,075	148,15	4,94E-05	1,69E+04

Tabla 71. Número de Reynolds freno de disco trasero flujo sobre disco giratorio en verano

Velocidad (m/s)	Radio (m)	Omega (rad/s)	Viscosidad cinemática (m ² /s)	Re_r
33,33	0,075	444,44	4,82E-05	5,18E+04
27,78	0,075	370,37	4,82E-05	4,32E+04
25,00	0,075	333,33	4,82E-05	3,89E+04
22,22	0,075	296,30	4,82E-05	3,46E+04
19,44	0,075	259,26	4,82E-05	3,02E+04
16,67	0,075	222,22	4,82E-05	2,59E+04
13,89	0,075	185,19	4,82E-05	2,16E+04
11,11	0,075	148,15	4,82E-05	1,73E+04

Tabla 72. Número de Reynolds freno de disco trasero flujo sobre disco giratorio en primavera/otoño

9.4.2.2 Número de Nusselt

Con los valores obtenidos del número de Reynolds para cada velocidad y estación del año se procederá al cálculo del número de Nusselt, para lo cual se requerirá el empleo de la Ecuación 14.

Velocidad (m/s)	Re_r	Pr	\overline{Nu}_r
33,33	5,32E+04	0,69	69,37
27,78	4,43E+04	0,69	63,33
25,00	3,99E+04	0,69	60,08
22,22	3,55E+04	0,69	56,64
19,44	3,10E+04	0,69	52,99
16,67	2,66E+04	0,69	49,05
13,89	2,22E+04	0,69	44,78
11,11	1,77E+04	0,69	40,06

Tabla 73. Número de Nusselt freno de disco trasero flujo sobre disco giratorio en invierno

Velocidad (m/s)	Re_r	Pr	\overline{Nu}_r
33,33	5,06E+04	0,69	67,67
27,78	4,22E+04	0,69	61,78
25,00	3,80E+04	0,69	58,60
22,22	3,37E+04	0,69	55,26
19,44	2,95E+04	0,69	51,69
16,67	2,53E+04	0,69	47,85
13,89	2,11E+04	0,69	43,68
11,11	1,69E+04	0,69	39,08

Tabla 74. Número de Nusselt freno de disco trasero flujo sobre disco giratorio en verano

Velocidad (m/s)	Re_r	Pr	\overline{Nu}_r
33,33	5,18E+04	0,69	68,48
27,78	4,32E+04	0,69	62,52
25,00	3,89E+04	0,69	59,31
22,22	3,46E+04	0,69	55,92
19,44	3,02E+04	0,69	52,31
16,67	2,59E+04	0,69	48,42
13,89	2,16E+04	0,69	44,21
11,11	1,73E+04	0,69	39,55

Tabla 75. Número de Nusselt freno de disco trasero flujo sobre disco giratorio en primavera/otoño

9.4.2.3 Coeficiente de transferencia de calor

Con los valores del número de Nusselt correspondiente a cada estación del año, tras la aplicación de la Ecuación 14, se podrá emplear la relación del número de Nusselt para hallar el coeficiente de transferencia de calor, para lo cual se empleará la Ecuación 15.

Velocidad (m/s)	Radio (m)	\overline{Nu}_r	k (W/m*K)	$hc (W/Km^2)$
33,33	0,075	69,37	0,043	39,94
27,78	0,075	63,33	0,043	36,47
25,00	0,075	60,08	0,043	34,59
22,22	0,075	56,64	0,043	32,62
19,44	0,075	52,99	0,043	30,51
16,67	0,075	49,05	0,043	28,24
13,89	0,075	44,78	0,043	25,79
11,11	0,075	40,06	0,043	23,07

Tabla 76. Coeficiente de transferencia de freno de disco trasero flujo sobre disco giratorio en invierno

Velocidad (m/s)	Radio (m)	\overline{Nu}_r	k (W/m*K)	hc (W/Km ²)
33,33	0,075	67,67	0,044	39,90
27,78	0,075	61,78	0,044	36,43
25,00	0,075	58,60	0,044	34,55
22,22	0,075	55,26	0,044	32,58
19,44	0,075	51,69	0,044	30,48
16,67	0,075	47,85	0,044	28,21
13,89	0,075	43,68	0,044	25,76
11,11	0,075	39,08	0,044	23,04

Tabla 77. Coeficiente de transferencia de freno de disco trasero flujo sobre disco giratorio en verano

Velocidad (m/s)	Radio (m)	\overline{Nu}_r	k (W/m*K)	hc (W/Km ²)
33,33	0,075	68,48	0,044	39,92
27,78	0,075	62,52	0,044	36,44
25,00	0,075	59,31	0,044	34,57
22,22	0,075	55,92	0,044	32,59
19,44	0,075	52,31	0,044	30,49
16,67	0,075	48,42	0,044	28,23
13,89	0,075	44,21	0,044	25,77
11,11	0,075	39,55	0,044	23,05

Tabla 78. Coeficiente de transferencia de freno de disco trasero flujo sobre disco giratorio en primavera/otoño

9.4.2.4 Potencia calorífica disipada por el freno de disco

Finalmente, tras la obtención de todas las variables necesarias, se procederá al cálculo de la potencia calorífica por el freno de disco delantero, para ello se empleará la Ecuación 16.

Velocidad (m/s)	Área (m ²)	hc (W/Km ²)	\dot{Q} (W)
33,33	0,046	39,94	1095,54
27,78	0,046	36,47	1000,36
25,00	0,046	34,59	948,79
22,22	0,046	32,62	894,75
19,44	0,046	30,51	836,88
16,67	0,046	28,24	774,61
13,89	0,046	25,79	707,41
11,11	0,046	23,07	632,80

Tabla 79. Potencia calorífica disipada por el freno de disco trasero flujo sobre disco giratorio en invierno

Velocidad (m/s)	Área (m ²)	hc (W/Km ²)	Q̇ (W)
33,33	0,046	39,90	1030,28
27,78	0,046	36,43	940,68
25,00	0,046	34,55	892,13
22,22	0,046	32,58	841,27
19,44	0,046	30,48	787,04
16,67	0,046	28,21	728,43
13,89	0,046	25,76	665,16
11,11	0,046	23,04	594,93

Tabla 80. Potencia calorífica disipada por el freno de disco trasero flujo sobre disco giratorio en verano

Velocidad (m/s)	Área (m ²)	hc (W/Km ²)	Q̇ (W)
33,33	0,046	39,92	1061,98
27,78	0,046	36,44	969,40
25,00	0,046	34,57	919,65
22,22	0,046	32,59	866,98
19,44	0,046	30,49	811,11
16,67	0,046	28,23	750,99
13,89	0,046	25,77	685,55
11,11	0,046	23,05	613,19

Tabla 81. Potencia calorífica disipada por el freno de disco trasero flujo sobre disco giratorio en primavera/otoño

9.4.3 POTENCIA TOTAL DISIPADA POR EL FRENO DE DISCO TRASERO

Con todos los cálculos de potencia realizados, se elaborará una tabla por cada estación para mostrar conjuntamente los resultados obtenidos para los dos casos de flujo.

Velocidad (m/s)	\dot{Q}_{placa} (W)	\dot{Q}_{disco} (W)	\dot{Q}_T (W)
33,33	1501,22	1095,54	2596,76
27,78	1370,38	1000,36	2370,74
25,00	1300,16	948,79	2248,96
22,22	1225,56	894,75	2120,31
19,44	1146,56	836,88	1983,44
16,67	1061,53	774,61	1836,14
13,89	969,09	707,41	1676,50
11,11	866,78	632,80	1499,58

Tabla 82. Potencia disipada total por el freno de disco trasero en invierno

Velocidad (m/s)	\dot{Q}_{placa} (W)	\dot{Q}_{disco} (W)	\dot{Q}_T (W)
33,33	1411,66	1095,54	2441,94
27,78	1288,75	1000,36	2229,43
25,00	1222,39	948,79	2114,53
22,22	1152,42	894,75	1993,68
19,44	1078,05	836,88	1865,09
16,67	998,26	774,61	1726,69
13,89	911,24	707,41	1576,40
11,11	814,93	632,80	1409,86

Tabla 83. Potencia disipada total por el freno de disco trasero en verano

Velocidad (m/s)	\dot{Q}_{placa} (W)	\dot{Q}_{disco} (W)	\dot{Q}_T (W)
33,33	1454,90	1061,98	2516,87
27,78	1328,27	969,40	2297,67
25,00	1260,17	919,65	2179,82
22,22	1187,81	866,98	2054,79
19,44	1111,19	811,11	1922,30
16,67	1028,99	750,99	1779,98
13,89	939,34	685,55	1624,89
11,11	840,11	613,19	1453,30

Tabla 84. Potencia disipada total por el freno de disco trasero en primavera/otoño

9.5 POTENCIA DISIPADA TOTAL POR CADA TIPO DE FRENO

En este apartado se mostrarán tres nuevas tablas combinando todos los resultados obtenidos anteriormente en cada tipo de freno.

Velocidad (m/s)	\dot{Q}_{tambor} (W)	$\dot{Q}_{disco\ delantero}$ (W)	$\dot{Q}_{disco\ trasero}$ (W)
33,33	1955,85	3502,08	2596,76
27,78	1727,85	3197,11	2370,74
25,00	1608,05	3032,58	2248,96
22,22	1484,85	2859,06	2120,31
19,44	1357,25	2674,12	1983,44
16,67	1224,24	2476,11	1836,14
13,89	1084,12	2260,55	1676,50
11,11	935,18	2021,72	1499,58

Tabla 85. Potencia disipada total en invierno

Velocidad (m/s)	\dot{Q}_{tambor} (W)	$\dot{Q}_{disco\ delantero}$ (W)	$\dot{Q}_{disco\ trasero}$ (W)
33,33	1603,14	3292,92	2441,94
27,78	1415,90	3006,21	2229,43
25,00	1318,82	2851,33	2114,53
22,22	1217,55	2688,76	1993,68
19,44	1113,17	2514,66	1865,09
16,67	1004,47	2328,64	1726,69
13,89	889,83	2125,72	1576,40
11,11	767,82	1900,88	1409,86

Tabla 86. Potencia disipada total en verano

Velocidad (m/s)	\dot{Q}_{tambor} (W)	$\dot{Q}_{disco\ delantero}$ (W)	$\dot{Q}_{disco\ trasero}$ (W)
33,33	1772,31	3393,72	2516,87
27,78	1565,49	3098,33	2297,67
25,00	1457,87	2939,16	2179,82
22,22	1346,36	2771,28	2054,79
19,44	1230,81	2591,91	1922,30
16,67	1110,17	2400,27	1779,98
13,89	983,30	2190,81	1624,89
11,11	848,37	1959,18	1453,30

Tabla 87. Potencia disipada total en primavera/otoño

Capítulo 10. CONCLUSIONES

Esta sección se apoyará en el punto 1.3 de la memoria para una mejor explicación, en la cual se presentaron cuáles eran los objetivos del proyecto. En primer lugar, se planteó la idea inicial de llevar a cabo un caso práctico en el cual poder documentar desde un punto de vista más cercano cuál es proceso actual de matriculación de una motocicleta histórica. Sin embargo, como se comentó anteriormente esto no fue viable debido al alto costo del proceso, a pesar de ello, se ha logrado documentar con todo detalle cuáles son los requisitos necesarios para llevar a cabo el procedimiento, así como los pasos que se han de seguir.

En segundo lugar, se propuso el estudio del rendimiento de los sistemas de frenado antiguos (freno de tambor) en contraposición de los modernos (freno de disco), para lo cual, como se mostró en el capítulo 9, se han obtenido diversos resultados, recalcando que, según lo esperado, los frenos de disco tienen una mayor capacidad para disipar potencia, lo cual lo hace más eficiente que el de tambor. Sin embargo, la diferencia no es tan grande, pues en el caso del freno de disco delantero se trata de dos órdenes de magnitud superiores, teniendo incluso en el freno de disco trasero un valor relativamente cercano al del freno de tambor. Esto confirma el hecho de que en la actualidad la gran mayoría de vehículos empleen en su eje delantero un freno de disco para llevarse la mayor parte de la energía en la frenada, y dejando la restante para el eje trasero con su freno de tambor, menos eficiente pero más económico.

Cabe destacar también la diferencia entre los valores obtenidos en cada estación del año, siendo invierno la estación en la que más potencia disipan los frenos, y esto se debe principalmente al hecho de que en esa época las temperaturas son tan bajas que el vehículo necesita generar una mayor cantidad de energía para poder ser capaz de frenar el vehículo, por lo cual, en verano, al haber temperaturas más elevadas, se obtuvo un valor inferior, debido a que el freno en ese periodo parte de una temperatura ambiente superior. No obstante, si las temperaturas son muy elevadas, el funcionamiento del sistema de frenado podría sobrecalentarse, ofreciendo un peor rendimiento y reduciendo parcialmente la refrigeración de estos.

Finalmente, se lanzó la idea de diseñar una página web que arrojase un poco más de luz a este proceso, mostrando en sí cómo funcionan las empresas encargadas de llevar a cabo este tipo de procesos. Dicho cometido, fue cumplido con diligencia, así como se puede observar en el punto 6 de la memoria, donde se muestra con detalle cuáles son los servicios que se ofrecerán al cliente en el caso de que la idea llegase a consumarse en una empresa de verdad.

Capítulo 11. BIBLIOGRAFÍA

- [1] Wix, «Wix,» 2023. [En línea]. Available: <https://manage.wix.com/dashboard/e069f2e9-e16f-4619-bed8-1915e83a9a5b/setup>.
- [2] Montesa, «Montesa,» 2018. [En línea]. Available: <https://www.montesa.com/es/modelos/cota-4rt-301rr/>.
- [3] TrialWorld, «TrialWorld,» 03 01 2019. [En línea]. Available: <https://trialworld.es/montesa-cota-trial/>.
- [4] G. Lirola, «GestoríaLirola.es,» 2023. [En línea]. Available: <https://gestorialirola.es>.
- [5] A.F.Mills, «Transferencia de Calor,» 1998. [En línea]. Available: https://www.academia.edu/35303305/Transferencia_de_Calor_de_Mills_Español.
- [6] ClassicMadrid, «Classic Madrid 2023,» 2023. [En línea]. Available: <https://salonclassicmadrid.com/galeria-2023/>.
- [7] R.Ruiz, «moto1pro,» 24 09 2020. [En línea]. Available: <https://www.moto1pro.com/reportajes-motos/motos-historicas-matriculacion-legislacion-requisitos-ventajas-e-inconvenientes>.
- [8] RACE, «race.es,» 2024. [En línea]. Available: <https://www.race.es/como-matricular-una-moto>.
- [9] I. C. Triay, «Diseño del sistema de Frenado de un Automóvil,» 17 06 2018. [En línea]. Available: <https://riunet.upv.es/bitstream/handle/10251/106408/COELLO%20-%20Diseño%20del%20sistema%20de%20frenado%20de%20un%20automóvil.%20>

Cálculo%20de%20la%20geometría%2C%20materiales%2C%20ener....pdf?sequenc
e=1&isAllowed=y.

- [10] S. P. L. Harún, «Comportamiento Termomecánico en un disco de freno macizo y uno auto-ventilado,» 2006. [En línea]. Available: <http://cybertesis.uach.cl/tesis/uach/2006/bmfci1729c/doc/bmfci1729c.pdf>.
- [11] Vozpópuli, «La DGT facilitará los trámites para hacer tu coche históricos: 150.000 más podrán serlo,» 30 04 2023. [En línea]. Available: https://www.vozpopuli.com/economia_y_finanzas/dgt-facilitara-tramites-para-hacer-coche-historico-150-000-mas-podran-serlo.html.
- [12] RACE, «race.es,» 08 08 2023. [En línea]. Available: <https://www.race.es/reglamento-vehiculos-historicos>.
- [13] V. Gasteiz, «vitoria-gasteiz.org,» 2024. [En línea]. Available: https://www.vitoria-gasteiz.org/wb021/was/contenidoAction.do?idioma=es&uid=_1cb42d7e_11f7d88d940__7ff4#:~:text=Los%20y%20las%20titulares%20de,cuota%20del%20impuesto%20de%20vehículos..
- [14] FEVA, «feva.es,» 2024. [En línea]. Available: <https://www.feva.es/gestor/uploaded/Los%20vehículos%20históricos%20no%20son%20simplemente.pdf>.
- [15] C. e. moto, «canariasenmoto.com,» 23 08 2016. [En línea]. Available: <https://www.canariasenmoto.com/noticias/hay-relacion-entre-la-antiguedad-de-la-moto-y-el-riesgo-de-accidente-15759.html>.
- [16] DGT, «dgt.es,» 20 04 2022. [En línea]. Available: <https://www.dgt.es/nuestros-servicios/tu-vehiculo/vehiculos-historicos/matriculacion-de-vehiculos-historicos/>.

- [17] DGT, «dgt.es,» 22 08 2022. [En línea]. Available: <https://www.dgt.es/nuestros-servicios/tu-vehiculo/vehiculos-historicos/rehabilitacion-de-vehiculos-historicos/>.
- [18] A. CarLab, «CarLab,» 2024. [En línea]. Available: <https://automovilidad.com/index.php/es/servicios-1/laboratorio-oficial-para-catalogacion-de-vehiculos-historicos>.
- [19] Insia, «insia-upm.es,» 2021. [En línea]. Available: <https://insia-upm.es>.
- [20] LCOE, «LCOE Homologaciones,» 2024. [En línea]. Available: <https://lcoehomologaciones.com>.
- [21] motopoliza.com, «motopoliza.com,» 18 12 2017. [En línea]. Available: <https://www.motopoliza.com/motos/el-impuesto-de-circulacion-en-motos-como-funciona-y-cuanto-cuesta/>.
- [22] BOE, «boe.es,» 09 03 2004. [En línea]. Available: <https://www.boe.es/buscar/act.php?id=BOE-A-2004-4214>.
- [23] DGT, «pasarela.clave.gob.es,» 2024. [En línea]. Available: <https://pasarela.clave.gob.es/Proxy2/ServiceProvider>.
- [24] C. M. García, «Matmotor,» 2023. [En línea]. Available: <https://2019111949.wixsite.com/matmotor>.
- [25] Frenkit, «Frenkit,» 2020. [En línea]. Available: <https://blog.frenkit.es/es/partes-del-freno-de-tambor>.
- [26] Bmw, «Bmw.com,» 27 11 2019. [En línea]. Available: <https://www.bmw.com/es/performance/24-horas-de-le-mans.html>.

- [27] Motociclismo, «Motociclismo,» 2024. [En línea]. Available: https://www.motociclismo.es/motos-con-mejor-relacion-peso-potencia-historia_58218_113/7695464.html.
- [28] Renofase, «Renofase,» 2023. [En línea]. Available: <https://renofase.com/cuales-son-las-partes-del-freno-de-disco/>.
- [29] Embarrados, «embarrados.com,» 09 08 2003. [En línea]. Available: <https://embarrados.com/enduro/viewtopic.php?t=636>.
- [30] Manuel.pe, «manual.pe,» 2022. [En línea]. Available: <https://www.manual.pe/honda/montesa-cota-4rt-2022/manual?p=18>.
- [31] ONU, «Objetivos de Desarrollo Sostenible,» 25 09 2015. [En línea]. Available: <https://www.un.org/sustainabledevelopment/es/objetivos-de-desarrollo-sostenible/>.
- [32] E. O. Cetelem, «Sector Moto,» 2023. [En línea]. Available: <https://elobservatoriocetelem.es/motor/motor-2023/evolucion-de-las-matriculaciones-de-motos-en-espana/#:~:text=El%20mercado%20total%20de%20motos,con%20un%20crecimiento%20del%206%25..>
- [33] Idealista, «El PIB per cápita en España sigue por debajo de la media europea y del nivel precovid,» 27 03 2024. [En línea]. Available: <https://www.idealista.com/news/finanzas/economia/2024/03/27/816282-el-pib-per-capita-en-espana-sigue-por-debajo-de-la-media-europea-y-del-nivel-precovid>.
- [34] RACE, «race.es,» 2024. [En línea]. Available: <https://www.race.es/zonas-de-bajas-emisiones/mapa-zbe-madrid>.