



**MÁSTER UNIVERSITARIO EN INGENIERÍA
INDUSTRIAL (MII)**

Especialidad

Diseño Mecánico - Itinerario Sostenibilidad

TRABAJO FIN DE MÁSTER

**DISEÑO DE LOS SOPORTES MOTOR Y ACOPLER
DE TRANSMISIÓN PARA UNA CONVERSIÓN DE
MAZDA MX5 NB A VEHÍCULO ELÉCTRICO**

Autor: Tomás Manuel Bañegil Collado

Director: Juan Norverto Moriñigo

Co-Director: Javier Munilla López

Madrid

Agosto de 2021

Declaro, bajo mi responsabilidad, que el Proyecto presentado con el título
DISEÑO DE LOS SOPORTES MOTOR Y ACOPLER DE TRANSMISIÓN
PARA UNA CONVERSIÓN DE MAZDA MX5 NB A VEHÍCULO ELÉCTRICO en
la ETS de Ingeniería - ICAI de la Universidad Pontificia Comillas en el
curso académico 2020-2021 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.: Tomás Manuel Bañegil Collado

Fecha: 23 / 08 / 2021

Autorizada la entrega del proyecto

EL DIRECTOR DEL PROYECTO

Fdo.: Juan Norverto Moriñigo

Fecha: 23 / 08 / 2021

NORVERTO
MORIÑIGO JUAN
- DNI 09746499L

Firmado digitalmente
por NORVERTO
MORIÑIGO JUAN - DNI
09746499L
Fecha: 2021.08.24
08:47:21 +02'00'

EL CO-DIRECTOR DEL PROYECTO

Fdo.: Javier Munilla López

Fecha: 23 / 08 / 2021

Firmado digitalmente por MUNILLA LOPEZ
JAVIER - DNI 52875837X el día 24/08/2021



**MÁSTER UNIVERSITARIO EN INGENIERÍA
INDUSTRIAL (MII)**

Especialidad

Diseño Mecánico - Itinerario Sostenibilidad

TRABAJO FIN DE MÁSTER

**DISEÑO DE LOS SOPORTES MOTOR Y ACOPLER
DE TRANSMISIÓN PARA UNA CONVERSIÓN DE
MAZDA MX5 NB A VEHÍCULO ELÉCTRICO**

Autor: Tomás Manuel Bañegil Collado

Director: Juan Norverto Moriñigo

Co-Director: Javier Munilla López

Madrid

Agosto de 2021

DISEÑO DE LOS SOPORTES MOTOR Y ACOPLES DE TRANSMISIÓN PARA UNA CONVERSIÓN DE MAZDA MX5 NB A VEHÍCULO ELÉCTRICO

Autor: Bañegil Collado, Tomás Manuel

Director: Norberto Morínigo, Juan

Co-director: Munilla López, Javier

Entidad colaboradora: ICAI-Universidad Pontificia Comillas

RESUMEN DEL PROYECTO

1. Introducción

La conversión de vehículos usados a vehículos eléctricos totalmente restaurados está creciendo en muchos países, donde esta práctica se denomina *retrofit*. En España existen algunos ejemplos, pero aún no es una práctica extendida.

Este proyecto toma como base un Mazda MX5 NB, un modelo común, con potencial para la conversión eléctrica. Existen muchos ejemplos de *retrofit*, como el Austin Mini eléctrico de Ian Motion, el Jaguar E-Type Zero de Jaguar o el español Movelco e601 de Little Electric Cars.

Estos ejemplos son modos de transporte más sostenibles, de modo que pueden ser parte de la solución buscada por muchos gobiernos para frenar el cambio climático. En este sentido, el reciclaje de vehículos clásicos o usados toma importancia. Además, las medidas tomadas por los países de la UE en consecución de los ODS hacen que las restricciones de movilidad para vehículos contaminantes en los centros de las ciudades sean cada vez mayores.

Para que estos vehículos puedan circular por la vía pública legalmente, la reforma de la conversión a eléctrico debe estar homologada. Actualmente existen muchos impedimentos a nivel legal para poder homologar las reformas de vehículos clásicos o vehículos usados para convertirlos a vehículos eléctricos. En este proyecto se exponen las posibilidades de homologación en otros países, así como el proceso para homologar la reforma de un vehículo en España. Son conversiones completamente posibles a nivel técnico, con las que se pueden obtener vehículos completamente seguros y funcionales.

Este proyecto se centra en el diseño de unos soportes adaptados a un nuevo motor eléctrico, con una tecnología específicamente elegida para el Mazda MX5 NB. También se analiza la viabilidad de seguir utilizando la caja de cambios de serie, incluyendo también unos soportes adecuados y el diseño de una placa adaptadora del motor a la caja de cambios.

Para ello se tendrán en cuenta el efecto de las vibraciones del motor sobre el confort de los pasajeros. Uno de los objetivos es que los soportes (o cojinetes) diseñados para el motor y la caja de cambios sean capaces de atenuar las vibraciones que crea la señal electromagnética que impulsa al motor. Las señales estudiadas se obtienen de bibliografía, siendo las más comunes provocadas por el tipo de motor escogido.

Se estudian también los costes totales del proyecto y las certificaciones necesarias para que el coche pueda circular legalmente por ciudad y carretera. Para concluir el proyecto, se propone un posible modelo de negocio alrededor del concepto del *retrofit*.

2. Metodología

En primer lugar, se hace una selección de las piezas necesarias para la conversión a vehículo eléctrico, así como la valoración de diferentes tipos de motor eléctrico, para la posterior selección del mismo. A continuación, se hace un estudio de viabilidad de uso de la caja de cambios original, ya que la intención es seguir utilizándola para abaratar costes y seguir manteniendo el estilo de conducción original del vehículo.

Posteriormente, se efectúa un estudio de las fuentes de fuerzas y vibraciones posibles, así como sus magnitudes. También se exponen los efectos de ciertos tipos de vibraciones sobre el confort para el cuerpo humano, de forma que se tengan en cuenta para el diseño de los soportes. En la Figura 1 se muestran algunas zonas susceptibles de aceleración. En la Tabla 1 se muestran los rangos de resonancia de ciertas partes del cuerpo.

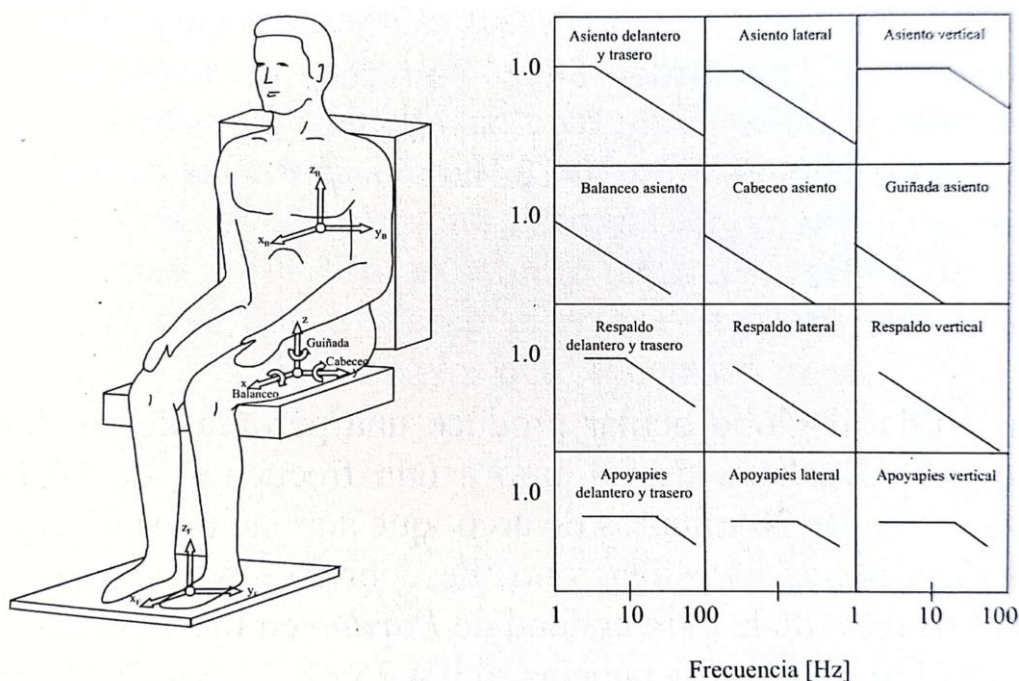


Figura 1. Evaluación de la susceptibilidad a las aceleraciones en 12 direcciones de forma simultánea. [1]

Zona de resonancia	Límite Inferior [Hz]	Límite Superior [Hz]
Pierna flexionada (sentado)	2	2
Pierna rígida	20	20
Torso superior (hombro)	4	5
Antebrazo	5	10
Columna vertebral (axial)	10	12
Brazo	16	30
Mano	30	50
Globo ocular	20	90

Tabla 1. Límites superior e inferior de resonancia de distintas partes del cuerpo humano. [1]

A continuación, se analizan los materiales elastómeros posibles para los soportes, utilizando la herramienta Granta Edupack.

El siguiente paso es crear un conjunto funcional motor-transmisión-soportes, para lo que se ha utilizado el software Computer Aided Design (CAD), Solidworks. Dicho conjunto se simplifica para poder simular posteriormente todo el ensamblaje por el método de elementos finitos en el software de ANSYS. En dicho software se realiza un análisis estructural y un análisis modal para encontrar las primeras frecuencias naturales del sistema. Posteriormente, se estudia la atenuación de las vibraciones de interés aportadas por el motor eléctrico.

También se pretende analizar la situación legal en España en cuanto a la posibilidad de homologaciones de conversión a vehículo eléctrico, así como calcular el coste total de un proyecto *retrofit* para un particular, y también la posibilidad de un modelo de negocio en torno a la conversión al vehículo eléctrico. Para todo ello, se utiliza documentación legal vigente a fecha del proyecto (agosto 2021), disponible en el Boletín Oficial del Estado (BOE) y el Ministerio de Industria. [2]

Este análisis ayuda más tarde a completar el estudio de costes para una única unidad *retrofit* Mazda MX5 NB para un particular.

En base al estudio de costes anterior, se realiza una propuesta de modelo de negocio en torno a la industria de la conversión a vehículo eléctrico, tomando como inspiración negocios ya existentes en otros países. Para ello se toma la teoría de Osterwalder [3] y Porter [4].

Finalmente, se expone la relación de este proyecto con los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS) y su relación con la economía circular.

3. Resultados

Después de la comparativa, el motor eléctrico escogido para la conversión es el NetGain HyPer 9, de 88kW y 180V, con todos sus accesorios compatibles. Los picos de vibraciones de este tipo de motores (SRIPM- *Synchronous Reluctance Internal Permanent Magnet*) se muestran en la Tabla 2.

	Dirección	300 Hz	600 Hz	900 Hz
Estátor	X (radial vertical)	9 m/s^2	1 m/s^2	3.5 m/s^2
	Y (radial horizontal)	1.25 m/s^2	3 m/s^2	22.5 m/s^2
	Z (axial)	1.5 m/s^2	0.75 m/s^2	3.75 m/s^2
Rotor	X (radial vertical)	6 m/s^2	1.5 m/s^2	1 m/s^2
	Y (radial horizontal)	1 m/s^2	3 m/s^2	20 m/s^2
	Z (axial)	1.5 m/s^2	1.75 m/s^2	3.75 m/s^2

Tabla 2. Picos de aceleraciones para vibraciones armónicas en un motor SRM. [5]

La caja de cambios y el diferencial resultan ser idóneos para el tipo de motor escogido, ya que tiene unas características similares de potencia y par, especialmente a 6000 rpm, que es cuando el vehículo llega a su velocidad punta de 190 km/h en su última marcha. Así se muestra en la Figura 2 y la Figura 3.

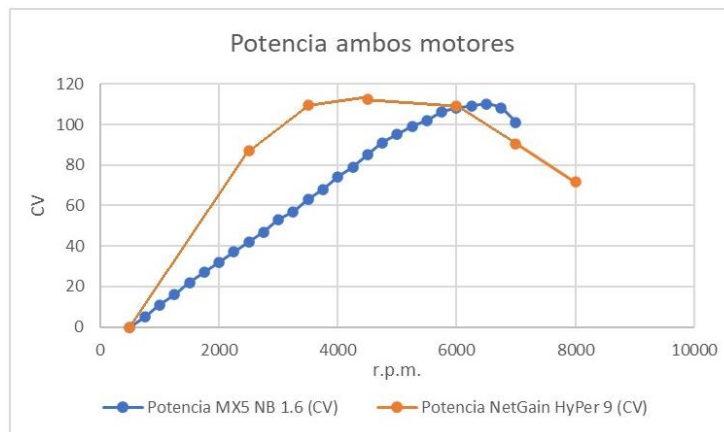


Figura 2. Potencia de ambos motores. (elaboración propia)

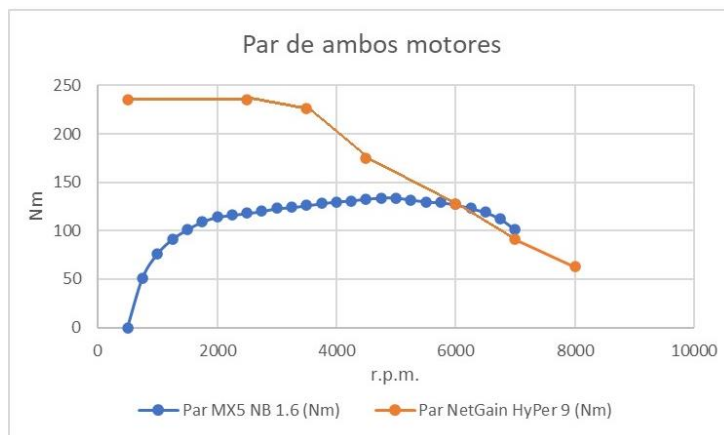


Figura 3. Par de ambos motores. (elaboración propia)

Se hace la comparativa de diferentes elastómeros para su uso en los soportes del motor, resultando que existen varios materiales muy similares en cuanto a propiedades físicas, pero que difieren en precio y en estética.

El diseño de la placa de acople motor-transmisión se realiza en Aluminio 6082 T6, ya que es un material muy común, mecanizable y permite soldadura. En este mismo material se realizan las copelas de los soportes del motor y transmisión. Finalmente, tras las simulaciones y la obtención de las frecuencias naturales del sistema, se opta por la goma de nitrilo XNBR como material apto para el elastómero que necesita el soporte.

Modo	Frecuencia natural [Hz]	Atenuación de 300Hz [E %]	Atenuación de 600Hz [E %]	Atenuación de 900Hz [E %]
1	14.704	99.76	99.94	99.97
2	22.939	99.41	99.85	99.93
3	37.631	98.40	99.61	99.82
4	38.728	98.30	99.58	99.81
5	55.838	96.41	99.13	99.61
6	67.232	94.71	98.73	99.44

Tabla 3. Atenuación de frecuencias con los soportes de goma de nitrilo XNBR. (elaboración propia)

Las frecuencias naturales del sistema hacen que los porcentajes de atenuación de las frecuencias del motor sean los mostrados en la Tabla 3 a través de los soportes.

Los costes finales estimados de un Mazda MX5 NB convertido a eléctrico son los mostrados en la Tabla 4.

Elemento	Precio [€]
Total piezas elementos eléctricos	12942.88
Placa adaptadora motor-transmisión	112.96
Soportes motor y transmisión	83.38
Mano de obra taller, certificados e ITV	6520
Vehículo Mazda MX5 NB sin motor	2000
Total	21659.22

Tabla 4. Costes estimados de una sola unidad para un particular de Mazda MX5 NB *retrofit*. (elaboración propia)

La propuesta de modelo de negocio se ve seriamente amenazada por su dependencia del éxito en las homologaciones, que no parecen viables en España si no se consolida una marca como fabricante (lo cual encarece mucho el producto final). Sin embargo, existen estrategias defensivas y ofensivas para mitigar ésta y otras amenazas o debilidades. Se estima que la empresa podría estar formada inicialmente por dos ingenieros superiores y un ingeniero técnico. Sería necesaria una primera fase de Investigación y Desarrollo, una segunda fase de Preparación del Modelo de Negocio, y una tercera fase de Lanzamiento. Se estima que la empresa comenzaría a facturar a partir de éste último periodo, un año y medio después del inicio. Se estima que el mayor número de clientes serán talleres a los que los clientes finales acudirán para reformar y mejorar sus automóviles. Se ofrecerían cuatro tipos de servicios diferentes: estudio de viabilidad legal; estudio de viabilidad técnica; diseño, fabricación y montaje de piezas; y ejecución de la documentación y obtención de homologaciones. El precio de diseño, fabricación y montaje es de 19300 €, que coincide aproximadamente con el precio observado en la Tabla 4 si se le resta el precio del vehículo.

La previsión de ventas es positiva, de donde se obtiene un punto crítico en el que los ingresos mínimos deben de ser 433636.02 € para que la empresa comience a dar beneficios al final del primer semestre de trabajo. La mayor parte de esos ingresos, 358722 €, corresponderían al servicio de diseño, fabricación y montaje.

Este proyecto tiene una implicación directa en la economía circular, teniendo una alineación con los ODS que está presente en todo el proyecto, coincidiendo con los siguientes:

- ODS 7.- Garantizar el acceso a una energía asequible, segura, sostenible y moderna.
- ODS 8.- Promover el crecimiento económico inclusivo y sostenible, el empleo y el trabajo decente para todos
- ODS 9.- Construir infraestructuras resilientes, promover la industrialización sostenible y fomentar la innovación.
- ODS 11.- Lograr que las ciudades sean más inclusivas, seguras, resilientes y sostenibles.
- ODS 12.- Garantizar modalidades de consumo y producción sostenibles.
- ODS 13.- Adoptar medidas urgentes para combatir el cambio climático y sus efectos.

4. Conclusiones

El precio resultante de 21659.22 euros para una conversión *retrofit* para un Mazda MX5 NB de ciertas características concretas descritas en este proyecto, resulta un precio razonable para lo que podría costar un vehículo de ese tipo restaurado sin complementos lujosos. Resulta algo aventurado describir el proceso como algo viable en España por el momento a causa de las homologaciones necesarias. Bien es cierto que en otros países como en Francia, Reino Unido o Estados Unidos, la viabilidad de estos proyectos y su homologación es posible para cualquier persona que quiera transformar su coche a eléctrico y poder circular legalmente por la vía pública.

De este modo, resulta evidente resaltar que la legislación en España y la capacidad de los laboratorios certificadores deben evolucionar a los ejemplos de países anteriormente mencionados. Para que un proyecto de un particular pueda ver la luz en España, si estos dos hechos no se consuman, difícilmente podrán llevarse a cabo.

Como el precio resultante de un *retrofit* para el modelo de negocio y el precio resultante del Mazda MX5 de un particular son tan similares, puede tener sentido que exista un tipo de negocio como el expuesto, que ofrezca el servicio idóneo, en vez de que el particular tenga que buscar los contactos y organizar los trabajos.

Ciertamente, la conversión a vehículo eléctrico es completamente viable a nivel técnico, por lo que no debería de causar mayores problemas la creación y venta de un kit genérico, así como ciertos kits específicos para ciertos modelos de vehículo. Se ha demostrado en este proyecto que la caja de cambios del modelo original restaurado es completamente válida para el nuevo motor eléctrico.

Las mayores perturbaciones emitidas por el motor eléctrico en funcionamiento se producen a unas frecuencias bastante altas en relación con la frecuencia natural del sistema, por lo que quedan todas atenuadas, como mínimo, en un 94%. Esto hace que dichas frecuencias del motor no vayan en detrimento del confort acústico de los pasajeros, ya que dichas vibraciones no se amplían en el chasis del vehículo. Cabe destacar que las frecuencias a nivel físico, por contacto, que más molestas resultan al cuerpo humano, están por debajo de 90 Hz. De esta forma, se puede considerar que la responsabilidad de filtrar ese tipo de vibraciones es de la propia suspensión del vehículo y de los asientos u otros puntos de contacto, como el volante.

5. Referencias

- [1] Pablo Luque, Daniel Álvarez, y Carlos Vera, *Ingeniería del Automóvil: Sistemas y Comportamiento Dinámico*. Madrid: Thomson, 2005.
- [2] Ministerio de Industria, Comercio y Turismo; Gobierno de España, «Manual Reformas Vehiculos Rev6 Corr1», *aeca_itv*, may 2020. <https://www.aeca-itv.com/wp-content/uploads/2021/01/ManualReformasVehiculosRev6Corr1.pdf> (accedido jul. 16, 2021).
- [3] Osterwalder, Alexander y Pigneur, Yves., *Generación de modelos de negocio*. Deusto, 2012.

- [4] Porter, M., *How competitive forces shape strategy*. Harvard Business Review, 1979.
- [5] F. Battal, I. Sefa, y L. Boudjelida, *A Comparative Vibration Analysis of Induction and Synchronous Reluctance Motor*. 2018.

DESIGN OF THE ENGINE MOUNTS AND TRANSMISSION COUPLINGS FOR A CONVERSION FROM MAZDA MX5 NB TO ELECTRIC VEHICLE

Author: Bañegil Collado, Tomás Manuel

Director: Norberto Moriñigo, Juan

Co-director: Munilla López, Javier

Collaborating entity: ICAI-Universidad Pontificia Comillas

PROJECT SUMMARY

1. Introduction

The conversion of used vehicles to fully refurbished electric vehicles is growing in many countries, where this practice is called *retrofit*. In Spain there are some examples, but it is not a widespread practice yet.

This project is based on a Mazda MX5 NB, a very common model with potential for electrical conversion. There are many *retrofit* examples, such as the Austin Mini *électrique* from Ian Motion, the Jaguar E-Type Zero from Jaguar or the Spanish Movelco e601 from Little Electric Cars.

These examples are sustainable modes of transport, so they can be part of the solution sought by many governments to curb climate change. In this sense, the recycling of classic or used vehicles takes on importance. In addition, the measures taken by EU countries to achieve the SDGs mean that mobility restrictions for polluting vehicles in city centers are increasing.

For these vehicles to be able to circulate on public roads legally, the reform of the conversion to electric must be approved. Currently, there are many impediments in the legal part to be able to homologate the reforms of classic vehicles or used vehicles for their conversion to electric vehicles. In this project the possibilities of homologation in other countries are exposed, as well as the process to homologate the reform of a vehicle in Spain. The conversions are completely possible on a technical level, obtaining completely safe and functional vehicles.

This project focuses on the design of motor supports adapted to a new electric motor, with a technology specifically chosen for the Mazda MX5 NB. The feasibility of continuing to use the standard gearbox is also discussed, including suitable transmission supports and the design of an engine-to-gearbox adapter plate.

For this purpose, the effect of engine vibrations on passenger comfort will be taken into account. One of the objectives is that the supports (motor and transmission mounts) designed for the engine and the gearbox are able to attenuate the vibrations created by the electromagnetic signal that drives the engine. The signals studied are obtained from bibliography, which will be the most common vibrations being caused by the type of engine chosen.

The total costs of the project and the necessary certifications so that the car can legally circulate in the city and on the highway are also studied. To conclude the project, the possibility of a business model is proposed around the retrofit concept.

2. Methodology

In the first place, a selection of the necessary parts for the conversion to an electric vehicle is made, as well as the evaluation of different types of electric motor for its subsequent selection. Next, a feasibility study for the use of the original gearbox is carried out, since the intention is to continue using it to cut costs and to maintain the original driving style of the vehicle.

Subsequently, a study of the sources of forces and possible vibrations is made. Their magnitudes are studied too. The effects of certain types of vibrations on the comfort for the human body are also exposed, so that they are taken into account for the design of the supports. In Figure 1 some areas susceptible to acceleration are shown. Table 1 shows the resonance ranges of certain parts of the body.

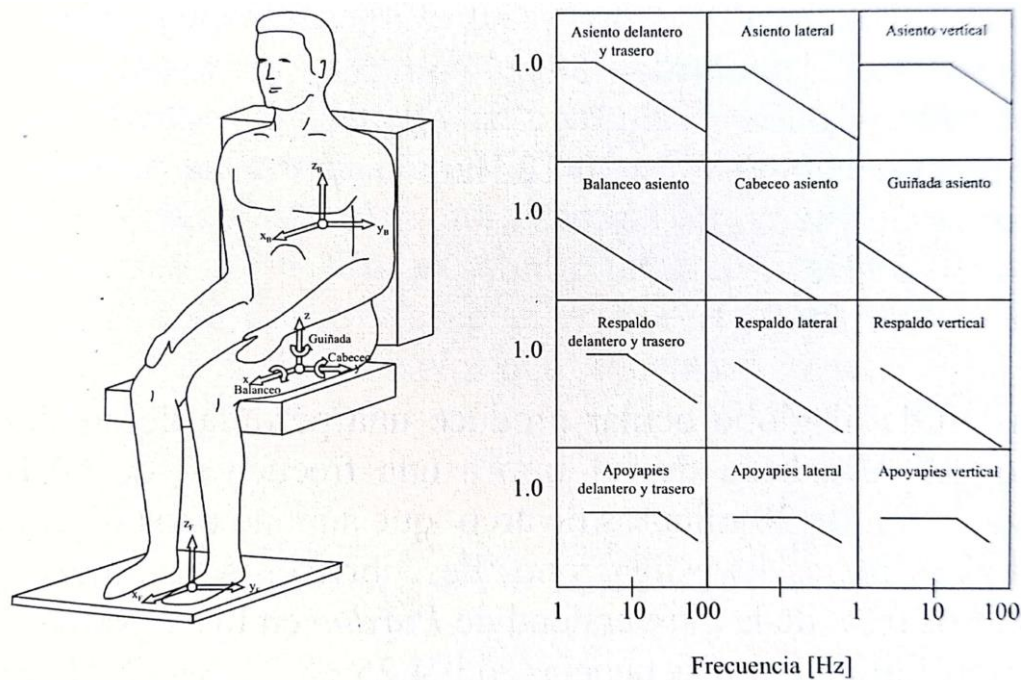


Figure 1. Evaluation of the susceptibility to acceleration in 12 directions simultaneously. [1]

Resonance area	Lower limit [Hz]	Upper limit [Hz]
Bent leg (sitting)	2	2
Stiff leg	20	20
Upper torso (shoulder)	4	5
Forearm	5	10
Vertebral column (axial)	10	12
Arm	16	30
Hand	30	50
Eyeball	20	90

Table 1. Upper and lower limits of resonance of different parts of the human body. [1]

Next, the possible elastomeric materials for the supports are analyzed, using the Granta Edupack tool.

The next step is to create a functional engine-transmission-supports assembly, for which the Computer Aided Design (CAD) software, Solidworks, has been used. This set is simplified to simulate the entire assembly by the finite element method in the ANSYS software. In this software, a structural analysis and a modal analysis are carried out to find the first natural frequencies of the system. Subsequently, the attenuation of the vibrations of interest created by the electric motor are studied.

It is also intended to analyze the legal situation in Spain regarding the possibility of homologations for conversion to electric vehicles, as well as to calculate the total cost of a retrofit project for an individual, and also the possibility of a business model around the conversion to the electric vehicle. For all this, legal documentation in force on the date of the project (August 2021) is used, available in the *Boletín Oficial del Estado* (BOE) and the Ministry of Industry. [2]

This analysis helps to complete the costs study for a single Mazda MX5 NB *retrofit* unit for an individual person.

Based on the previous costs study, a business model proposal is made around the electric vehicle conversion industry, taking as inspiration already existing businesses in other countries. For this, the theory of Osterwalder [3] and Porter [4] is taken.

Finally, the relationship of this project with the Sustainable Development Goals (SDG) and its relationship with the circular economy is exposed.

3. Results

After the comparison, the electric motor chosen for the conversion is the NetGain HyPer 9, 88kW and 180V, with all its compatible accessories. The vibration peaks of this type of motors (SRIPM- Synchronous Reluctance Internal Permanent Magnet) are shown in Table 2.

	Direction	300 Hz	600 Hz	900 Hz
Stator	X (radial vertical)	9 m/s^2	1 m/s^2	3.5 m/s^2
	Y (radial horizontal)	1.25 m/s^2	3 m/s^2	22.5 m/s^2
	Z (axial)	1.5 m/s^2	0.75 m/s^2	3.75 m/s^2
Rotor	X (radial vertical)	6 m/s^2	1.5 m/s^2	1 m/s^2
	Y (radial horizontal)	1 m/s^2	3 m/s^2	20 m/s^2
	Z (axial)	1.5 m/s^2	1.75 m/s^2	3.75 m/s^2

Table 2. Acceleration peaks for harmonic vibrations in an SRM motor. [5]

The gearbox and differential turn out to be ideal for the chosen engine type, as it has similar power and torque characteristics, especially at 6000 rpm, which is when the vehicle reaches its top speed of 190 km/h in its last gear. This is shown in Figure 2 and Figure 3.

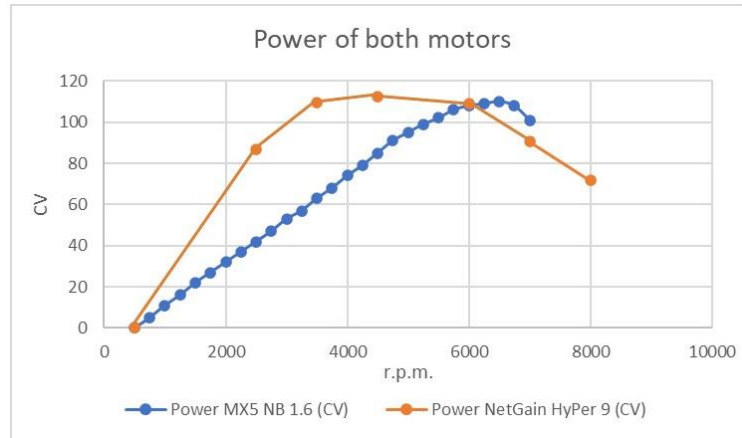


Figure 2. Power of both motors. (own elaboration)

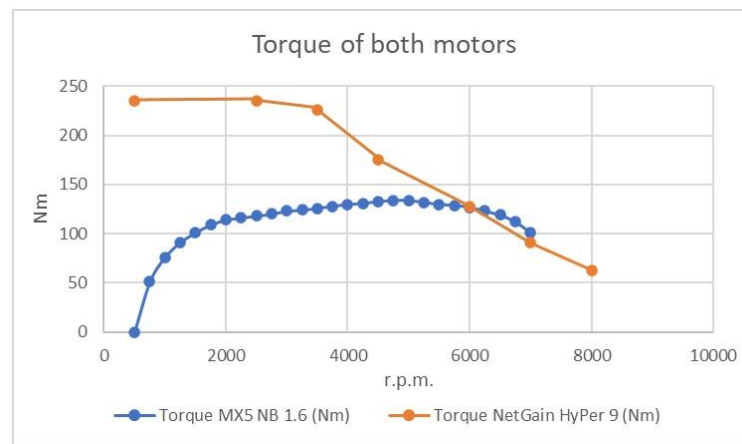


Figure 3. Torque of both motors. (own elaboration)

The comparison of different elastomers for use in the engine mounts is made, resulting in several materials that are very similar between them in terms of physical properties, but differ in price and aesthetics.

The design of the motor-transmission coupling plate is made of 6082 T6 Aluminum, since it is a very common material that can be machined and allows welding. The cups for the engine and transmission mounts are made of this same material. Finally, after the simulations and the analysis of the natural frequencies of the system, XNBR nitrile rubber is chosen as the material suitable for the elastomer that the support needs.

Mode	Natural Frequency [Hz]	300Hz attenuation [E %]	600Hz attenuation [E %]	900Hz attenuation [E %]
1	14.704	99.76	99.94	99.97
2	22.939	99.41	99.85	99.93
3	37.631	98.40	99.61	99.82
4	38.728	98.30	99.58	99.81
5	55.838	96.41	99.13	99.61
6	67.232	94.71	98.73	99.44

Table 3. Frequency attenuation with XNBR nitrile rubber mounts. (own elaboration)

The natural frequencies of the system make the attenuation percentages of the motor frequencies through the supports those shown in Table 3.

The estimated final costs of a Mazda MX5 NB converted to electric are shown in Table 4.

Element	Price [€]
Total electrical elements parts	12942.88
Motor-transmission adapter plate	112.96
Engine and transmission mounts	83.38
Workshop workmanship, certificates and ITV	6520
Mazda MX5 NB vehicle without engine	2000
Total	21659.22

Table 4. Estimated costs of a single unit for a particular Mazda MX5 NB *retrofit*. (own elaboration)

The proposed business model is seriously threatened by its dependence on success in homologations, which do not seem viable in Spain if a brand is not consolidated as a manufacturer (which makes the final product very expensive). However, there are defensive and offensive strategies to mitigate this and other threats or weaknesses. It is estimated that the company could initially consist of two senior engineers and a technical engineer. A first phase of Research and Development, a second phase of Preparation of the Business Model, and a third phase of Launch would be necessary. It is estimated that the company would start billing from this last period, a year and a half after the start. It is estimated that the largest number of customers will be workshops to which end customers will go to refurbish and improve their cars. Four different types of services would be offered: legal feasibility study; technical feasibility study; design, manufacture and assembly of parts; and execution of documentation and obtaining approvals. The design, manufacture and assembly price is € 19,300, which roughly matches the price observed in Table 4 if the price of the vehicle is subtracted from it.

The sales forecast is positive, from which a critical point is obtained, showing that the minimum income must be € 433 636.02 for the company to start giving benefits at the end of the first semester of work. Most of these revenues, € 358,722, would be corresponded to the design, manufacturing and assembly service.

This project has a direct implication in the circular economy, having an alignment with the SDGs that is present throughout the project, focusing on the following:

- SDG 7.- Guarantee access to affordable, safe, sustainable and modern energy.
- SDG 8.- Promote inclusive and sustainable economic growth, employment and decent work for all.
- SDG 9.- Build resilient infrastructures, promote sustainable industrialization and foster innovation.
- SDG 11.- Make cities more inclusive, safe, resilient and sustainable.
- SDG 12.- Guarantee sustainable consumption and production patterns.
- SDG 13.- Adopt urgent measures to combat climate change and its effects.

4. Conclusions

The resulting price of 21659.22 euros for a retrofit conversion for a Mazda MX5 NB with certain specific characteristics described in this project, is a reasonable price for what a

restored vehicle of this type could cost without excessive luxury details. It is somewhat risky to describe the process as something viable in Spain for the moment because of the necessary homologation approvals. It is true that in other countries such as France, the United Kingdom or the United States, the viability of these projects and their homologation approval is possible for anyone who wants to transform their car to electric and be able to legally drive on public roads.

In this way, it is clear to highlight that the legislation in Spain and the capacity of the certifying laboratories must evolve to the examples of countries mentioned above. A project by a private individual in Spain will not be possible if these two events are not consummated.

As the price resulting from a *retrofit* project for the business model and the resulting price of an individual's Mazda MX5 are so similar, it may make sense the existence of the proposed business. This business offers the ideal service. The individual will not have the need for searching contacts and organizing work.

Certainly, the conversion to an electric vehicle is technically feasible, so the creation and sale of a generic kit, as well as certain specific kits for certain vehicle models, should not be a major problem. It has been shown in this project that the gearbox of the original restored model is completely valid for the new electric motor.

Las mayores perturbaciones emitidas por el motor eléctrico en funcionamiento se producen a unas frecuencias bastante altas en relación con la frecuencia natural del sistema, por lo que quedan todas atenuadas, como mínimo, en un 94%. Esto hace que dichas frecuencias del motor no vayan en detrimento del confort acústico de los pasajeros, ya que dichas vibraciones no se amplían en el chasis del vehículo. Cabe destacar que las frecuencias a nivel físico, por contacto, que más molestas resultan al cuerpo humano, están por debajo de 90 Hz. De esta forma, se puede considerar que la responsabilidad de filtrar ese tipo de vibraciones es de la propia suspensión del vehículo y de los asientos u otros puntos de contacto, como el volante.

The greatest disturbances emitted by the electric motor in operation occur at frequencies that are quite high in relation to the natural frequency of the system, which is why they are all attenuated by at least 94%. This means that these engine frequencies are not detrimental to the acoustic comfort of the passengers, since these vibrations are not amplified in the chassis of the vehicle. It should be noted that the frequencies at a physical level, by contact, that are the most annoying to the human body, are below 90 Hz. In this way, it can be considered that the responsibility of filtering this type of vibrations relies on the suspension of the vehicle, on the seats and on other points of contact, such as the steering wheel.

5. References

- [1] Pablo Luque, Daniel Álvarez, y Carlos Vera, *Ingeniería del Automóvil: Sistemas y Comportamiento Dinámico*. Madrid: Thomson, 2005.

- [2] Ministerio de Industria, Comercio y Turismo; Gobierno de España, «Manual Reformas Vehiculos Rev6 Corr1», *aeca_itv*, may 2020. <https://www.aeca-itv.com/wp-content/uploads/2021/01/ManualReformasVehiculosRev6Corr1.pdf> (accedido jul. 16, 2021).
- [3] Osterwalder, Alexander y Pigneur, Yves., *Generación de modelos de negocio*. Deusto, 2012.
- [4] Porter, M., *How competitive forces shape strategy*. Harvard Business Review, 1979.
- [5] F. Battal, I. Sefa, y L. Boudjelida, *A Comparative Vibration Analysis of Induction and Synchronous Reluctance Motor*. 2018.

Diseño de los soportes motor y acoples de transmisión para una conversión de Mazda MX5 NB a vehículo eléctrico

Tabla de Contenido

1.	Introducción	8
2.	Estado de la cuestión.....	10
2.1.	Modelos representativos y características.....	10
2.2.	Fases generales de un proyecto <i>Retrofit</i>	14
2.3.	Soportes, cojinetes y potencias.....	15
2.4.	Caja de cambios y placa adaptadora motor-caja de cambios.....	17
2.5.	Homologaciones y Certificaciones	17
2.5.1.	Homologaciones en España.....	17
2.5.2.	Homologaciones en otros países (Francia, UK, EEUU)	18
2.5.3.	Modelos de negocio relacionados con el <i>Retrofit</i>	18
2.6.	Motivación.....	19
2.7.	Objetivos del Proyecto	19
3.	Piezas necesarias <i>Retrofit</i>	19
4.	Estudio de tipos de motores eléctricos	21
5.	Estudio de la caja de cambios original Mazda.....	22
6.	Estudio de Fuerzas y Vibraciones	27
6.1.	Irregularidades en el terreno	27
6.2.	Fuentes de vibración propias del vehículo.....	27
6.3.	Efecto de las vibraciones sobre el cuerpo humano.....	28
6.4.	Vibraciones esperadas de un motor SRIMP (Motor de Reluctancia Síncrona de Imanes Permanentes).	29
6.5.	Aplicación al estudio de los soportes del motor	30
7.	Elección de Materiales de Topes Motor (bushings o silentblocks)	34
8.	Diseño del modelo 3D	39
9.	Análisis estructural por el método de elementos finitos	45
9.1.	Simulación de esfuerzos del conjunto.....	47
9.2.	Análisis modal del conjunto	49
9.3.	Filtración de frecuencias	50
10.	Proceso de Homologación.....	51
11.	Costes <i>Retrofit</i> MX5.....	55
11.1.	Costes de piezas y fabricación.....	55
11.2.	Costes taller y certificados.....	56
11.3.	Total de costes para un único Mazda MX5 NB.....	57
12.	Propuesta de Modelo de Negocio.....	58

12.1.	Estrategias y objetivos.....	58
12.1.1.	Misión y Visión	58
12.1.2.	Análisis D.A.F.O. - F.O.D.A.	58
12.1.3.	Modelo de Negocio - CANVAS.....	60
12.2.	Plan de investigación e implantación	62
12.2.1.	Plan de Investigación (2022) e Implantación (2023)	62
12.3.	Análisis del entorno y el mercado	64
12.3.1.	Entorno.....	65
12.3.2.	Segmentos principales de mercado	65
12.4.	Previsión inicial de costes y ventas	66
12.4.1.	Previsión de Ventas 1er año (2º semestre 2023)	66
12.4.2.	Costes y Precios de Venta	67
12.4.3.	Objetivos de Ventas 1er año (2º semestre 2023)	69
12.4.4.	Objetivos de Ventas a 5 años	71
12.5.	Análisis económico	73
12.5.1.	Análisis económico y punto crítico.....	73
12.5.2.	Escenarios posibles.....	74
13.	Alineación con los ODS (Objetivos de Desarrollo Sostenible)	76
14.	Conclusiones y futuras líneas de investigación	79
15.	Bibliografía.....	82
ANEXO A:	PLANOS	85
ANEXO B:	FICHAS TÉCNICAS	97
ANEXO C:	EXTRACTO DEL MANUAL DE REFORMAS	133
ANEXO D:	MAQUETA DEL CONJUNTO FINAL	149

Diseño de los soportes motor y acoples de transmisión para una conversión de Mazda MX5 NB a vehículo eléctrico

Índice de figuras

Figura 1. Mazda MX-5 NB [1]	8
Figura 2. Austin Mini électrique de Ian Motion [2]	10
Figura 3. 1982 Fiat 124 Spider de Electric GT [3]	11
Figura 4. Ferrari 308 GTS de Electric GT [3].....	11
Figura 5. Mercury 1949 de Icon [4]	12
Figura 6. Jaguar E-Type Zero de Jaguar [5].....	13
Figura 7. Movelco e600 de Little Electric Cars [6]	13
Figura 8. Porsche 914 eléctrico [7].....	14
Figura 9. Soporte motor OEM Mazda MX5 NB [9]	15
Figura 10. Soporte motor Innovative Mounts para Mazda MX5 NB [10]	16
Figura 11. Soporte motor rígido de aluminio macizo [9]	16
Figura 12. Curva Par-Potencia Mazda MX5 NB 1.6 [17]	22
Figura 13. Diagrama cambio Mazda MX5 NB 1.6 [17]	23
Figura 14. Curva par-potencia-intensidad-tensión-eficiencia del motor eléctrico NetGain Hyper 9. [18]	23
Figura 15. Potencia de ambos motores. (elaboración propia).....	24
Figura 16. Par de ambos motores. (elaboración propia)	24
Figura 17. Evaluación de la susceptibilidad a las aceleraciones en 12 direcciones de forma simultánea. [19]	28
Figura 18. Gráfico de límites superior e inferior de resonancia de distintas partes del cuerpo humano (elaboración propia).....	29
Figura 19. Masa sobre suspensión elástica.[21].....	31
Figura 20. Evolución de oscilación amortiguada. [21].....	31
Figura 21. Diagrama de diseño de coeficientes de suspensión elástica. [21]	32
Figura 22. λ en función de ω/ω_0 y diversos valores de ε_0 . [21]	33
Figura 23. Familia de Polímeros – Elastómeros (elaboración propia).....	34
Figura 24. Familia de Polímeros. Resistencia a la compresión frente al módulo de Poisson (elaboración propia).....	35
Figura 25. Familia de Polímeros. Resistencia a la compresión frente al módulo de Poisson, con el filtro de materiales opacos (elaboración propia).....	35
Figura 26. Familia de Polímeros. Resistencia a la compresión frente a la densidad, con el filtro de materiales opacos (elaboración propia).....	36
Figura 27. Familia de Polímeros. Resistencia a la compresión frente al límite elástico a tracción, con el filtro de materiales opacos (elaboración propia).....	37
Figura 28. Familia de Polímeros. Resistencia a la compresión frente al precio por volumen, con el filtro de materiales opacos (elaboración propia).....	37
Figura 29. CAD del motor eléctrico NetGain Hyper 9 (elaboración propia).....	39
Figura 30. Motor NetGain Hyper 9 como sólido y simplificado (elaboración propia).	40
Figura 31. Escaneado 3D de la caja de cambios Mazda MX5 (elaboración propia).....	40
Figura 32. Sección longitudinal de la caja de cambios preparada para el ensamblaje (elaboración propia).	41
Figura 33. Placa adaptadora del motor a la caja de cambios (elaboración propia).....	41
Figura 34. Soportes comerciales Paulstra. [22]	42
Figura 35. Cojinete simplificado (elaboración propia).	42
Figura 36. Sección del ensamblaje, con los apoyos de rodamientos señalados (elaboración propia). 43	
Figura 37. Ensamblaje inicial (elaboración propia).	43

Figura 38. Ensamblaje final para simulación (elaboración propia).....	44
Figura 39. Intento de mallado del ensamblaje inicial (elaboración propia).....	45
Figura 40. Mallado del ensamblaje final (elaboración propia).....	46
Figura 41. Deformación [mm] del análisis estructural. (elaboración propia)	47
Figura 42. Tensión de Von-Mises en la estructura. (elaboración propia)	48
Figura 43. Factor de seguridad en el conjunto. (elaboración propia)	48
Figura 44. Deformación unitaria en los soportes. (elaboración propia)	49
Figura 45. Orden de evolución y conexión de normativas Españolas.[12]	51
Figura 46. Segmentos de mercado. (elaboración propia)	66
Figura 47. Previsión de ventas primer año. (elaboración propia)	67
Figura 48. Objetivo de ventas primer año. (elaboración propia)	70
Figura 49. Objetivo de ventas a 5 años. (elaboración propia)	72
Figura 50. Punto crítico. (elaboración propia).....	74
Figura 51. Ranking del consumo porcentual de energías de fuentes renovables utilizadas en el transporte en Europa [39].....	77

Índice de tablas

Tabla 1. Desarrollos de la transmisión y diferencial Mazda MX5 NB. [17]	25
Tabla 2. Velocidades alcanzadas con respecto a la marcha y las r.p.m. (elaboración propia)	26
Tabla 3. Límites superior e inferior de resonancia de distintas partes del cuerpo humano. [19]	29
Tabla 4. Picos de aceleraciones para vibraciones armónicas en un motor SRM. [20]	30
Tabla 5. Parámetros de malla relevantes. (elaboración propia)	46
Tabla 6. Resultados del análisis modal del sistema. (elaboración propia)	49
Tabla 7. Atenuación de frecuencias con los soportes de goma de nitrilo XNBR. (elaboración propia)	50
Tabla 8. Costes de elementos eléctricos para un Mazda MX5 NB. (elaboración propia)	55
Tabla 9. Coste de la placa adaptadora motor-transmisión para un único Mazda MX5 NB. (elaboración propia)	55
Tabla 10. Coste del material aislante. (elaboración propia)	55
Tabla 11. Coste de los soportes diseñados a medida. (elaboración propia)	56
Tabla 12. Costes estimados de una sola unidad para un particular de Mazda MX5 NB retrofit. (elaboración propia)	57
Tabla 13. Misión y visión. (elaboración propia)	58
Tabla 14. Análisis DAFO. (elaboración propia)	59
Tabla 15. Líneas estratégicas DAFO. (elaboración propia)	60
Tabla 16. Modelo de negocio - CANVAS. (elaboración propia)	61
Tabla 17. Plan de investigación. (elaboración propia)	62
Tabla 18. Plan de implantación. (elaboración propia)	63
Tabla 19. Plan de operaciones básicas. (elaboración propia)	64
Tabla 20. Análisis del entorno y mercado. (elaboración propia)	65
Tabla 21. Costes, precios de venta y rendimiento total. (elaboración propia)	68
Tabla 22. Objetivo de ventas primer año. (elaboración propia)	69
Tabla 23. Objetivo de ventas a 5 años. (elaboración propia)	71
Tabla 24. Análisis económico y punto crítico. (elaboración propia)	73
Tabla 25. Escenarios posibles. (elaboración propia)	75

1. Introducción

Desde que existe la industria de la automoción, se han restaurado vehículos que han envejecido bien con los años, convirtiéndose así en vehículos clásicos con un gran valor cultural. Aquí es donde entra el concepto de *retrofit*, que se define como la actualización de un vehículo usado a tecnología moderna. Así, algunos usuarios optan por hacer la conversión de un vehículo impulsado por un motor de combustión interna a un motor eléctrico.

Los vehículos de este sector no están al alcance de todos, ya que normalmente se trata de vehículos clásicos totalmente restaurados. Algunos modelos son de alta gama, muy exclusivos o ya se encuentran altamente modificados. Sin embargo, el precio depende de muchos factores, siendo el vehículo escogido uno de los más determinantes en términos relativos. Aparte de los costes obvios de materiales y mano de obra, cualquier modificación de las características mencionadas implica ciertos costes de homologación que se tratarán en el proyecto. Estas homologaciones o certificaciones son completamente necesarias si se quiere que el vehículo pueda circular legalmente por la vía pública.

En la línea de este mercado del vehículo clásico convertido a coche clásico restaurado y eléctrico, surge la necesidad de la adaptación de la mecánica convencional de la época a una mecánica actualizada y adaptada a cada vehículo clásico. Existen infinidad de configuraciones posibles para cada modelo, pudiendo restaurar la mecánica clásica o cambiar todo el tren de potencia, suspensiones, etc.



Figura 1. Mazda MX-5 NB [1]

El modelo escogido para este proyecto es el Mazda MX5 serie NB (Figura 1), ya que es un modelo bastante común dentro de la industria *retrofit*. Hay mucha información compartida de usuarios que han restaurado estos vehículos y que los utilizan diariamente en vía pública, así como en circuito privado. Incluso ya hay algunos usuarios que han hecho la conversión a modelo eléctrico.

Este proyecto se centra en el diseño de unos soportes adaptados a un nuevo motor eléctrico y analiza la viabilidad de seguir utilizando la caja de cambios de serie con sus respectivos pros y contras, incluyendo también unos soportes adecuados y el diseño de una placa adaptadora del motor a la caja de cambios. Se estudian también los costes totales del proyecto y las certificaciones

Diseño de los soportes motor y acoples de transmisión para una conversión de Mazda MX5 NB a vehículo eléctrico

necesarias para que el coche pueda circular legalmente por ciudad y carretera. También se analiza un posible modelo de negocio alrededor del concepto del *retrofit*.

2. Estado de la cuestión

Todo proyecto de modificación comienza por la elección de vehículo. Ya existen muchos proyectos con las características que se buscan, para tomar a modo de referencia. En este trabajo se buscan vehículos utilitarios clásicos que se adapten al uso en ciudad.

2.1. Modelos representativos y características

El Mazda MX5 NB no es el único vehículo que podría ser interesante para la conversión a eléctrico. Algunos de los modelos de vehículos que también se van a tomar como referencia para este trabajo son los siguientes:

- 1) Austin Mini *électrique* de Ian Motion



Figura 2. Austin Mini *électrique* de Ian Motion [2]

Este modelo (Figura 2) viene de una empresa con base en LeMans. Uno de sus creadores viene del equipo de RenaultF1 y una unidad recién salida del taller tiene un precio de unos 29.500€. Le han dotado de la misma potencia que traía de serie, 47CV a causa de homologaciones y la batería especialmente *eco-friendly* tiene una autonomía de 150km y tarda 7 horas en cargarse completamente. Se trata de un vehículo de acabados detallados y homologado para la conducción por la vía pública.

- 2) 1982 Fiat 124 Spider de Electric GT

Electric Gt es una empresa estadounidense que se dedica a la transformación de coches. Este Fiat (Figura 3) es una restauración total, a la que han instalado su kit GTe-173 System que concibe motor, baterías y todo lo necesario para el *retrofit* a vehículo eléctrico. Las leyes sobre potencia instalada en Estados Unidos difieren de las europeas, por lo que en este modelo se ha instalado una potencia un 50% superior a la del vehículo original y el par es el doble que el original. Tiene un powertrain e-Crate que se acopla perfectamente a la transmisión original.



Figura 3. 1982 Fiat 124 Spider de Electric GT [3]

El sistema GTe-173 mencionado anteriormente es un paquete de conversión eléctrica con encendido por llave compatible con casi cualquier vehículo que esté dentro de un rango menor de 1500kg.

3) Ferrari 308 GTS de Electric GT

Este vehículo (Figura 4) viene de la misma empresa que el Fiat anterior. Es una versión de un modelo más deportivo, con mayor potencia y preparado para circuito. En él se montó un ensamblaje de tres motores HPEVS AC-51 y toda una serie de piezas de competición. Sólo se ha hecho un modelo, por encargo para el programa Top Gear America. La marca Electric GT lo exhibe como referente de modelo de competición, con 447 Nm de par y 330 CV.



Figura 4. Ferrari 308 GTS de Electric GT [3]

4) Mercury 1949 de Icon



Figura 5. Mercury 1949 de Icon [4]

La empresa Icon, norteamericana, cambió el V8 en mal estado de este Mercury 1949 (Figura 5) y se proclamó uno de los ganadores del concurso SEMA (Speciality Equipment Market Association), en California en el año 2018. El nuevo motor genera 400 CV y las baterías Tesla constan de 200 a 350 km de autonomía.

5) Jaguar E-Type Zero de Jaguar

Este Jaguar mostrado en la Figura 6 es un ejemplo de *retrofit* que ha realizado la propia marca del vehículo restaurado. Consta de una autonomía de 270km y se ha eliminado la caja de cambios manual y el árbol de transmisión.

Diseño de los soportes motor y acoples de transmisión para una conversión de Mazda MX5 NB a vehículo eléctrico



Figura 6. Jaguar E-Type Zero de Jaguar [5]

6) Movelco e600 de Little Electric Cars



Figura 7. Movelco e600 de Little Electric Cars [6]

Este Seat 600 (Figura 7) ha sido modificado y restaurado por Little Electric Cars, una filial de Movelco y Recalvi. Se trata de una empresa española que ya comercializa este modelo, con todas las homologaciones necesarias para poder circular por carretera. Este modelo se fabrica bajo pedido.

7) Porsche 914 de EV West o Retrofuture

Este modelo de Porsche mostrado en la Figura 8 es el modelo más común de conversión a vehículo eléctrico, ya que tiene mucho espacio donde pueden distribuirse las baterías y el motor. Existen muchos kits de conversión a eléctrico como los ofrecidos en Estados Unidos por la empresa EV West y en Francia, por Retrofuture Electric Vehicles.



Figura 8. Porsche 914 eléctrico [7]

2.2. Fases generales de un proyecto *Retrofit*

En un proyecto de *retrofit* de un vehículo, generalmente se siguen las siguientes fases:

- Búsqueda de un vehículo donante con un chasis en buen estado y con la documentación en regla.
- Desmontaje del motor, transmisión línea de escape, depósito de combustible, etc.
- Investigación de las piezas necesarias, formando un kit de powertrain que cumpla las características requeridas. Se busca, se encarga y se organizan en el vehículo el motor eléctrico, Controlador, la placa de adaptación a la caja de cambios original, las baterías, el cableado, los conectores, los indicadores, los fusibles, el cuerpo del acelerador, etc.
- Se deben adaptar o buscar nuevos accesorios. Por ejemplo, iluminación, dirección asistida, bomba de vacío, etc.
- Una vez realizada la reforma, se debe conseguir toda la documentación necesaria para los certificados que hacen falta para la posterior homologación del vehículo y sus reformas. Dicha documentación debe ir firmada por un ingeniero.

La instalación de la reforma debe realizarse por un taller que certifique que la instalación va acorde al proyecto de reforma y las leyes.

Hay ciertas reformas que deben pasar por ensayos para poder ser certificadas, ya que los cambios menores no hace falta homologarlos. Estos ensayos suelen ser costosos y tienen que ver con el cambio de motor, transmisión, frenos y reparto de masas, entre otros.

El precio de los ensayos de una reforma grande de los elementos anteriormente mencionados podría rondar los 7.000 euros por vehículo. El precio se multiplica si quieres homologar varios vehículos iguales. En el caso, por ejemplo, de querer homologar un paquete de baterías genérico que se quiera comercializar posteriormente o hacer varias unidades, podría rondar los 70.000 euros. Este coste iría separado del coste de homologación del vehículo. Resulta más económico realizar todos estos procesos en otros países con la misma normativa comunitaria que la de España, como Holanda o Eslovenia.[8]

2.3. Soportes, cojinetes y potencias

Las sujeciones al chasis del motor y transmisión, entre otros elementos que sean pesados y produzcan vibraciones a causa de que tienen partes móviles, están hechos de un compuesto comúnmente de goma. Para el modelo seleccionado, los soportes que trae son los mostrados en la Figura 9.



Figura 9. Soporte motor OEM Mazda MX5 NB [9]

Los soportes del motor son una pieza esencial que normalmente no suele fallar en coches nuevos, pero que es de vital importancia que funcione bien, ya que tienen que soportar el par ejercido por el motor al acelerar, la inercia y peso del motor. Además, debe amortiguar las vibraciones en el acople, para que no se transmitan ni al chasis ni a la cabina, lo que iría en detrimento de la comodidad de los pasajeros y el conductor.

Los tipos de soportes más comunes son:

- Soportes con cojinetes de goma:
Los soportes que vienen montados de serie (Figura 9) y los repuestos OEM (Original Equipment Manufacturer) son la mayoría de goma. Son más fáciles de ensamblar y aseguran una vida útil suficiente en la mayoría de los casos. Son los más utilizados por los fabricantes de coches, ya que son los que absorben más vibraciones y aseguran una conducción más cómoda.
- Soportes con cojinetes de poliuretano:
No se deforman tanto como los de goma y soportan motores de mayor potencia. No se comprimen mucho para absorber el par del motor, de manera que el par se transmite a las ruedas de una forma más directa. Absorben vibraciones, pero éstas se transmiten en mayor medida a la cabina del vehículo si los comparamos con los soportes con cojinetes de goma.

Diseño de los soportes motor y acoples de transmisión para una conversión de Mazda MX5 NB a vehículo eléctrico

A modo de ejemplo, la empresa Innovative Mounts ofrece una gama de soportes motor de poliuretano de diferentes durezas para el Mazda MX5 NB:

- 60A, para motores hasta 250CV
- 75A, para motores entre 250 y 400 CV
- 85A, para motores entre 400y 500 CV
- 95A, para motores con más de 500 CV

Los soportes tienen una parte metálica que encapsula el cojinete, como se muestra en la Figura 10.



Figura 10. Soporte motor Innovative Mounts para Mazda MX5 NB [10]

- Soportes sólidos:

Son totalmente rígidos, normalmente fabricados de aluminio o acero y no absorben vibraciones. La conducción se hace más dura y se nota mucho ruido del motor desde la cabina. Están pensados para vehículos de competición, ya que la transmisión de par a las ruedas se hace más directo, sin pensar tanto en la comodidad del piloto. Los mostrados en la Figura 11 son un claro ejemplo de estos soportes.



Figura 11. Soporte motor rígido de aluminio macizo [9]

2.4. Caja de cambios y placa adaptadora motor-caja de cambios

El Mazda MX5 NB es un vehículo ligero, pensado como un pequeño deportivo económico. Esta identidad deportiva hace que la mayoría de ellos llevaran caja de cambios manual. Por ello, se va a estudiar la posibilidad de aprovechar la misma caja de cambios.

Para el correcto acople del nuevo motor eléctrico a la caja de cambios, será necesario una placa adaptadora, que se diseñará acorde a los requerimientos espaciales y estructurales.

2.5. Homologaciones y Certificaciones

Para que un vehículo pueda circular en la vía pública se necesitan una serie de permisos:

- ITV en rigor
- Permiso de circulación
- Seguro del vehículo

Para poder conseguirlos, el coche debe de estar debidamente homologado por el fabricante y las empresas de certificación del país, de acuerdo con la ley vigente. Todas las reformas que se realicen necesitan estar certificadas en España por un laboratorio designado por el ministerio de industria. Se estudiarán las condiciones necesarias y las modificaciones permitidas para que estos vehículos sean legales en la vía pública, no solamente en circuitos cerrados.

Generalmente, los documentos necesarios para certificar una reforma son:

- Certificado de Taller
- Proyecto Técnico
- Certificado Final de Obra
- Informe de Conformidad

En el capítulo de Homologaciones enfocado al Mazda MX5 NB se detalla el proceso legal y qué entidades se encargan de cada uno de esos documentos.

2.5.1. Homologaciones en España

Como ejemplo de algunas empresas en España que ya han realizado este tipo de proyectos, se encuentran Ic2Ev o Elektrun Cars.

Ic2Ev es una startup española, que presentó en el Salón del Vehículo Eléctrico de Canarias MOVELEC 2020 [11] su primer proyecto de *retrofit* de un Mini Cooper del año 2002. A este vehículo le han instalado un motor de un Nissan Leaf de 105 CV y 250 Nm de par motor, que al ser un motor que proviene de un vehículo ya homologado, facilita mucho la parte legal del proyecto. El Mini tiene volante eléctrico, por lo que pueden conservar todo el sistema de dirección, y mantienen la misma transmisión original del Mini. Se han basado en el Manual de Reformas de Vehículos para el proceso de certificación de la reforma.

Otro ejemplo es Elektrun Cars, una empresa que comenzó en Alicante, establecida ahora en Madrid y que comenzó con la electrificación de un Renault Twingo. Esta empresa se muestra bastante explicativa de cara al público en cuanto a los procesos de homologación y la realidad de los mismos en España. [12]

Los procedimientos necesarios los define el Manual de Reformas, pero este documento se remite a la legislación europea en vigor, que está en constante cambio.

Uno de los mayores inconvenientes es que estas normativas europeas están enfocadas a la fabricación de nuevos vehículos. Regulan que los vehículos fabricados en Europa cumplan requisitos de seguridad y medio ambiente, principalmente. Para el caso del *retrofit* no debería de aplicarse este tipo de normativas, ya que es un supuesto diferente. El *retrofit* no se basa en fabricar vehículos nuevos, sino a transformar algunas características de vehículos existentes. Esta incoherencia hace que sea complicado aplicar las normativas, ya que a veces no se sabe si ciertas normativas son necesarias.

Este inconveniente se incrementa en España, donde el concepto de *retrofit* se practica muy poco. Esto implica que los organismos oficiales y de consulta no siempre son capaces de proceder con un proyecto de esta naturaleza ni saben que información es la válida.

En Elektron aseguran que cuando comenzaron a pedir presupuestos a los servicios técnicos de reformas autorizados, llegaron a incluir un test de choque en las pruebas necesarias.

De esta forma, el Certificado de Conformidad que realiza el laboratorio de reformas autorizado, es el documento más difícil de conseguir para la homologación de la reforma de un vehículo *retrofit* en la ITV. Aunque se trate de un proyecto individual de reforma, se procede como si se tratase de un vehículo proveniente de un fabricante. Esto es consecuencia de la falta de claridad y el alto presupuesto necesario de las pruebas interpretadas como necesarias. [12]

2.5.2. Homologaciones en otros países (Francia, UK, EEUU)

En la Unión Europea existen países donde el concepto *retrofit* está más extendido y mejor regulado.

La homologación y sus costes se ven abaratados por la gestión de los mismos. La ley en Francia permite que únicamente el Certificado de Taller sea necesario para la conversión a un vehículo eléctrico, definido en la Orden del 13 de Marzo de 2020 del Gobierno de Francia [13]. En España, sin embargo, se aplica el ya mencionado Manual de Reformas que delimita los cambios que hay que justificar y los que no.

lc2Ev asegura que en el momento en el que se consiga homologar un conjunto funcional y sea replicable, el coste de la homologación serán aproximadamente de 1.000 euros.[11]

2.5.3. Modelos de negocio relacionados con el *Retrofit*

En el Reino Unido, en Estados Unidos y en Francia ya se venden packs o kits de conversión a vehículo eléctrico, ya que se han podido estandarizar hasta cierto punto.

También existe una empresa en Francia fundada en 2018, con sede en Orleans, llamada Transition-One [14] que asegura que puede convertir un vehículo a eléctrico en 4 horas, si dicho vehículo es uno de sus modelos escogidos. Disponen de 6 kits que ellos se encargan de instalar, con los siguientes precios para los siguientes 6 vehículos:

- Fiat 500 (5000 euros).
- Renault Twingo 2 (5000 euros).
- Mini 3 (5000 euros).
- Renault Kangoo 2 (5000-11000 euros).
- Renault Clio 3 (5000 euros).
- Volkswagen Polo 4 (5000 euros).

2.6. Motivación

La evolución hacia modos de transporte más sostenible es una realidad. El desarrollo de vehículos más eficientes y amigables con el medio ambiente en toda su cadena de valor toma una importancia crucial. En este sentido, el reciclaje de vehículos clásicos o usados toma importancia. Además, las medidas tomadas por los países de la UE en consecución de los ODS hacen que las restricciones de movilidad para vehículos contaminantes en los centros de las ciudades sean cada vez mayores.

En línea con este razonamiento, toma sentido la transformación de vehículos clásicos con motor de combustión interna a motor eléctrico. Para ello es necesario que los vehículos sean validados por una serie de certificaciones legales exigidas para la libre circulación por la vía pública. Así, se encuentra un segmento de mercado en auge, que contribuye poder seguir disfrutando y utilizando estos vehículos restaurados en las calles de cualquier ciudad.

2.7. Objetivos del Proyecto

Los objetivos de este proyecto son los siguientes:

- Estudiar qué tipo de cojinetes serían necesarios para el soporte motor y la transmisión en el cambio a motor eléctrico.
- Exponer la relación de transmisión y velocidades del vehículo para la caja de cambios escogida.
- Diseñar la placa adaptadora del nuevo motor a la caja de cambios.
- Conseguir resolver la pregunta de cuánto puede llegar a costar realizar una conversión a un particular.
- Cómo de factible es realizar procesos en serie de esta metodología y cuáles serían los nuevos métodos aplicables.
- Responder a la pregunta de si las leyes españolas ayudan o restringen este tipo de prácticas, haciendo que sean difíciles o fáciles para un entusiasta o una empresa que quiera dedicarse a ello.
- Valor real aportado a los objetivos ODS y a los entusiastas de la cultura del motor.
- Escalabilidad a otro tipo de vehículos, pudiendo utilizar los mismos métodos de transformación que en el Mazda MX5 NB.

3. Piezas necesarias *Retrofit*

Para saber las piezas que se necesitan para un proyecto *retrofit*, primero se deben conocer las piezas y sistemas que van a sustituirse, ya que van a modernizarse y adaptarse a la nueva configuración.

Los elementos más característicos que hay que sustituir en un proyecto *retrofit* son los siguientes:

- Sistema de alimentación
- Alternador
- Motor de arranque
- Servofreno
- Bomba de dirección hidráulica
- Sistema de refrigeración
- Transmisión
- Sistema de escape
- Adaptación de la caja de fusibles
- ECU

Diseño de los soportes motor y acoples de transmisión para una conversión de Mazda MX5 NB a vehículo eléctrico

Estos elementos, en algunos casos ya no son necesarios y no deben sustituirse, como por ejemplo el alternador o el motor de arranque. Otros elementos deben sustituirse con especial efectividad, ya que suponen partes importantes para la seguridad y manejabilidad del vehículo, como el servofreno o la dirección asistida.

La selección de componentes nuevos basados en el nuevo sistema de propulsión eléctrica son los siguientes:

- **Paquete de baterías:**
El paquete de baterías debe escogerse acorde al voltaje soportado por el motor y por el controlador. La capacidad del paquete de baterías definirá la autonomía del vehículo y la capacidad de rapidez de la carga y la descarga. Es el elemento más caro de todos los necesarios para la conversión.
- **BMS:**
El Battery Management System es un componente electrónico que gestiona la potencia de las baterías, en cuanto a que se ocupa de su correcta carga y descarga.
- **Controlador/inversor del motor:**
Gestiona la corriente que le llega al motor desde las baterías. Controla la señal que le llega al motor trifásico y debe aguantar la corriente y tensión máxima de las baterías. La intensidad máxima que soporta el controlador será la limitación de potencia del motor, ya que el controlador actúa como fusible en caso de fallo ante un pico de tensión.
- **Precargador:**
Se emplea para cargar el banco de capacitores interno del controlador del motor, ya que así se evita un pico de corriente al cerrar el contactor principal.
- **Fusible:**
Se coloca como método de seguridad, evitando que el controlador falle por sobrecarga y se estropee.
- **Motor:**
Debe de ser de una potencia aproximada al motor original que se está sustituyendo. Para que no se requiera una homologación especial por exceso de potencia y que no sea necesario aumentar la capacidad del sistema de frenos. En el siguiente capítulo se estudian los tipos de motores eléctricos usuales en los proyectos *retrofit*, y cuál de ellos es el más adecuado para este proyecto.
- **Bomba de vacío:**
Se utiliza para mantener el mismo sistema de frenos hidráulico original. Suelen ser de 12 voltios, alimentadas por corriente continua.
- **Placa adaptadora motor-caja de cambios:**
En el caso de utilizar la caja de cambios original, o utilizar otra caja de cambios que no vaya incluida en la carcasa del motor, será necesario fabricar un acoplamiento completamente ajustado para conseguir un conjunto motor-transmisión completamente funcional.
- **Soportes motor:**
En el caso de este proyectos, son el objeto de estudio principal, pero podrían utilizarse otros más genéricos que permitiesen adaptar el nuevo sistema al vehículo.

Más adelante se concretarán los componentes específicos del proyecto, siendo esta lista de componentes totalmente válida para el posterior análisis de costes y análisis de mercado.

4. Estudio de tipos de motores eléctricos

Para la elección del motor, se ha tenido en cuenta las tecnologías que se han utilizado en vehículos eléctricos durante los últimos años, incluso las de los primeros vehículos híbridos de los años 2000. Las tecnologías han evolucionado y su uso se ha extendido.

En un estudio [15] del año 2014, se comparan diferentes tecnologías utilizadas en motores eléctricos para uso en vehículos eléctricos: el Motor de Reluctancia Conmutada (SRM – *Switched Reluctance Motor*), el Motor de Inducción (IM – *Induction Motor*), el Motor de CC sin escobillas y el Motor de Imanes Permanentes (PM – *Permanent Magnet*). Se han comparado teniendo en cuenta su eficiencia, coste, peso, capacidad de refrigeración, velocidad máxima, fiabilidad, tolerancia a fallos, rangos de potencia y tiempo de aceleración del vehículo. Se trata de un criterio de análisis muy completo, que dota de fiabilidad al estudio. Las conclusiones obtenidas en este estudio aseguran que los Motores de Imanes Permanentes sin escobillas y corriente continua (PM BLDC – *Permanent Magnet Brushless DC Motor*) son los más eficientes y tienen una potencia alta. Los motores de CC sin escobillas tienen un coste bajo. Los IM son apropiados para el control y el coste. El peso de SRM es bajo y su fiabilidad es alta, opera con tolerancia a fallos y según el tiempo de aceleración, su rendimiento es mejor que el IM y el BLDC. Por lo tanto, el SRM es el motor más apropiado para un vehículo eléctrico. [15]

En un estudio [16] del año 2008 se comparan diferentes tecnologías posibles de motores eléctricos también para su uso en vehículos eléctricos. Se concluye con que, aun siendo los motores de inducción una tecnología más madura que otras tecnologías, para la aplicación en vehículos eléctricos es más conveniente utilizar motores BLDC y motores PM.

Finalmente, el motor seleccionado es un motor más moderno que los anteriormente expuestos. Se trata de un motor trifásico de reluctancia síncrona de imanes permanentes internos (SRIPM-*Synchronous Reluctance Internal Permanent Magnet*). Esta tecnología combina las ventajas de los motores PM y los de reluctancia síncrona, que son los dos grupos más recomendados por los estudios anteriormente mencionados.

El motor escogido es el Net Gain HyPer 9 HV AC. Tiene una eficiencia de hasta un 94%. El controlador correspondiente, un AC-X144 de SME Group, acepta un voltaje de CC del lado de suministro de hasta 180 voltios y genera una salida de hasta 500 amperios, con un pico de potencia de 88 kW (120 CV). Los imanes permanentes son un nuevo diseño, fabricado sin utilizar elementos de tierras raras, pero aun así, obteniendo una gran eficiencia y un par de hasta 235 Nm.

Es un motor comúnmente utilizado en la industria del *retrofit*, y se puede obtener en packs que incluyen el controlador y otra serie de elementos. Incluso se venden packs de iniciación que permiten a un usuario con ciertos conocimientos de mecánica y electricidad ser capaz de modificar su coche y convertirlo a eléctrico.

5. Estudio de la caja de cambios original Mazda

Para comprobar que la caja de cambios original puede ser válida para el nuevo motor, se deben comparar primero una serie de aspectos para que el rendimiento y la usabilidad del vehículo queden intactas. Los aspectos más importantes de estudio para la caja de cambios son:

- Curva de par-potencia del motor del Mazda MX5 1.6 (110 CV – 81kW y 134Nm).
- Desarrollos de la caja de cambios y el diferencial.
- Velocidad máxima del vehículo.
- Comparación del par que llega a las ruedas con el motor eléctrico y con motor original en el rango usable de revoluciones por minuto (RPM) del motor.
- Valorar la posibilidad de la necesidad de un disco de embrague más robusto.

La curva característica del motor del Mazda MX5 NB 1.6 litros es la mostrada en la Figura 12. Se puede observar que el par motor máximo es de 134 Nm y se encuentra a 4750 rpm, mientras que la potencia máxima es de 110 CV (80.85 kW) y se encuentra a 6500 rpm.

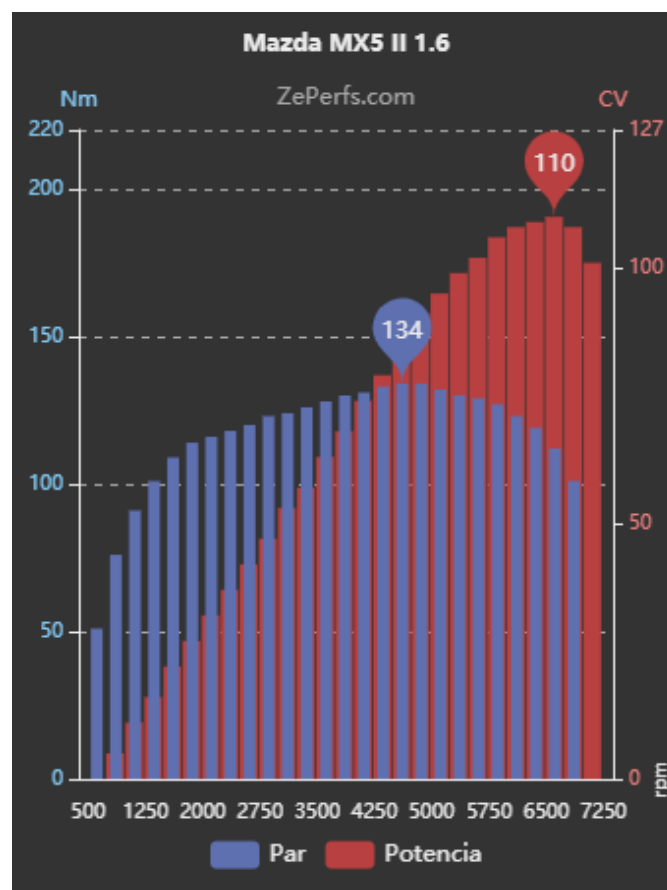


Figura 12. Curva Par-Potencia Mazda MX5 NB 1.6 [17]

El diagrama de cambio de marchas para el aprovechamiento máximo del motor de cara a una aceleración máxima del vehículo es el mostrado en la Figura 13. Se puede observar que el límite de revoluciones se encuentra en 7000 rpm, teniendo como máximo recomendado 6500 rpm, que es donde el motor alcanza su máximo de potencia y donde puede aprovecharse más la fuerza del motor para la siguiente marcha y poder seguir acelerando con máxima eficiencia.

Diseño de los soportes motor y acoples de transmisión para una conversión de Mazda MX5 NB a vehículo eléctrico

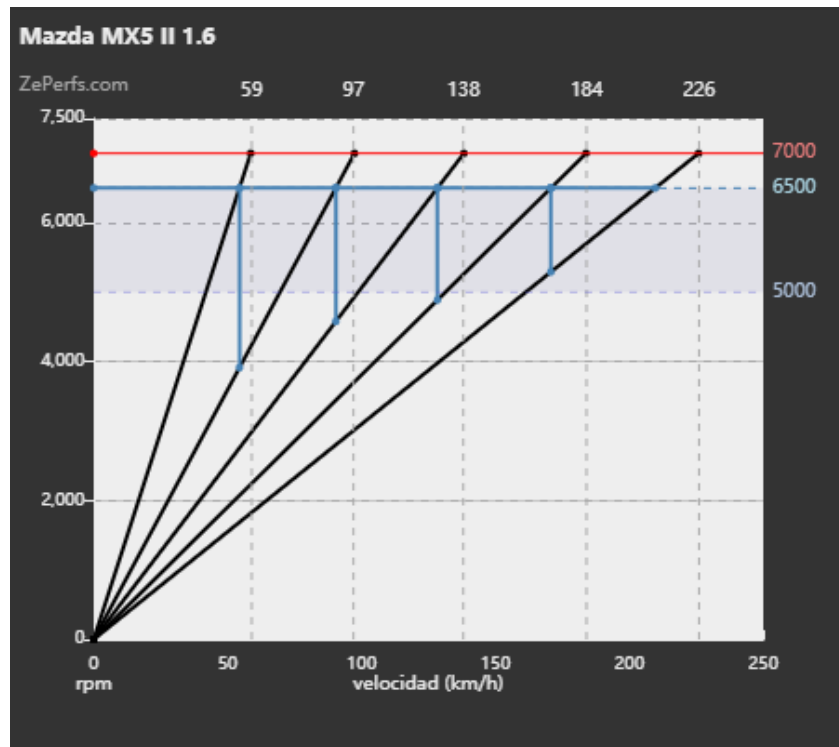


Figura 13. Diagrama cambio Mazda MX5 NB 1.6 [17]

NetGain Motors, Inc.

800 South State Street / Suite 4 / Lockport, IL 60441 / 630-243-9100 / 630-685-4054 (FAX)

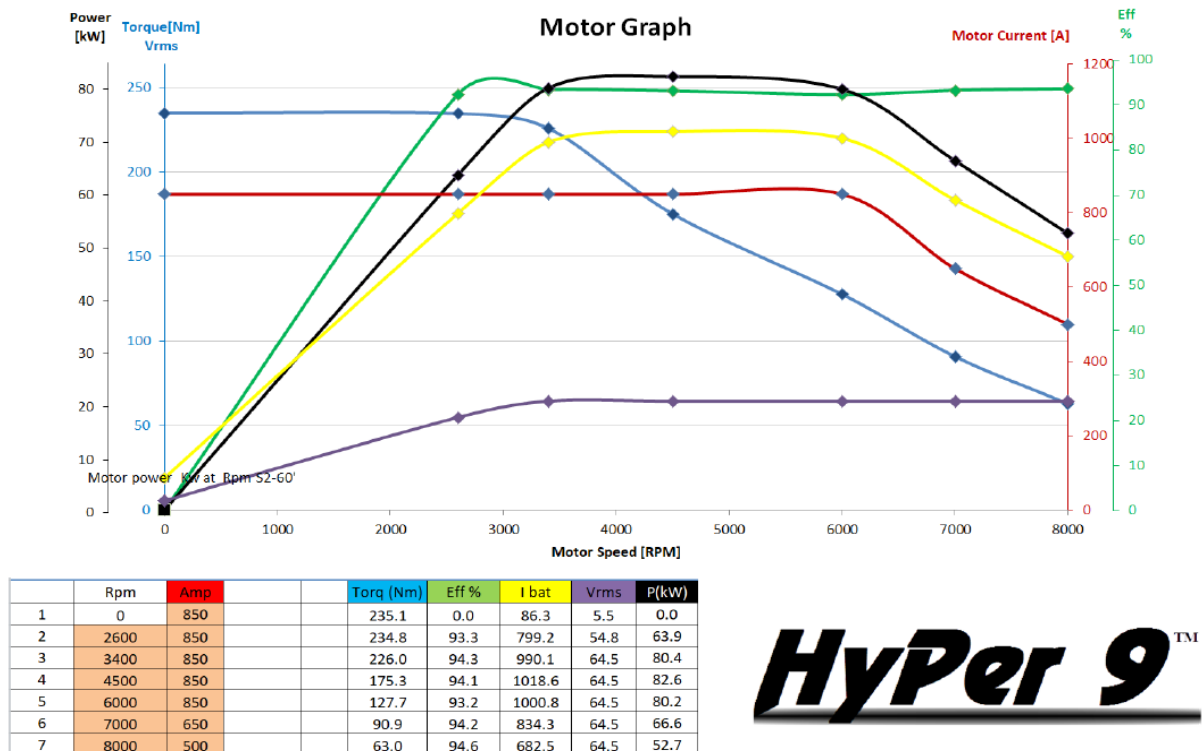


Figura 14. Curva par-potencia-intensidad-tensión-eficiencia del motor eléctrico NetGain Hyper 9. [18]

Diseño de los soportes motor y acoples de transmisión para una conversión de Mazda MX5 NB a vehículo eléctrico

La información proporcionada por NetGain para el motor eléctrico HyPer 9 es la mostrada en la Figura 14. Se observa en la curva de par-potencia que el máximo de par lo da desde 0 rpm hasta 2600 rpm y a partir de ahí comienza a caer. La potencia máxima, sin embargo, se observa que toma sus valores máximos valor un poco después, desde 3400 rpm hasta 6000 rpm, teniendo el máximo de 82.6 kW (112.38 CV) a 4500 rpm.

Dado que el rango de rpm del nuevo motor eléctrico coincide con el rango del motor original del Mazda, se puede concluir con que la transmisión soportará la velocidad del eje del motor, manteniendo la usabilidad de diseño del motor eléctrico.

La potencia máxima pasa a ser de 110 CV a 6500 rpm en el motor Mazda, a 112.38 CV a 4500 rpm en el motor eléctrico HyPer 9. Eso supone que el límite de potencia llega antes, a menores rpm, por lo que habría que realizar el cambio de marchas antes para poder seguir aprovechando potencia y par en la siguiente marcha y ganar más aceleración en una conducción deportiva. Se muestra esta condición de manera más clara en la Figura 15.

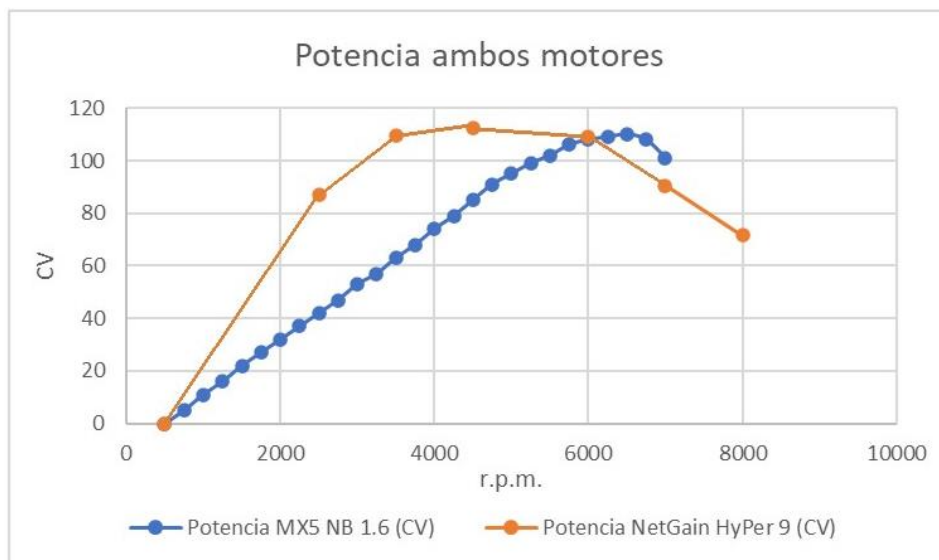


Figura 15. Potencia de ambos motores. (elaboración propia)

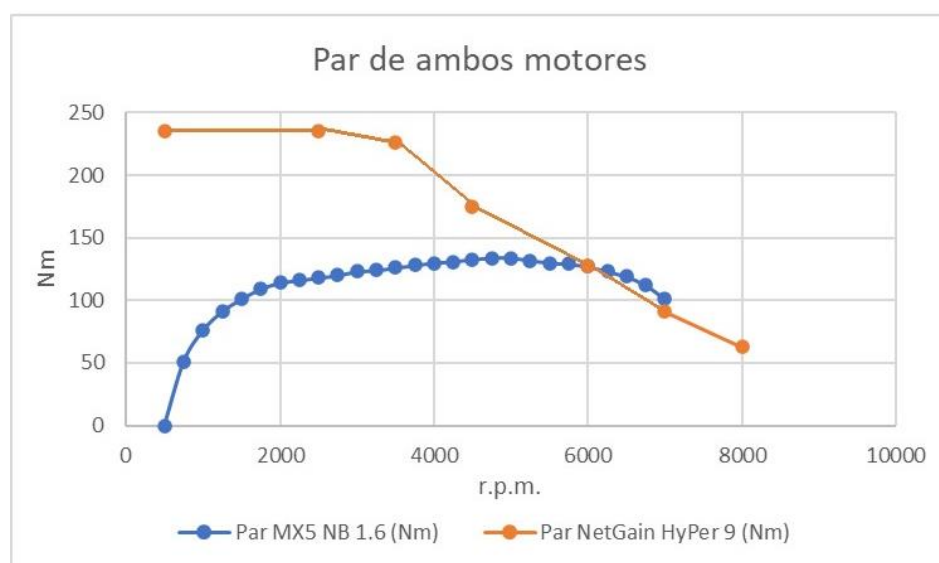


Figura 16. Par de ambos motores. (elaboración propia)

Diseño de los soportes motor y acoples de transmisión para una conversión de Mazda MX5 NB a vehículo eléctrico

El par máximo se incrementa desde 134 Nm a 4750 rpm hasta 235 Nm desde el inicio de la curva a 0 rpm, manteniéndose en valores similares hasta las 3400 rpm. Esto supone un aumento muy grande del par-motor, concretamente un aumento del 75%. La naturaleza de ambos motores se puede observar mejor de forma comparativa en la Figura 16.

Cabe valorar la posibilidad de sustituir el embrague por uno más robusto si el uso que se le va a dar al vehículo no va a ser tranquilo, ya que probablemente el embrague de serie no aguante la fricción, y además, la fuerza de bloqueo del sistema de embrague no sea suficiente. El par máximo del motor puede configurarse por electrónica y puede regularse a lo que desee el conductor, sin embargo, si se desea realizar una conducción más agresiva, una actualización del sistema de embrague sería necesaria.

Teniendo en cuenta los siguientes desarrollos del conjunto de la transmisión y diferencial mostrados en la Tabla 1, se obtienen las velocidades mostradas en la Tabla 2.

Desarrollos (km/h) cada 1000 rpm	
1ª marcha	8.2
2ª marcha	13.7
3ª marcha	19.4
4ª marcha	25.8
5ª marcha	31.7

Tabla 1. Desarrollos de la transmisión y diferencial Mazda MX5 NB. [17]

Velocidades (km/h)					
r.p.m.	1ª marcha	2ª marcha	3ª marcha	4ª marcha	5ª marcha
500	4.1	6.85	9.7	12.9	15.85
750	6.15	10.275	14.55	19.35	23.775
1000	8.2	13.7	19.4	25.8	31.7
1250	10.25	17.125	24.25	32.25	39.625
1500	12.3	20.55	29.1	38.7	47.55
1750	14.35	23.975	33.95	45.15	55.475
2000	16.4	27.4	38.8	51.6	63.4
2250	18.45	30.825	43.65	58.05	71.325
2500	20.5	34.25	48.5	64.5	79.25
2750	22.55	37.675	53.35	70.95	87.175
3000	24.6	41.1	58.2	77.4	95.1
3250	26.65	44.525	63.05	83.85	103.025
3500	28.7	47.95	67.9	90.3	110.95
3750	30.75	51.375	72.75	96.75	118.875
4000	32.8	54.8	77.6	103.2	126.8
4250	34.85	58.225	82.45	109.65	134.725
4500	36.9	61.65	87.3	116.1	142.65
4750	38.95	65.075	92.15	122.55	150.575
5000	41	68.5	97	129	158.5
5250	43.05	71.925	101.85	135.45	166.425
5500	45.1	75.35	106.7	141.9	174.35
5750	47.15	78.775	111.55	148.35	182.275
6000	49.2	82.2	116.4	154.8	190.2

Diseño de los soportes motor y acoples de transmisión para una conversión de Mazda MX5 NB a vehículo eléctrico

6250	51.25	85.625	121.25	161.25	198.125
6500	53.3	89.05	126.1	167.7	206.05
6750	55.35	92.475	130.95	174.15	213.975
7000	57.4	95.9	135.8	180.6	221.9
8000	-	-	-	-	-

Tabla 2. Velocidades alcanzadas con respecto a la marcha y las r.p.m. (elaboración propia)

Dado que la máxima velocidad real de este vehículo es de 190 km/h [17], esa debe de ser la velocidad teóricamente alcanzable también con el nuevo motor para que la conversión no vaya en detrimento de la posible usabilidad en circuito.

Para alcanzar dicha velocidad en la última marcha, el motor debe girar a 6000 rpm. Dicho valor está dentro del rango de funcionamiento del nuevo motor eléctrico, del que se obtienen a esas revoluciones una potencia de 109.11 CV y 127.7 Nm de par. Estos valores se consideran más que suficientes, ya que el motor original del Mazda ofrecía 108 CV de potencia y 127 Nm de par. Justamente es en este valor de revoluciones donde ambos motores comparten las mismas características de par y potencia.

Por tanto se concluye con que la transmisión original y el diferencial original son perfectamente válidos para el nuevo motor.

6. Estudio de Fuerzas y Vibraciones

El sistema de suspensión de un vehículo no se compone únicamente de los muelles, amortiguadores y neumáticos, que amortiguan las irregularidades que vienen desde el suelo hasta el habitáculo. También existen sistemas de amortiguación interna en el vehículo, que son menos sofisticados, pero igual de importantes en cuanto a confort y correcta funcionalidad de algunos elementos mecánicos.

Las vibraciones en un vehículo se dividen en dos grandes rangos [19]:

- 0 – 25 Hz: Se les considera vibraciones.
- 25 – 25000 HZ: Se les considera ruido.

De este modo, 25Hz es la frecuencia inferior al umbral de comodidad sonora.

Existe la distinción entre tipos de frecuencias según su componente principal. Las frecuencias verticales se clasifican del siguiente modo:

- 1 – 3 Hz: Frecuencias naturales de la carrocería.
- 5 – 40 Hz: Frecuencias de oscilación de masas no suspendidas (que generalmente se encuentran entre 10 y 20 Hz).
- 40 – 250 Hz: Oscilaciones producidas en las masas no suspendidas, debidas a las vibraciones naturales en los neumáticos.

Las fuentes primarias de estas oscilaciones son:

- Ajenas al vehículo (indirectas).
- Propias del vehículo (directas).

Las fuentes de vibración ajenas al vehículo provienen de la carrocería como vibraciones a causa de la aerodinámica del vehículo y vibraciones a causa de las irregularidades del terreno.

6.1. Irregularidades en el terreno

El perfil superficial de la carretera puede modelarse de dos maneras, como una Función Aleatoria Ergódica o como una densidad espectral de irregularidades.

Para simplificar, se tiene la siguiente clasificación con respecto a las ondulaciones en el terreno:

- Se consideran molestas las mayores a 2 cm de altura.
- Se considera que el firme es de calidad media cuando superan los 1.3 cm de altura.
- Se considera una gran calidad del firme cuando la altura de las ondulaciones supera los 5 mm.

Un valor usual de acumulación de irregularidades en una carretera media es de 1.18 – 1.34 m/km.

6.2. Fuentes de vibración propias del vehículo

Estas son las fuentes de vibración que va a tener en cuenta este estudio. Las mayores fuentes de vibración son las siguientes:

- Sistema de transmisión:
 - Embrague
 - Caja de Cambios

Diseño de los soportes motor y acoples de transmisión para una conversión de Mazda MX5 NB a vehículo eléctrico

- Árbol de transmisión. Es la principal fuente de vibración de este conjunto.
- Diferencial
- Semiejes o palieres.
- Motor.

En el caso de los motores de combustión interna, existen unos árboles que rotan en algunos motores, en función del número y posición de los cilindros. Estos árboles compensan la entrega de par inestable al cigüeñal, ya que se trata de una función con vaivenes.

Además, el diseño adecuado del sistema de sustentación del conjunto de la masa del motor y la caja de cambios puede utilizarse como “amortiguador” de vibraciones, también de la rueda delantera (12 – 15 Hz). Se utiliza esta masa como una reserva de inercia que, en el caso de motores posicionados en la parte delantera del vehículo, hace que el conjunto amortiguador – muelle trabaje más, absorbiendo mayores irregularidades del terreno.

6.3. Efecto de las vibraciones sobre el cuerpo humano

La percepción y la tolerancia humana a las vibraciones debe tenerse presente en el diseño de cualquier vehículo. El cuerpo humano, constituido por elementos con masa y elasticidad, se comporta como un sistema vibratorio. Este sistema vibratorio no es lineal y depende del estado de tensión o tensión muscular del sujeto. La posición del individuo y sus puntos de apoyo también son muy importantes. No recibe los mismos estímulos el conductor, con los pies en contacto con los pedales y las manos con el volante, que cualquier otro pasajero. Sería erróneo pensar que las vibraciones a los ocupantes en la cabina vienen únicamente a través del asiento.

Por ello, en la Figura 17 se muestra un sistema de 12 ejes utilizado en dummies de prueba en vehículos, con los que se miden las vibraciones transmitidas al cuerpo humano en cada uno de esos puntos y en la dirección de esos ejes. Así se consigue medir el nivel de susceptibilidad a las aceleraciones en el pecho, las nalgas y los pies.

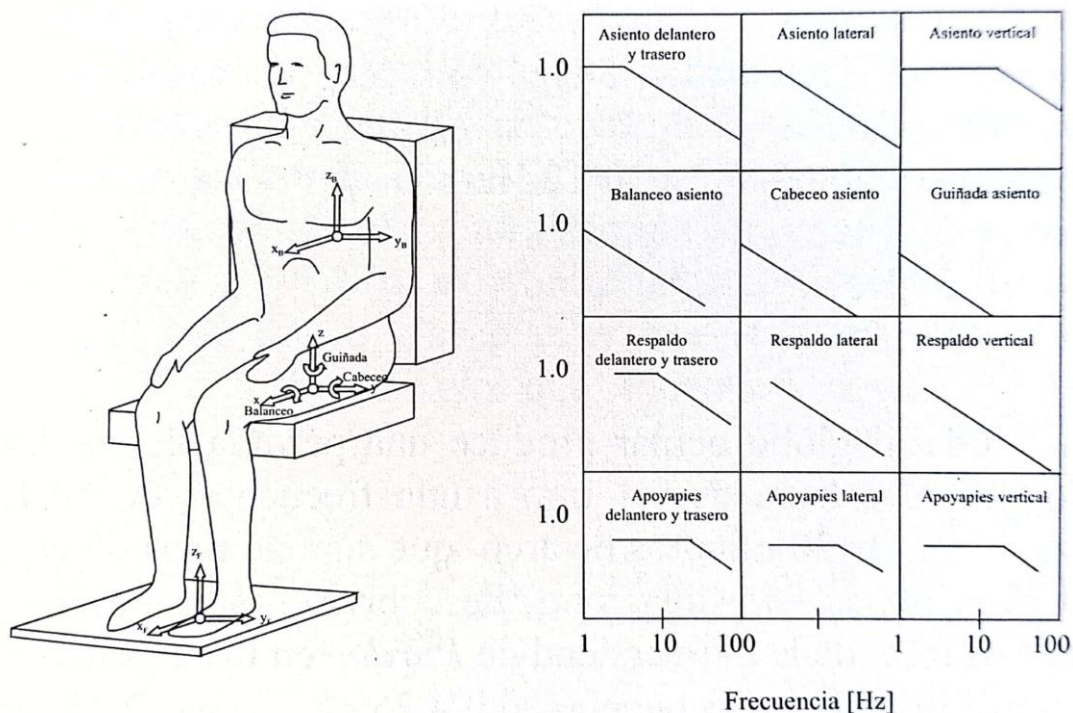


Figura 17. Evaluación de la susceptibilidad a las aceleraciones en 12 direcciones de forma simultánea. [19]

De esta forma, junto con otros métodos de medición, se ha constatado el riesgo de que alguna zona del cuerpo entre en resonancia con la frecuencia de excitación. Por ejemplo, las frecuencias de 5 a 6 Hz causan fatiga general, debido a la resonancia de los músculos, pudiendo afectar también a los órganos de la región visceral, que suelen verse afectados entre 5 y 7 Hz. En la Tabla 3 y la Figura 18 se muestran los límites superior e inferior de algunas zonas del cuerpo importantes.

Zona de resonancia	Límite Inferior [Hz]	Límite Superior [Hz]
Pierna flexionada (sentado)	2	2
Pierna rígida	20	20
Torso superior (Hombro)	4	5
Antebrazo	5	10
Columna vertebral (axial)	10	12
Brazo	16	30
Mano	30	50
Globo ocular	20	90

Tabla 3. Límites superior e inferior de resonancia de distintas partes del cuerpo humano. [19]

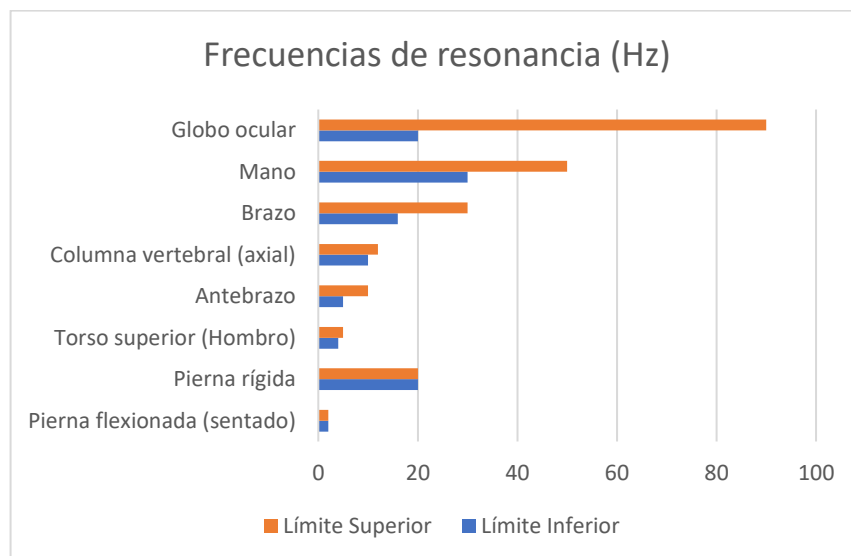


Figura 18. Gráfico de límites superior e inferior de resonancia de distintas partes del cuerpo humano (elaboración propia).

Se puede observar que el rango de vibraciones en las que alguna parte del cuerpo puede entrar en resonancia es bastante variado, desde los 2 Hz hasta los 90 Hz. Cada una de las molestias generadas en el cuerpo por estas vibraciones actúan de forma diferente. Desde una posible pérdida de visión o visión borrosa a causa de resonancia en el globo ocular, hasta mareos a causa de resonancia en la zona visceral.

6.4. Vibraciones esperadas de un motor SRIMP (Motor de Reluctancia Síncrona de Imanes Permanentes).

Las señales de vibración en las máquinas eléctricas se examinan para reducir el ruido acústico de la máquina y, lo que es más importante, para controlar las condiciones mecánicas y detectar los fallos con anticipación.

Las fuentes de vibraciones más comunes de las máquinas eléctricas se pueden enumerar de la siguiente manera: componentes armónicos en voltaje y/o corriente aplicados a los devanados, desequilibrios entre fases en motores trifásicos, condiciones de saturación, efectos de

magnetostricción, efecto de vibración del ventilador interno a la carcasa, efecto de vibración causado por piezas mecánicas como cojinetes, desalineación del eje, desalineación de la carga conectada al eje, etc. [20]. Analizando estas variables, se puede observar que las vibraciones son causadas tanto por componentes mecánicos como por efectos electromagnéticos.

La fuente de vibraciones electromagnéticas son campos magnéticos no deseados. Si se aplica voltaje al bobinado del motor, un flujo magnético se genera en el rotor y el estátor. Este flujo magnético genera fuerzas tanto en el estátor como en el rotor. A esto hay que añadir una fuerza que se genera en el bobinado, generada por las corrientes que circulan por ellas. De esta forma, el incremento del flujo electromagnético es necesario para el incremento de potencia, pero este flujo es también la mayor fuente de vibraciones por fuerzas radiales.

En cuanto a las vibraciones mecánicas, generalmente aparecen debido a los rodamientos (mala lubricación, temperatura, suciedad en las pistas de rodadura, etc), un eje desalineado o doblado, un rotor desbalanceado, desalineamiento de las cargas en el rotor o en el eje, engranajes en mal estado, etc. Un desajuste en el balance del rotor genera vibraciones dinámicas y ruido, en cuyo caso la vibración del rotor y el estátor crecen cada vez más. La solución a estos desajustes es el alineamiento del rotor para reducir dichas vibraciones mecánicas.

En un estudio en el que se analiza un motor trifásico de 400 V, 50 Hz, 4 polos, 20 Nm y 5 CV (3.7 kW) a 1500 rpm, se han determinado los espectros de frecuencias a los cuales se producen mayores vibraciones en un motor de reluctancia síncrono [20]. Primero, se realiza un análisis electromagnético para definir las fuerzas generadas. Luego, se realiza un análisis de respuesta armónica para obtener las vibraciones.

El espectro armónico de aceleraciones vibratorias sobre el rotor y el estátor son los mostrados en la Tabla 4. Los picos se producen a 300 Hz, 600Hz y 900Hz.

	Dirección	300 Hz	600 Hz	900 Hz
Estátor	X (radial vertical)	9 m/s^2	1 m/s^2	3.5 m/s^2
	Y (radial horizontal)	1.25 m/s^2	3 m/s^2	22.5 m/s^2
	Z (axial)	1.5 m/s^2	0.75 m/s^2	3.75 m/s^2
Rotor	X (radial vertical)	6 m/s^2	1.5 m/s^2	1 m/s^2
	Y (radial horizontal)	1 m/s^2	3 m/s^2	20 m/s^2
	Z (axial)	1.5 m/s^2	1.75 m/s^2	3.75 m/s^2

Tabla 4. Picos de aceleraciones para vibraciones armónicas en un motor SRM. [20]

Dado que no se conocen los elementos internos ni las medidas del motor de reluctancia síncrona de imanes permanentes (SRIMP) que se ha seleccionado para este proyecto, se ha considerado que las vibraciones características del motor SRM de la Tabla 4 serán similares a las que surgirían en el SRIMP.

6.5. Aplicación al estudio de los soportes del motor

A efectos de simplificar el estudio, se tendrán en cuenta únicamente las vibraciones producidas por el motor eléctrico que sustituirá al motor de combustión en el proyecto de *retrofit*.

Se diseñarán los soportes del motor y caja de cambios para que aguanten el par máximo del motor. Posteriormente se hará un análisis modal y se procederá al análisis de armónicos sobre los soportes. De esta manera, se conocerán las vibraciones del motor que los soportes son capaces de filtrar y analizar así la potencial incomodidad generada en el conductor y los pasajeros del vehículo.

Diseño de los soportes motor y acoples de transmisión para una conversión de Mazda MX5 NB a vehículo eléctrico

De esta forma, se puede simplificar la explicación del comportamiento vibrodinámico de los soportes desde la perspectiva de un único sentido de vibración.

Se toma el ejemplo de una máquina de masa M , forzada a moverse verticalmente, sujeta sobre una suspensión elástica S , con una constante de rigidez K , como se muestra en la Figura 19.

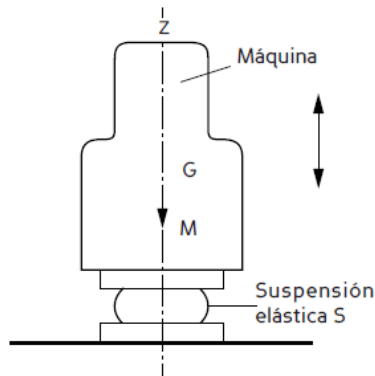


Figura 19. Masa sobre suspensión elástica.[21]

Las ecuaciones que definen el movimiento de la masa en Z , en el caso de no tener amortiguamiento, son las siguientes:

$$\text{Ecuación de movimiento: } z = A \sin(\omega_0 t)$$

$$\text{Pulsación propia: } \omega_0 = \sqrt{\frac{K}{M}}$$

$$\text{Frecuencia propia: } F_p = \frac{\omega_0}{2\pi}$$

La oscilación en este caso seguiría indefinidamente con amplitudes iguales a A . Sin embargo, en el caso de que exista amortiguamiento, dicha amplitud A va disminuyendo a medida que evoluciona el sistema en el tiempo, como se muestra en la Figura 20.

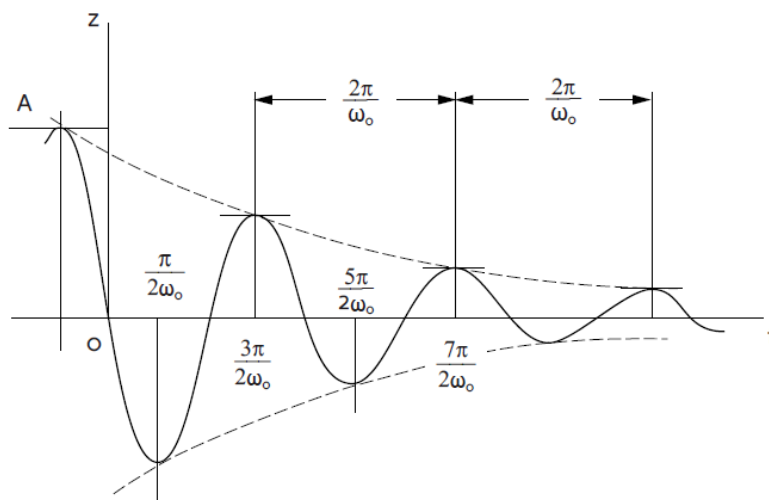


Figura 20. Evolución de oscilación amortiguada. [21]

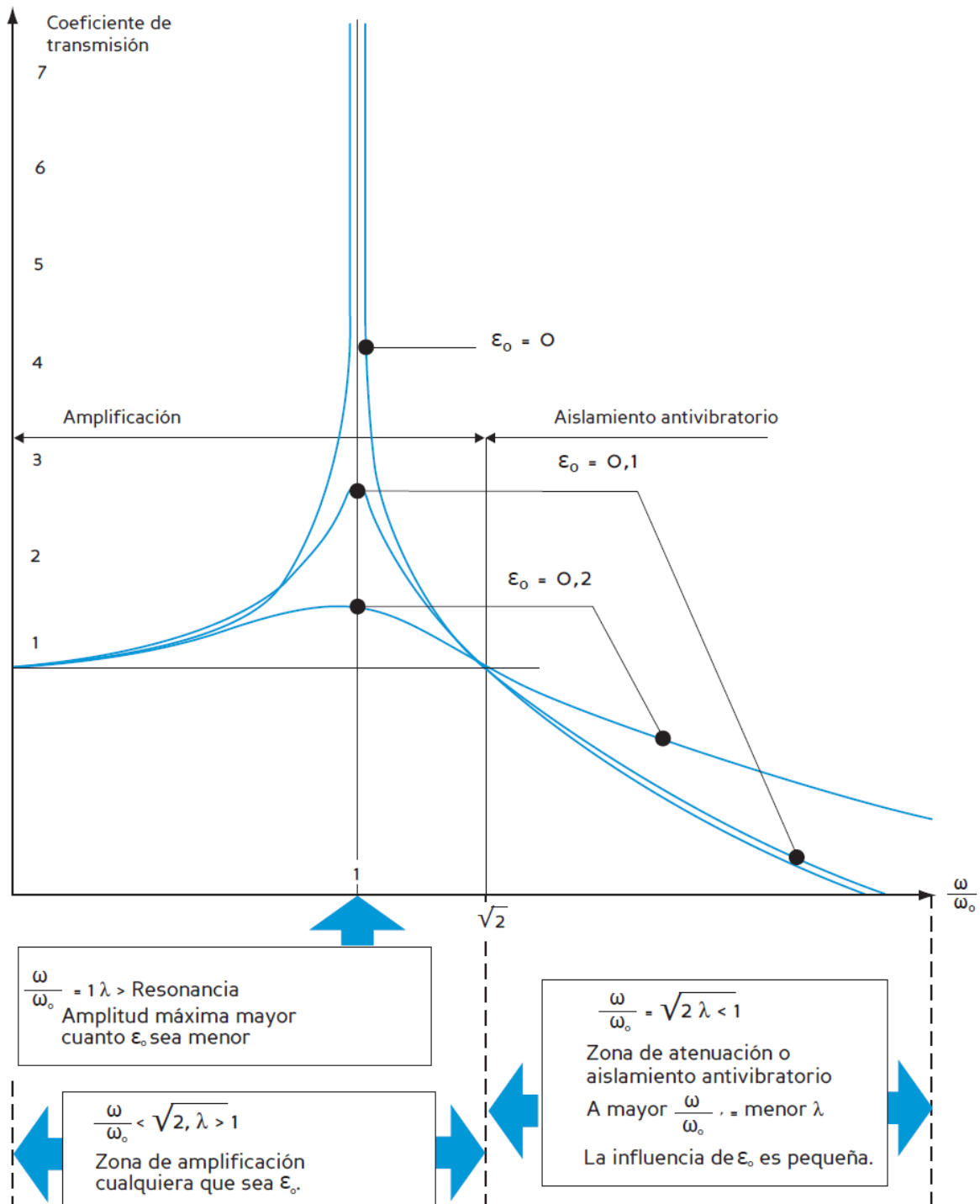


Figura 22. λ en función de ω/ω_0 y diversos valores de ϵ_0 . [21]

La atenuación se ve influenciada por la frecuencia propia del sistema ω_0 , ante una frecuencia de excitación ω . El objetivo principal será, en rasgos generales, obtener una atenuación superior al 50%.

Sin embargo, las frecuencias que generan mayores vibraciones en el motor, al ser tan altas comparadas con las frecuencias que afectan al confort del pasajero, es posible que no afecten a dicho confort a nivel de contacto físico, únicamente a nivel acústico. De todas formas, se estudiarán las frecuencias de resonancia del sistema y se comprobará la atenuación de dichas señales del motor.

7. Elección de Materiales de Topes Motor (bushings o silentblocks)

Los materiales usuales para los apoyos de motores, como se ha explicado en el capítulo de estado del arte son: goma, poliuretano o algún material muy rígido, como el aluminio.

Ya que el material tiene que ser flexible y a la vez poder soportar las fuerzas ejercidas por el motor, se escogerá un material elástico, polimérico con alta resistencia a la compresión y que soporte dicha compresión deformándose elásticamente. Esto se traduce en un material con alta resistencia a la compresión y con un coeficiente de Poisson por encima de 0.3. Los materiales se han buscado en la herramienta Granta Edupack, donde se ha buscado la familia de polímeros - elastómeros (mostrados en la Figura 23) y se ha generado el gráfico de la Figura 24. En este último gráfico se muestran todos los elementos de la familia de los polímeros, clasificados en función de su resistencia a la compresión y su módulo de Poisson.



Figura 23. Familia de Polímeros – Elastómeros (elaboración propia).

Diseño de los soportes motor y acoples de transmisión para una conversión de Mazda MX5 NB a vehículo eléctrico

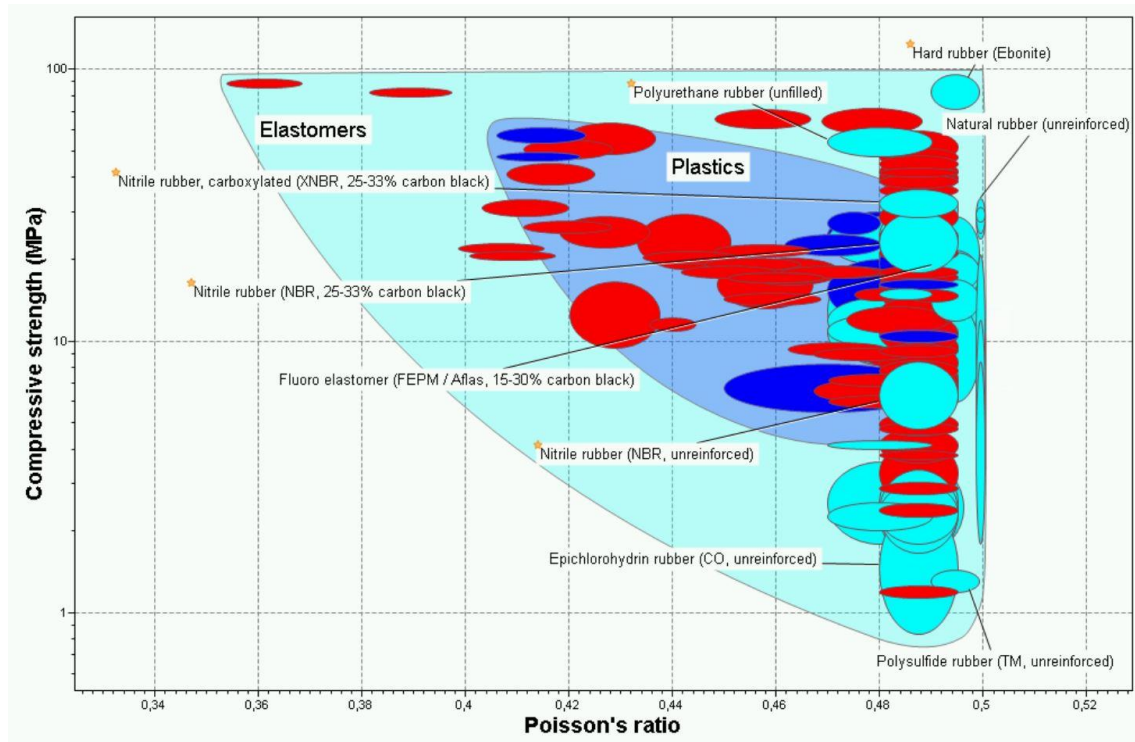


Figura 24. Familia de Polímeros. Resistencia a la compresión frente al módulo de Poisson (elaboración propia).

El último criterio ha sido estético, ya que se ha buscado que el material escogido no sea transparente o traslúcido, sino opaco.

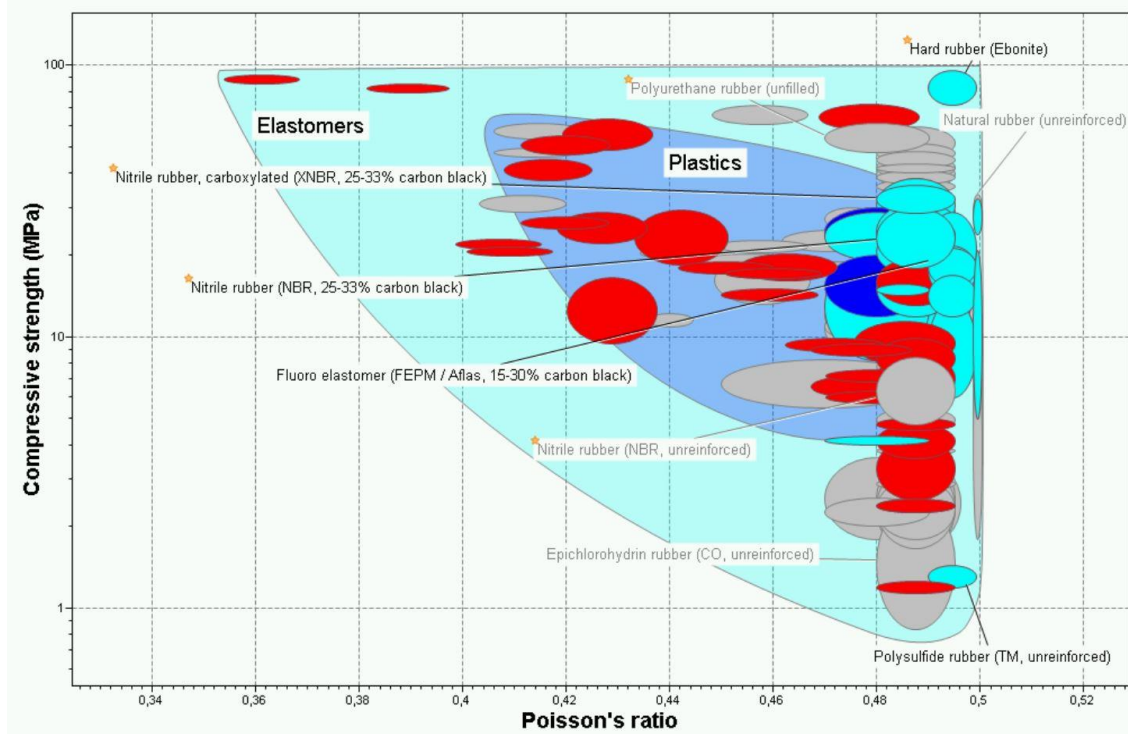


Figura 25. Familia de Polímeros. Resistencia a la compresión frente al módulo de Poisson, con el filtro de materiales opacos (elaboración propia).

Los materiales que quedan, mostrados en la Figura 25, son:

Diseño de los soportes motor y acoples de transmisión para una conversión de Mazda MX5 NB a vehículo eléctrico

- *Hard Rubber (Ebonite).*
- *Nitrile Rubber, carboxylated (XNBR, 25-33% carbon black).*
- *Nitrile Rubber (NBR, 25-33% carbon black).*

Para asegurar la correcta elección de los materiales, se evalúan los mismos con otros criterios. En la Figura 26 se comprueba que los tres materiales elegidos tienen una densidad que aproximadamente igual. En la Figura 27 se comprueba que los elementos que soportan mejor la compresión también soportan mejor la tracción. En la Figura 28 se observa que el XNBR es el material más caro de los tres, siendo el NBR el más barato.

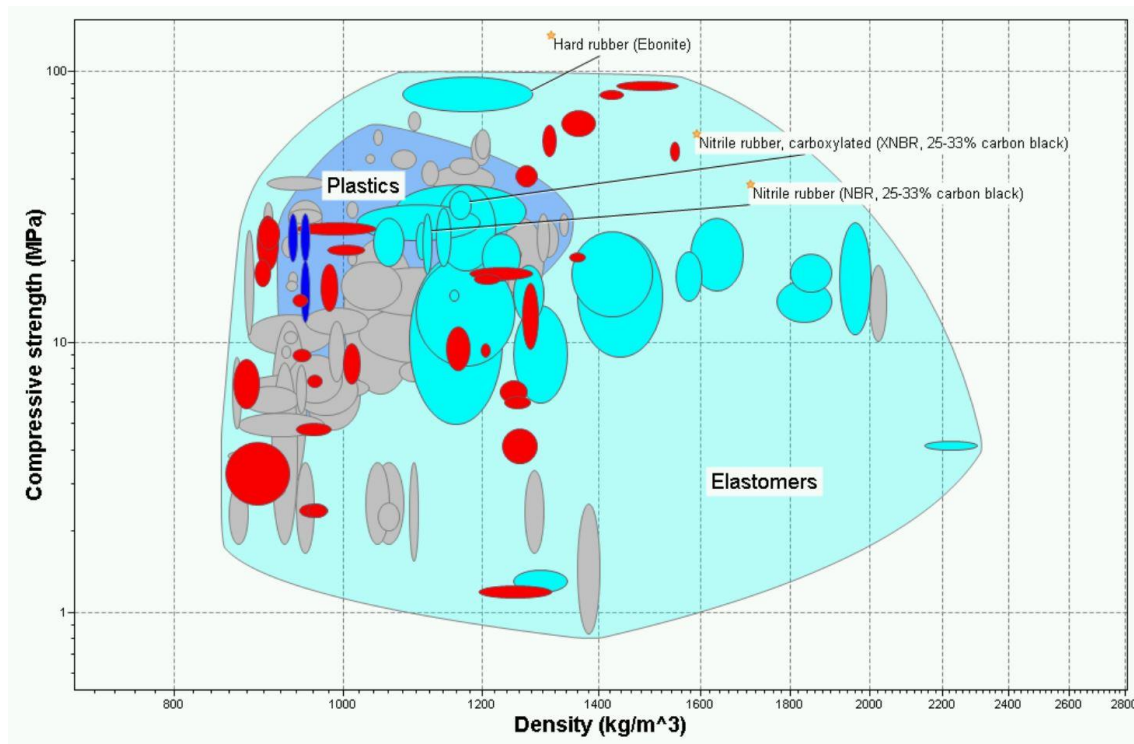


Figura 26. Familia de Polímeros. Resistencia a la compresión frente a la densidad, con el filtro de materiales opacos (elaboración propia).

Diseño de los soportes motor y acoples de transmisión para una conversión de Mazda MX5 NB a vehículo eléctrico

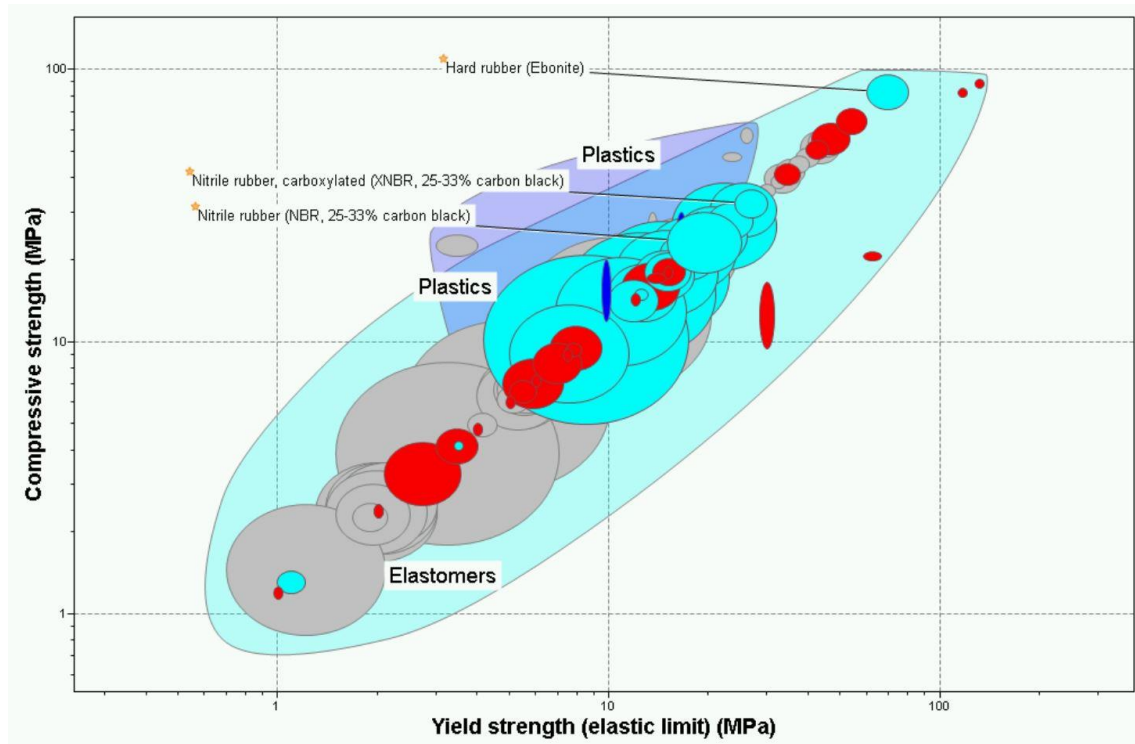


Figura 27. Familia de Polímeros. Resistencia a la compresión frente al límite elástico a tracción, con el filtro de materiales opacos (elaboración propia).

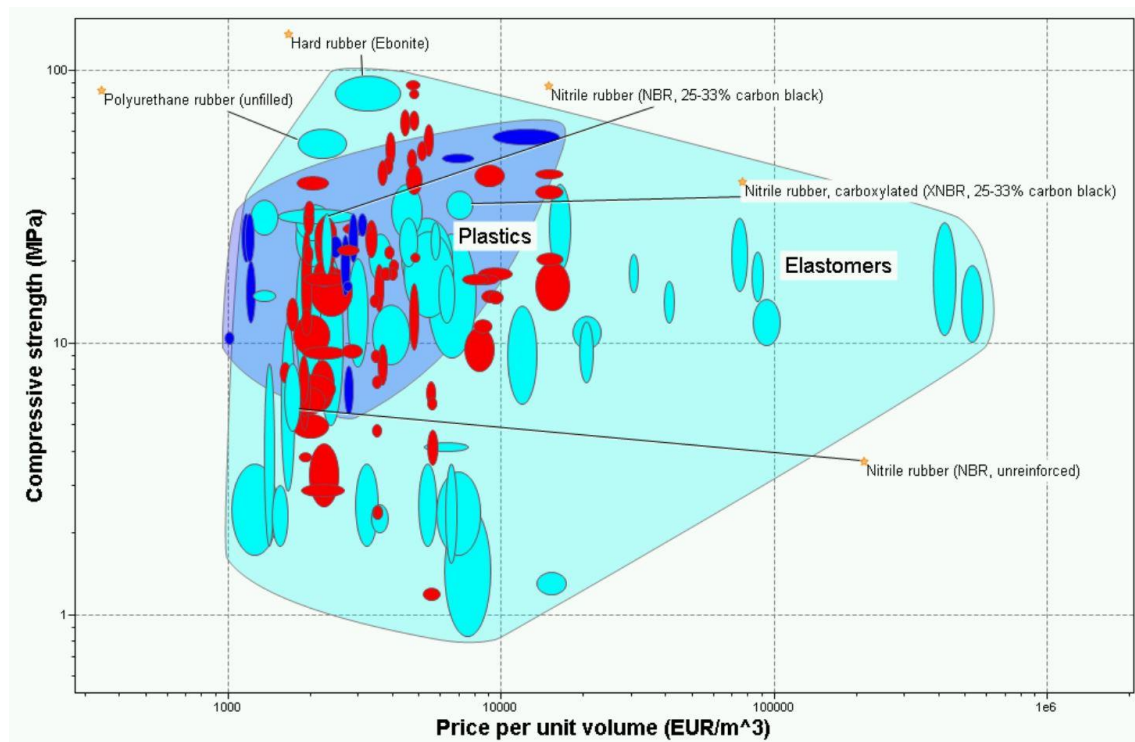


Figura 28. Familia de Polímeros. Resistencia a la compresión frente al precio por volumen, con el filtro de materiales opacos (elaboración propia).

Se concluye con que estos materiales pueden ser válidos para la tarea que se requiere realizar en los apoyos de motor y caja de cambios. De esta forma, se obtienen las hojas de características de estos

Diseño de los soportes motor y acoples de transmisión para una conversión de Mazda MX5 NB a vehículo eléctrico

materiales y se introducen en la librería de Ansys. Las hojas de características de estos materiales se incluyen en el ANEXO B.

8. Diseño del modelo 3D

El software CAD utilizado en el modelado 3D y la edición de ensamblajes ha sido Solidworks.

Para el diseño inicial de los soportes, se ha escogido la geometría más simple posible, de cara a abaratar costes y a simplificar el mallado para la simulación de esfuerzos y frecuencias por elementos finitos.

El objetivo de la simulación posterior a este diseño es analizar el material del que podrían estar hechos los apoyos del motor y caja de cambios, de forma que el resultado de la simulación y el estudio de materiales de los demás elementos se considerará superfluo. Por ello, todos los elementos que no sean los apoyos se simplificarán al máximo pensando en una rápida capacidad de análisis y calculo estructural y de vibraciones.

Se ha obtenido un modelo 3D exacto del motor escogido desde la misma página web del fabricante y proveedor, mostrado en la Figura 29.

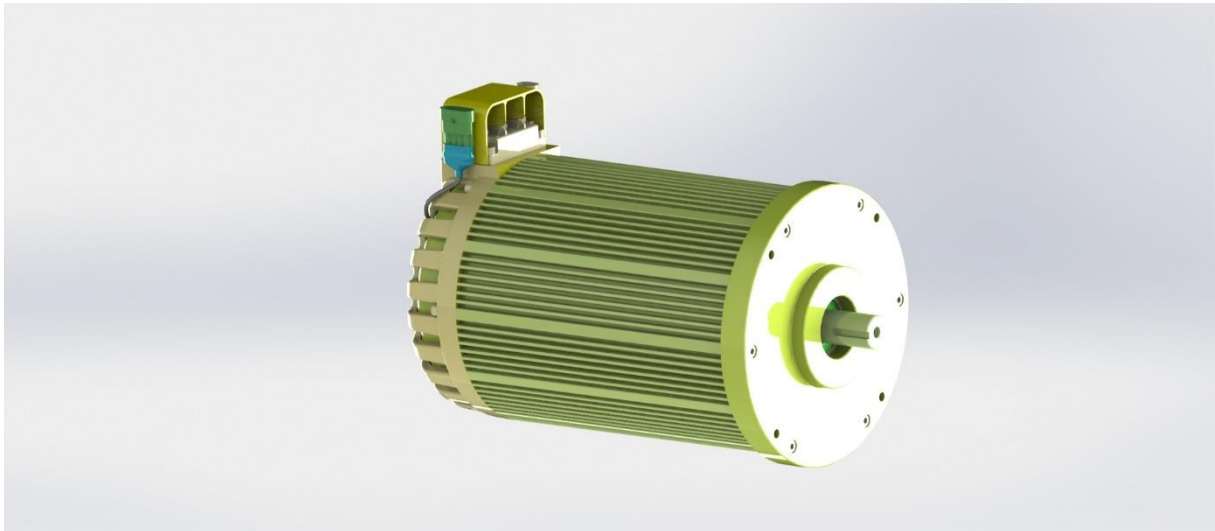


Figura 29. CAD del motor eléctrico NetGain Hyper 9 (elaboración propia).

Pensando en la simplificación de la simulación, se ha procedido a guardar el conjunto del motor como un único sólido, formado únicamente por las piezas estructurales imprescindibles. Se muestra en la Figura 30.

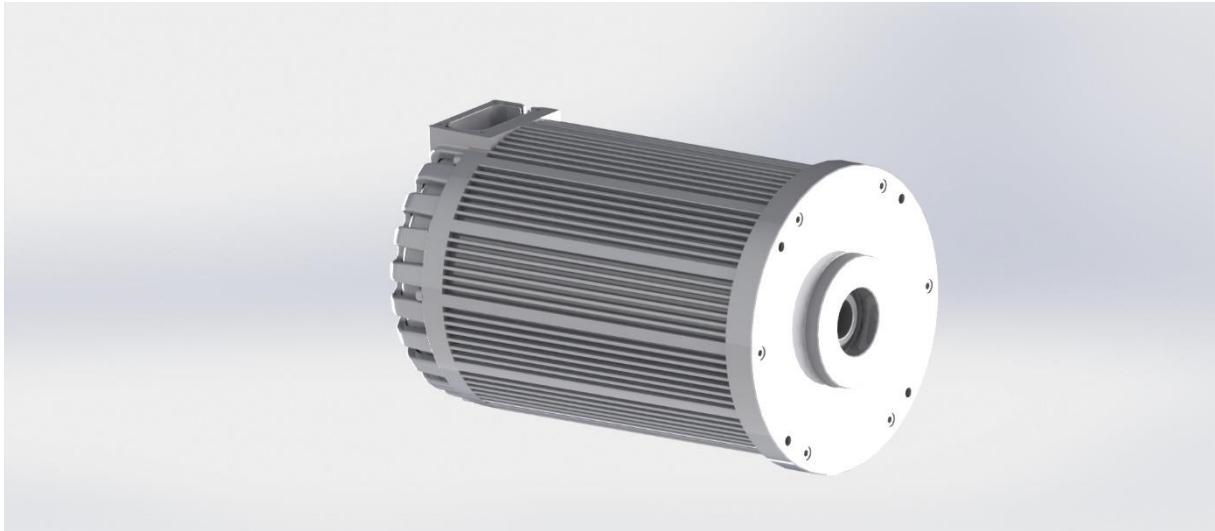


Figura 30. Motor NetGain Hyper 9 como sólido y simplificado (elaboración propia).

También se ha obtenido un escaneado 3D de la caja de cambios original del Mazda MX5. Se trata de un archivo de tipo parasólido descargado de la web GrabCad, mostrado en la Figura 31.

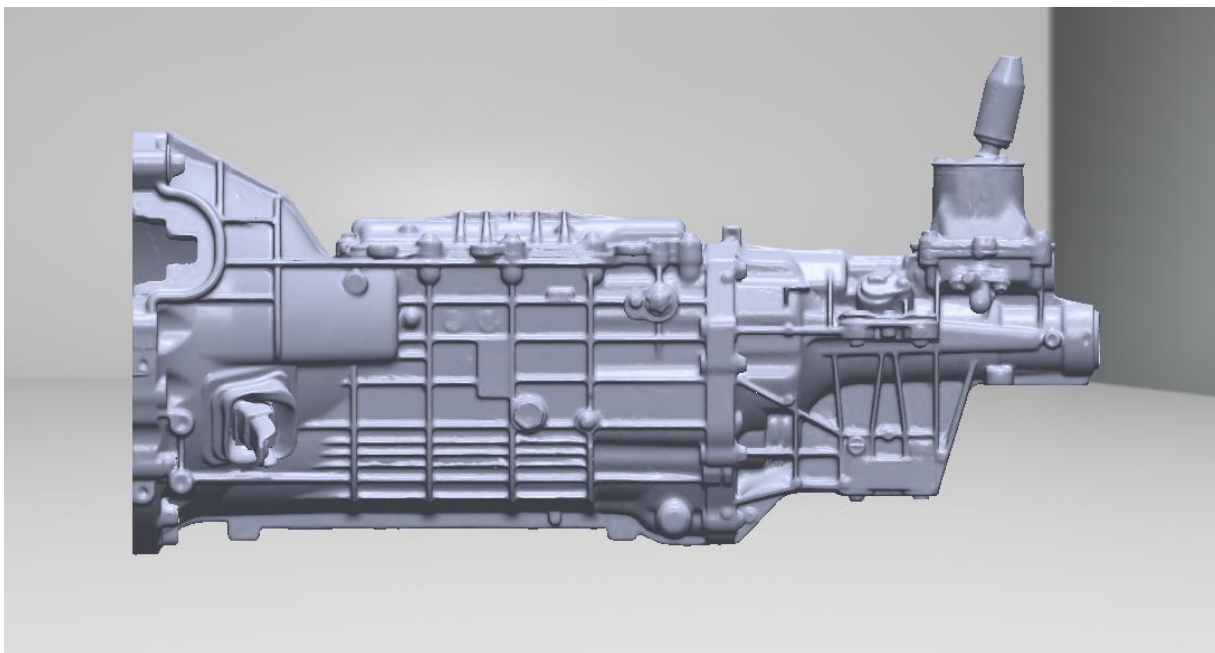


Figura 31. Escaneado 3D de la caja de cambios Mazda MX5 (elaboración propia).

Después se ha procedido a preparar y limpiar el escaneado de la caja de cambios, a efectos de poder crear superficies planas y taladros rectos que poder utilizar como conexiones para el ensamblaje completo. Se muestra una sección longitudinal de la caja de cambios vaciada y limpiada en la Figura 32.

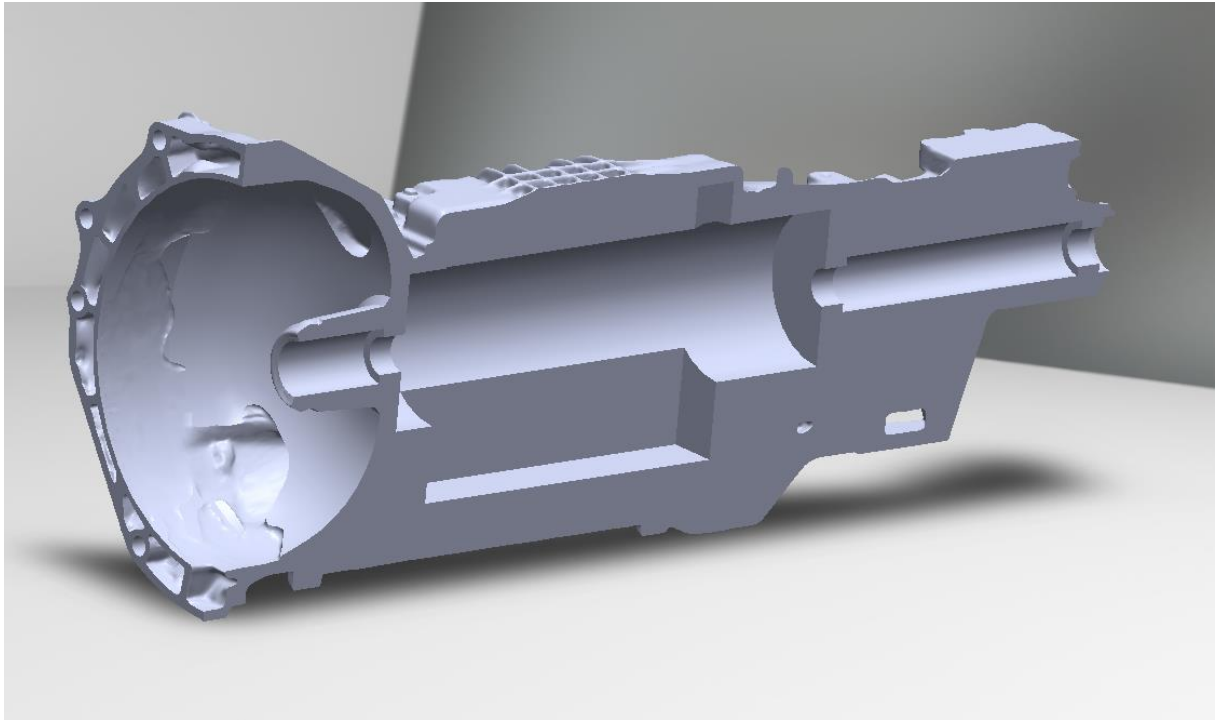


Figura 32. Sección longitudinal de la caja de cambios preparada para el ensamblaje (elaboración propia).

Para poder diseñar una placa adaptadora entre el motor y la caja de cambios se ha partido de un pre-ensamblaje desde el cual se ha extruido el contorno del área frontal de la caja de cambios. Después se ha alineado el motor con el eje de la caja de cambios y se ha orientado con los contactos de las tres fases del motor eléctrico en posición vertical. Después se han realizado los taladros para los tornillos que se utilizarán para mantener unidos la placa al motor, y por otro lado el motor a la placa. Por último, se ha procedido a colocar unos apoyos en una posición idealizada, aproximada a los apoyos originales del motor del Mazda MX5. El resultado se muestra en la Figura 33.

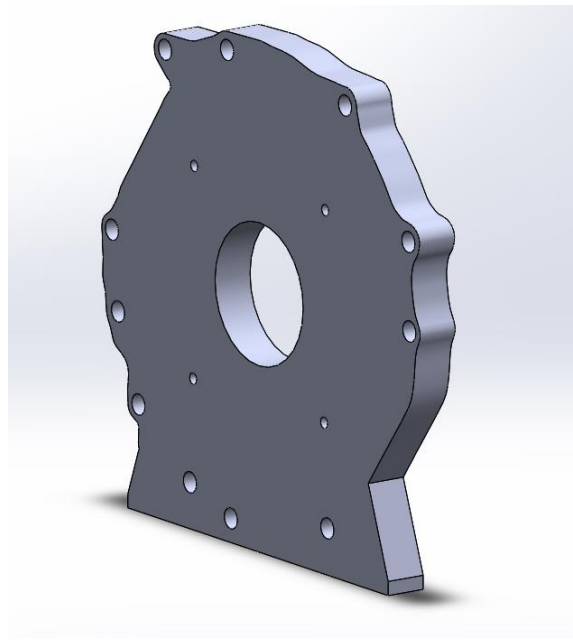


Figura 33. Placa adaptadora del motor a la caja de cambios (elaboración propia).

Diseño de los soportes motor y acoples de transmisión para una conversión de Mazda MX5 NB a vehículo eléctrico

Se han diseñado unos apoyos cilíndricos simples, emulando a los diseñados por Paulstra, que se muestran a continuación en la Figura 34.

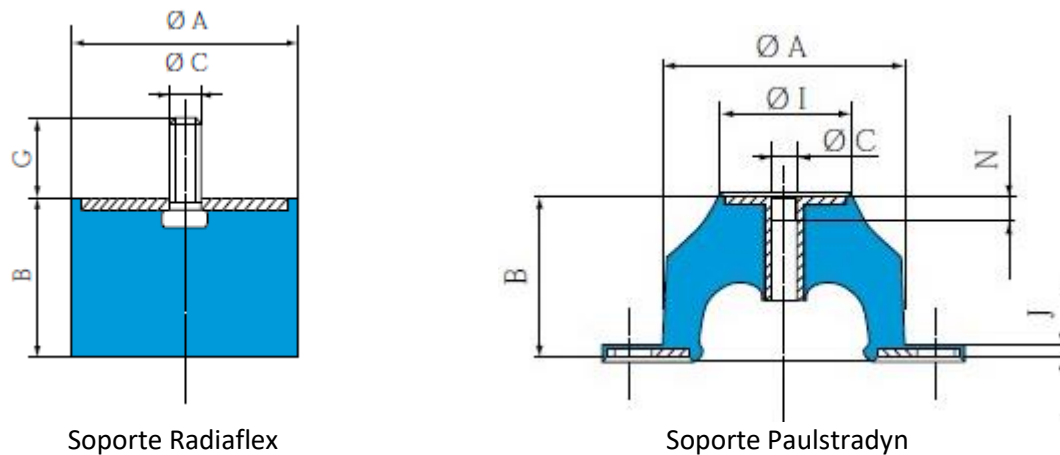


Figura 34. Soportes comerciales Paulstra. [22]

En la Figura 35 se muestran los soportes simplificados para poder hacer un mallado simple en la simulación por elementos finitos. Se han añadido a los apoyos unas copelas circulares de aluminio para que la presión se distribuya uniformemente sobre todo el apoyo. Soldados a esas copelas se añade un alma de aluminio, que se sitúa en el centro del apoyo, verticalmente situada. El efecto deseado de este alma es repartir la carga lateral sobre el material central del apoyo, de manera que se puede descargar a los contactos superior e inferior de carga de cortante.

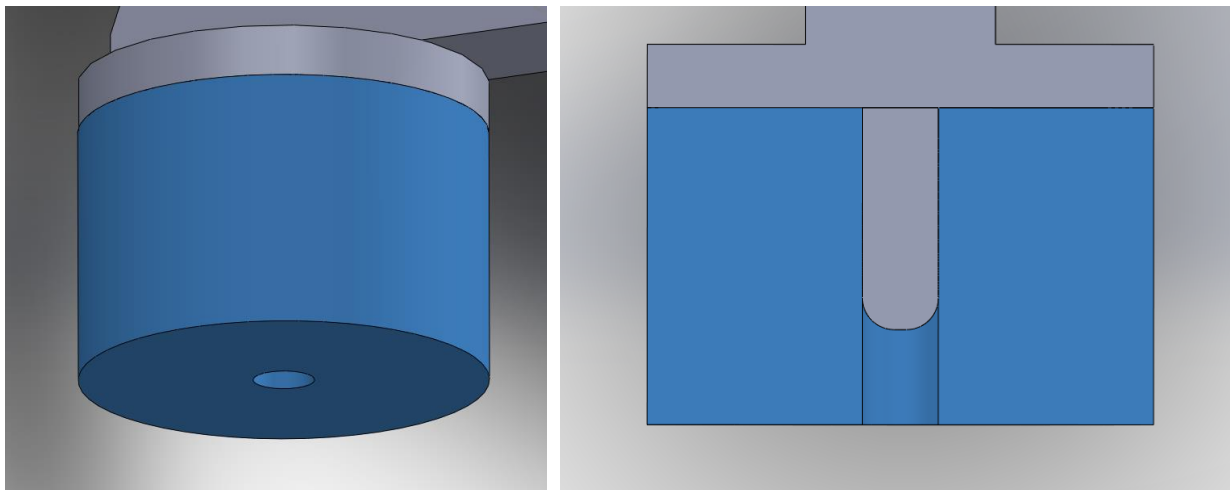


Figura 35. Cojinete simplificado (elaboración propia).

Para terminar, se han diseñado unos pasadores simples que harán las veces de tornillos en el ensamblaje, uniendo la placa al motor y uniendo la placa a la caja de cambios. Además, se ha alargado el eje del motor, haciéndolo pasar por la caja de cambios, apoyado en tres soportes distintos, que en la simulación harán las veces de rodamientos. De esta forma, en todo el ensamblaje el eje se apoya sobre 5 rodamientos diferentes, mostrados en la Figura 36.

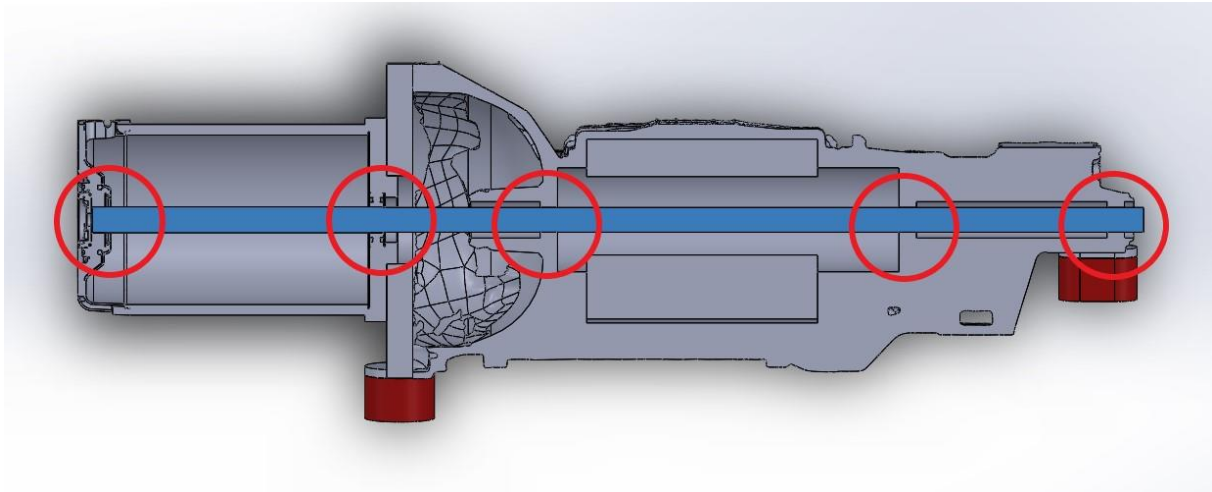


Figura 36. Sección del ensamblaje, con los apoyos de rodamientos señalados (elaboración propia).

El ensamblaje completo inicial, preparado para simulación es el mostrado en la Figura 37.

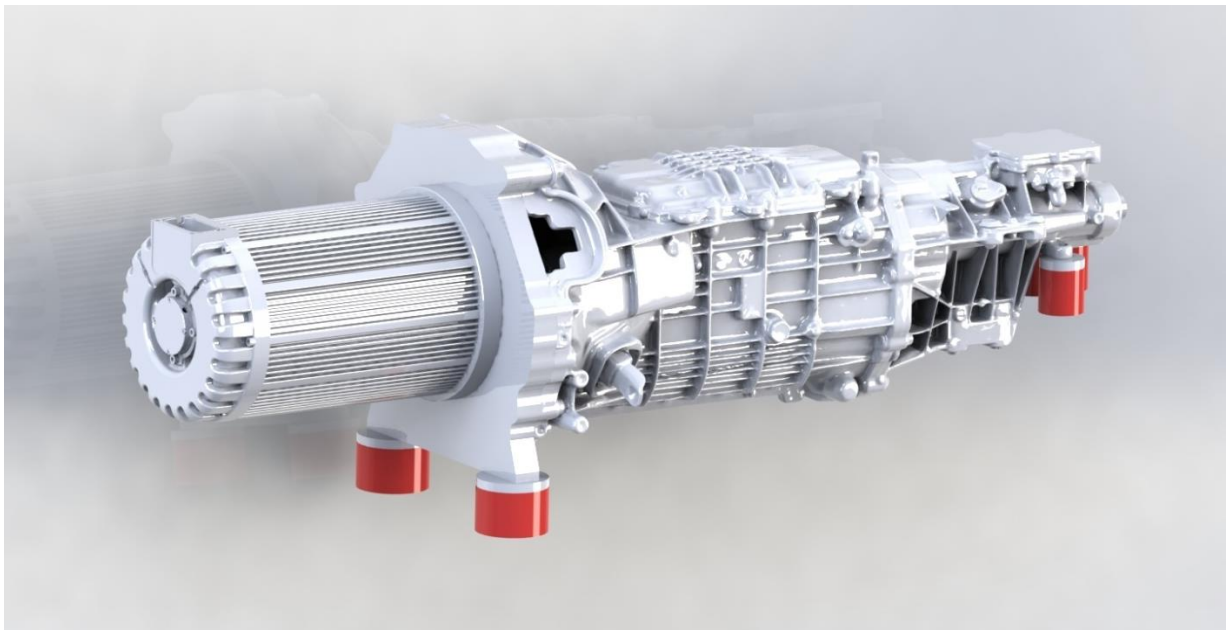


Figura 37. Ensamblaje inicial (elaboración propia).

Finalmente, tras varias iteraciones de simulación por elementos finitos (descritas en el capítulo siguiente) se optó por simplificar al máximo todo el modelo, a efectos de ajustar el mallado a una capacidad computacional determinada y así simplificar los cálculos necesarios de las simulaciones.

Se simplificó el motor, la caja de cambios y se eliminaron los pasadores del conjunto (se sustituirían por unas conexiones determinadas en Ansys), todo ello respetando las posiciones originales de apoyos y geometrías de los mismos. El resultado del ensamblaje final para simulación se muestra en la Figura 38.

Diseño de los soportes motor y acoples de transmisión para una conversión de Mazda MX5 NB a vehículo eléctrico

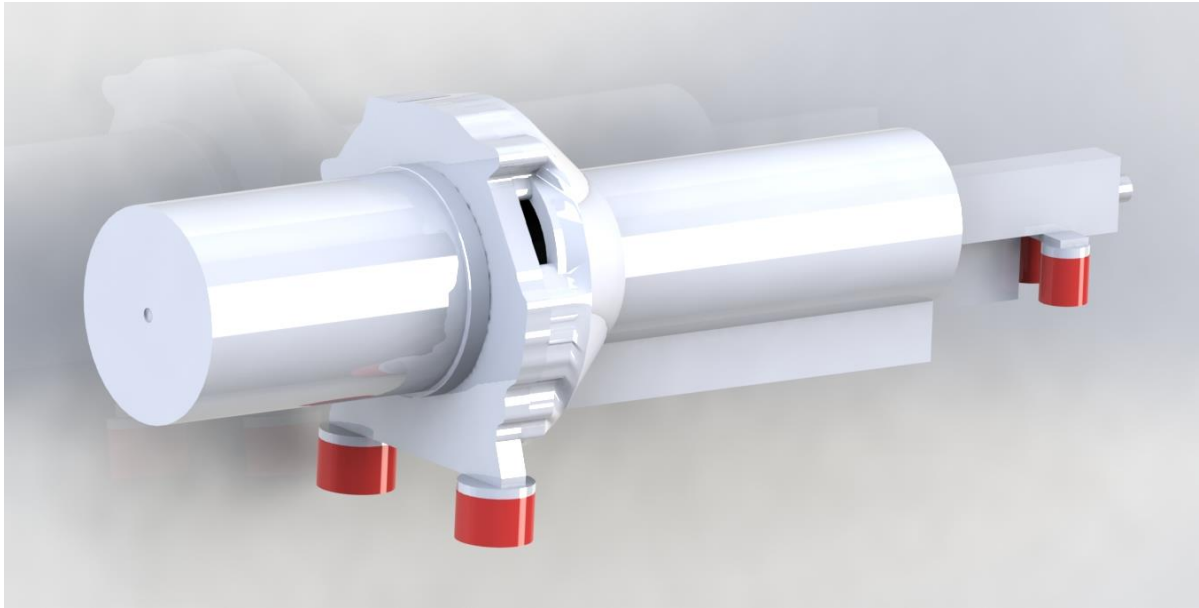


Figura 38. Ensamblaje final para simulación (elaboración propia).

9. Análisis estructural por el método de elementos finitos

Como se ha expuesto en el capítulo de diseño 3D, el objetivo de la simulación es analizar el material de los apoyos, no el de los otros elementos del ensamblaje. Es por ello que todos los elementos del ensamblaje se han simplificado al máximo, con vistas a poder hacer un mallado sencillo de las piezas, que permita poco tiempo de computación. El ensamblaje inicial no permitía una malla sencilla ni en el motor ni en la caja de cambios. Se muestra la malla fallida en la Figura 39.

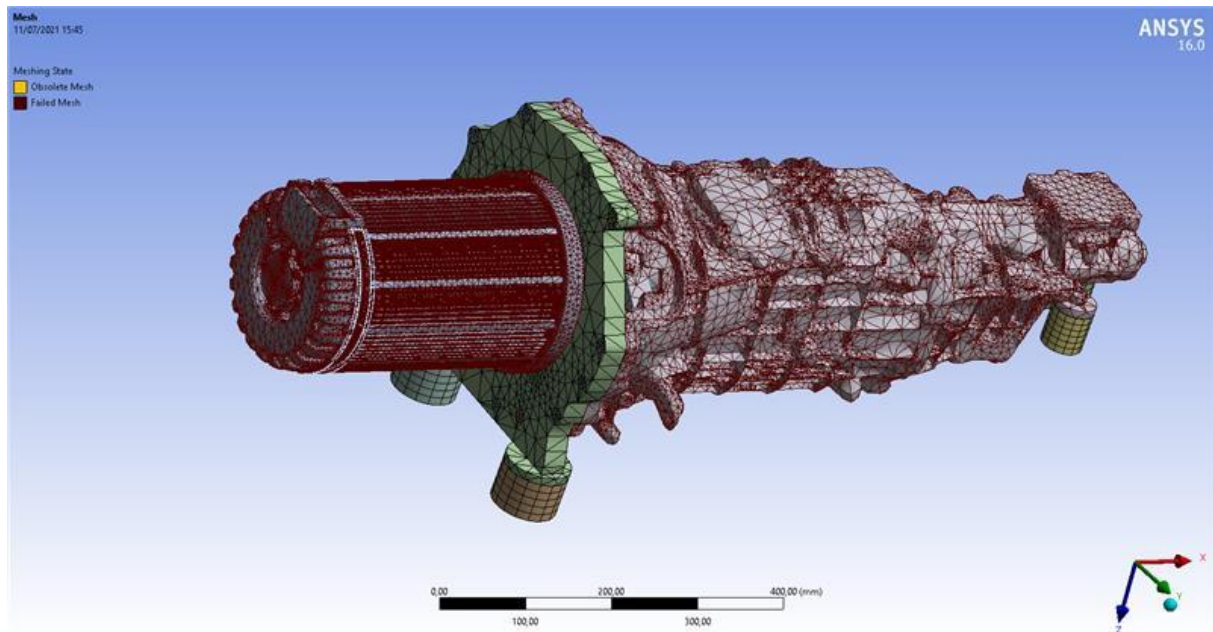


Figura 39. Intento de mallado del ensamblaje inicial (elaboración propia).

Para poder mallar de una forma menos complicada, se ha simplificado el motor y la caja de cambios, ya que daba error al mallar. Se ha transformado como se define en el capítulo anterior, mostrado en la Figura 38.

La caja de cambios también ha necesitado una simplificación, ya que Ansys no era capaz de hacer una malla sencilla a partir del archivo escaneado y limpiado. Se ha procedido a hacer la simplificación que se muestra en la Figura 38, respetando la forma de contacto con la placa y la posición exacta de los apoyos de la parte trasera. El mallado en Ansys de ese mismo ensamblaje se muestra en la Figura 40. Este mallado ayudará a que la simulación se realice de manera más rápida y permita que el estudio se centre en los apoyos, que son las piezas de interés.

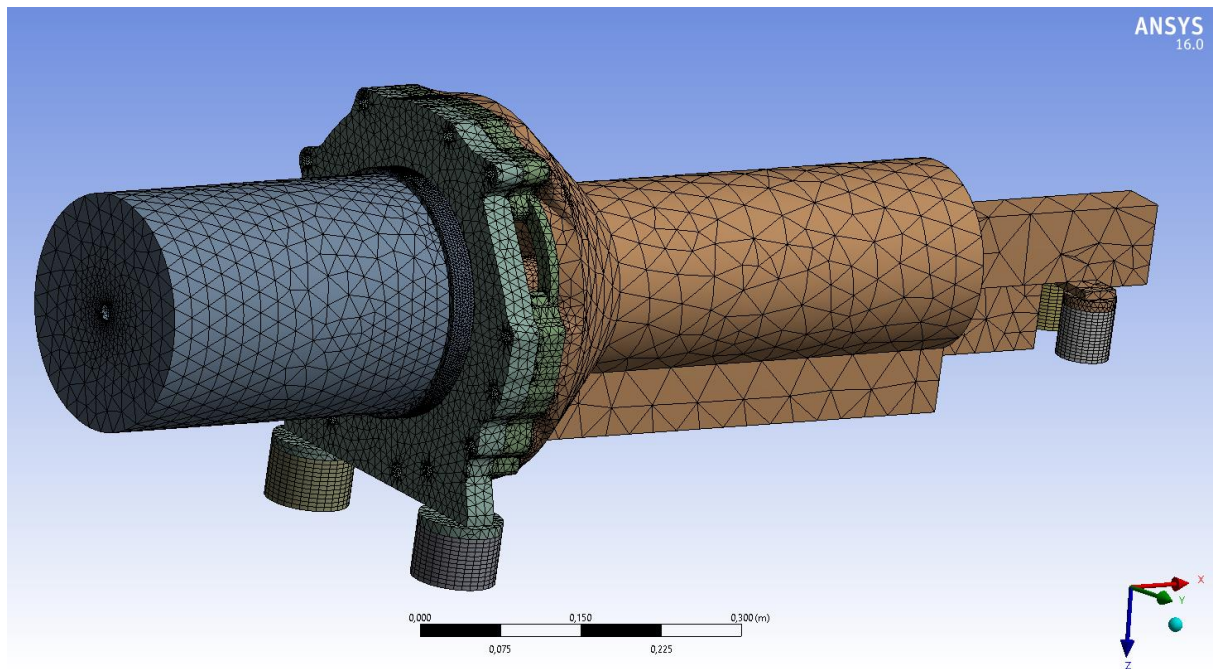


Figura 40. Mallado del ensamblaje final (elaboración propia).

Los parámetros utilizados en la malla aplicados en el conjunto son los recomendados inicialmente por Ansys, a excepción de la placa de acople y una primera sección de la caja de cambios, donde se han ajustado los tamaños de la malla, y otros ajustes al conjunto. En resumen, se muestran los parámetros más relevantes en la Tabla 5. La calidad media de la malla se considera buena a partir de valores mayores de 0.75, siendo bueno también el factor de skewness justamente alrededor de 0.3. Se han configurado los valores de transition a “low”, smoothing a “high” y span angle center a “fine”, ya que los valores por defecto daban problemas y no permitían la creación de la malla en algunas zonas del conjunto. Se considera que el número de elementos se ajusta bien al tamaño del conjunto completo, donde se ha incrementado el número de elementos en ciertas zonas críticas con la herramienta de sizing.

Parámetro	Valor en el conjunto
Tamaño Malla	Default
Sizing	• Placa acople: 10 mm • 1ª parte caja cambios: 8 mm
Transition	Slow
Span Angle Center	Fine
Nº Elementos	855921
Element Average Quality	0.78
Skewness	0.30
Smoothing	High

Tabla 5. Parámetros de malla relevantes. (elaboración propia)

Para abrir el ensamblaje en Ansys, se ha guardado el mismo en archivo Parasólido desde Solidworks, de forma que Ansys pueda trabajar con el ensamblaje e identificar los puntos de contacto. Después, ya en el módulo de Ansys Workbench, se han suprimido todos los pasadores y se han tomado las uniones como soldadas en las caras de la placa, buscando una simplificación de la simulación en esa zona del ensamblaje.

Diseño de los soportes motor y acoples de transmisión para una conversión de Mazda MX5 NB a vehículo eléctrico

Se ha aplicado el par máximo del motor (235 Nm) sobre la cara interior de la carcasa del mismo, que será la fuente de esfuerzos de todo el sistema. El contacto del alma del apoyo se ha tomado como coincidente con el taladro longitudinal del mismo, tomando las caras superiores de los apoyos como solidarias a las copelas, y las caras inferiores como soporte fijo e inmóvil.

Para las vibraciones provocadas por el rizado del par del motor, se tomarán las frecuencias de 300, 600 y 900 Hz explicadas en el capítulo de vibraciones, como las frecuencias que hay que conseguir filtrar. Para saber si coinciden con las frecuencias naturales del sistema, se hará un análisis modal de todo el sistema. Se utilizará el material más idóneo para los soportes, de aquellos explicados en el capítulo de materiales.

9.1. Simulación de esfuerzos del conjunto

Dadas las similitudes físicas de los materiales escogidos en el capítulo de materiales, y dado que los precios para las cantidades que se van a necesitar en los apoyos varían muy poco, se ha decidido utilizar para las simulaciones la goma de nitrilo XNBR en el material elastómero, y AL 6082 T6 en las copelas. Se adjuntan las fichas técnicas de los materiales en el ANEXO B.

Con la configuración de malla y de condiciones estructurales explicadas anteriormente, se consiguen los resultados mostrados en la Figura 41, la Figura 42, la Figura 43 y la Figura 44.

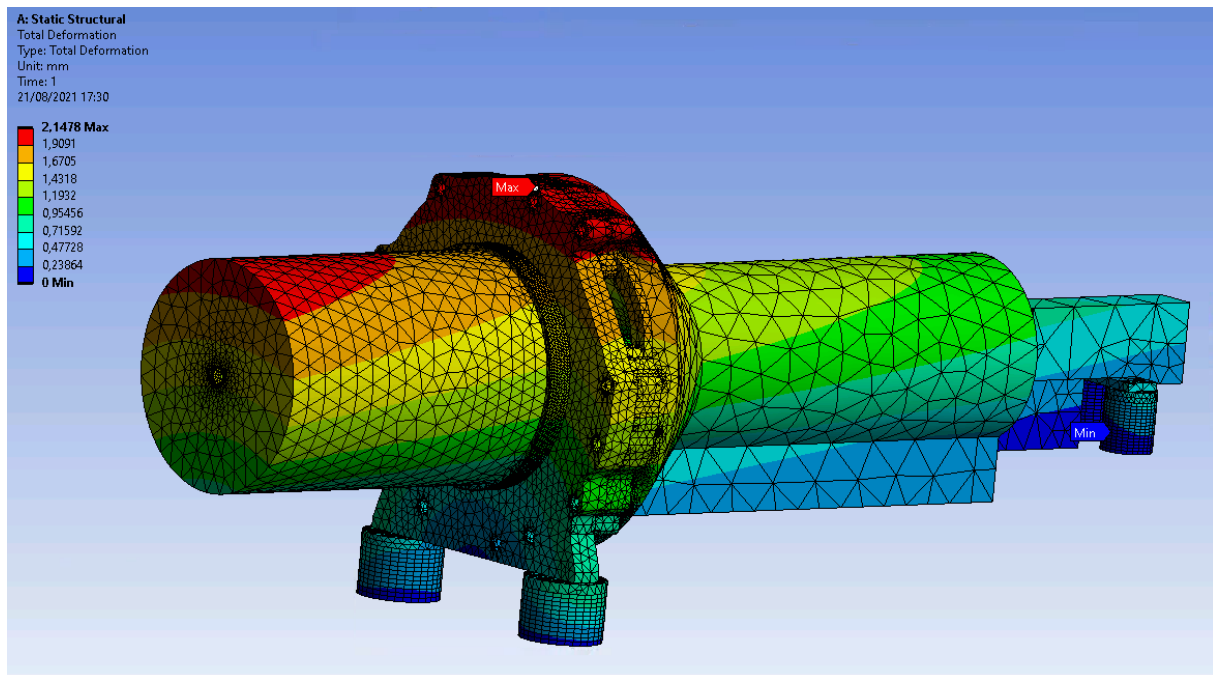


Figura 41. Deformación [mm] del análisis estructural. (elaboración propia)

Diseño de los soportes motor y acoples de transmisión para una conversión de Mazda MX5 NB a vehículo eléctrico

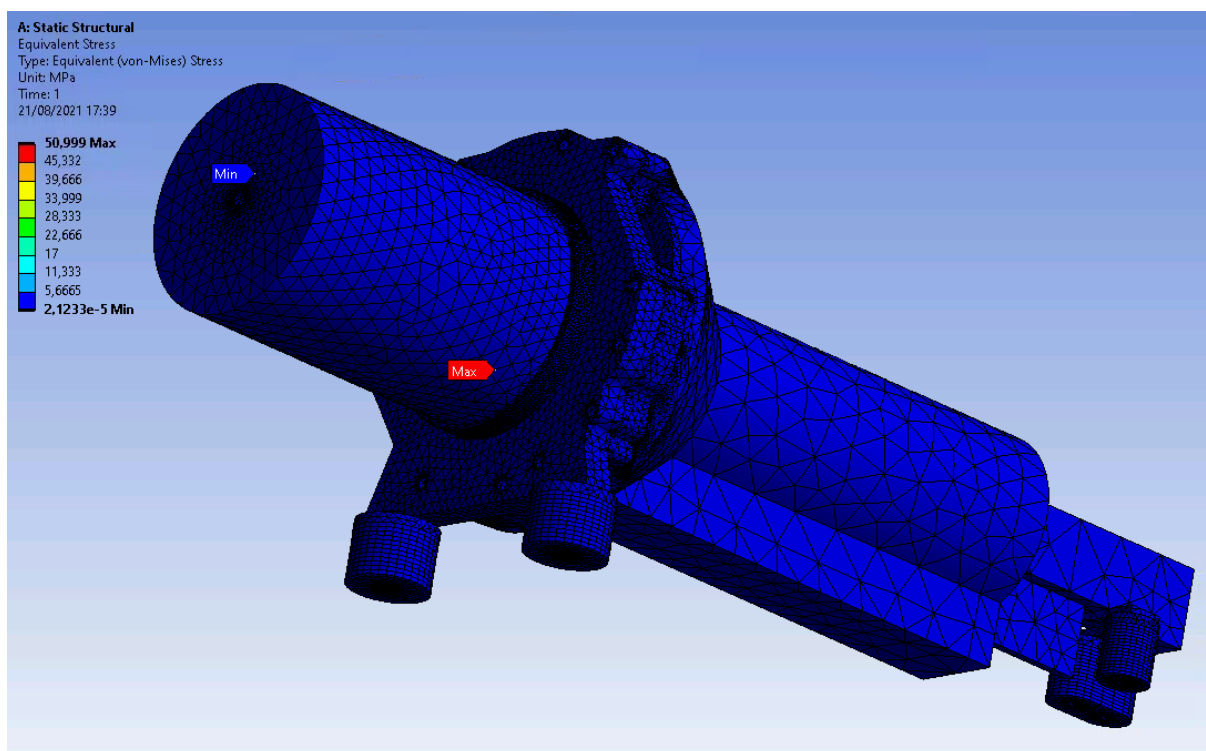


Figura 42. Tensión de Von-Mises en la estructura. (elaboración propia)

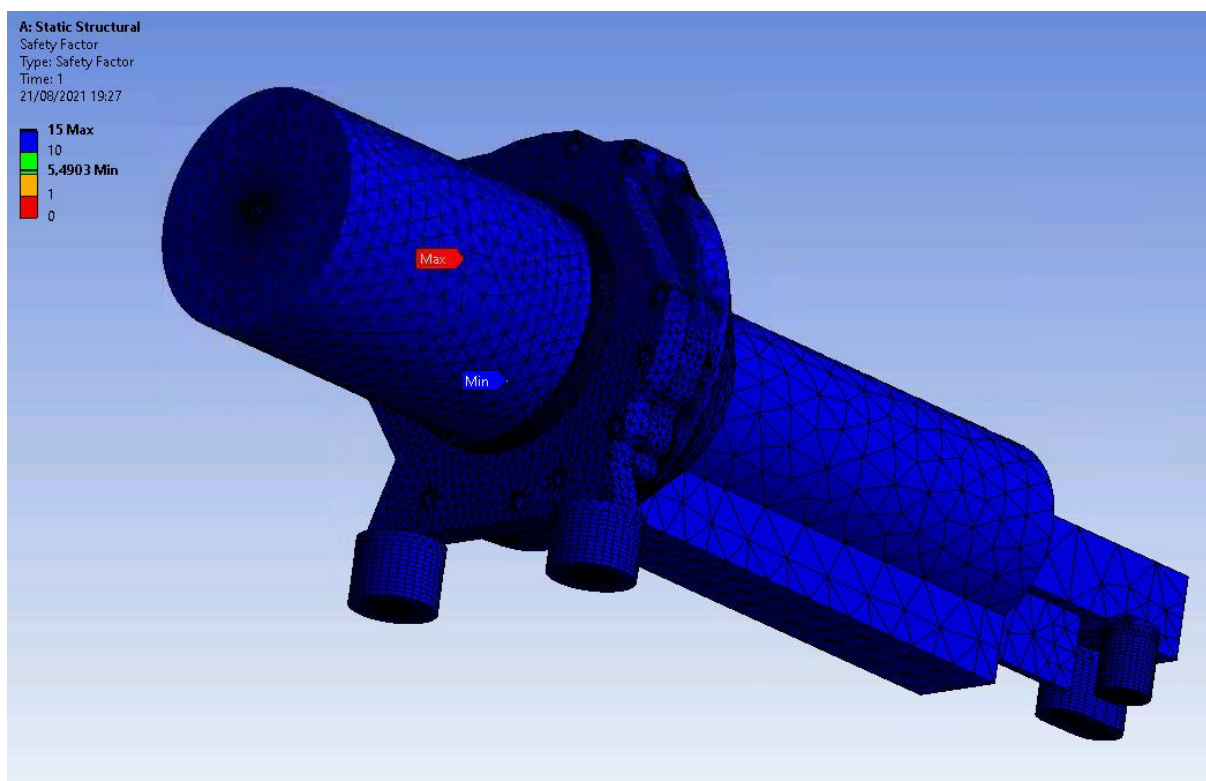


Figura 43. Factor de seguridad en el conjunto. (elaboración propia)

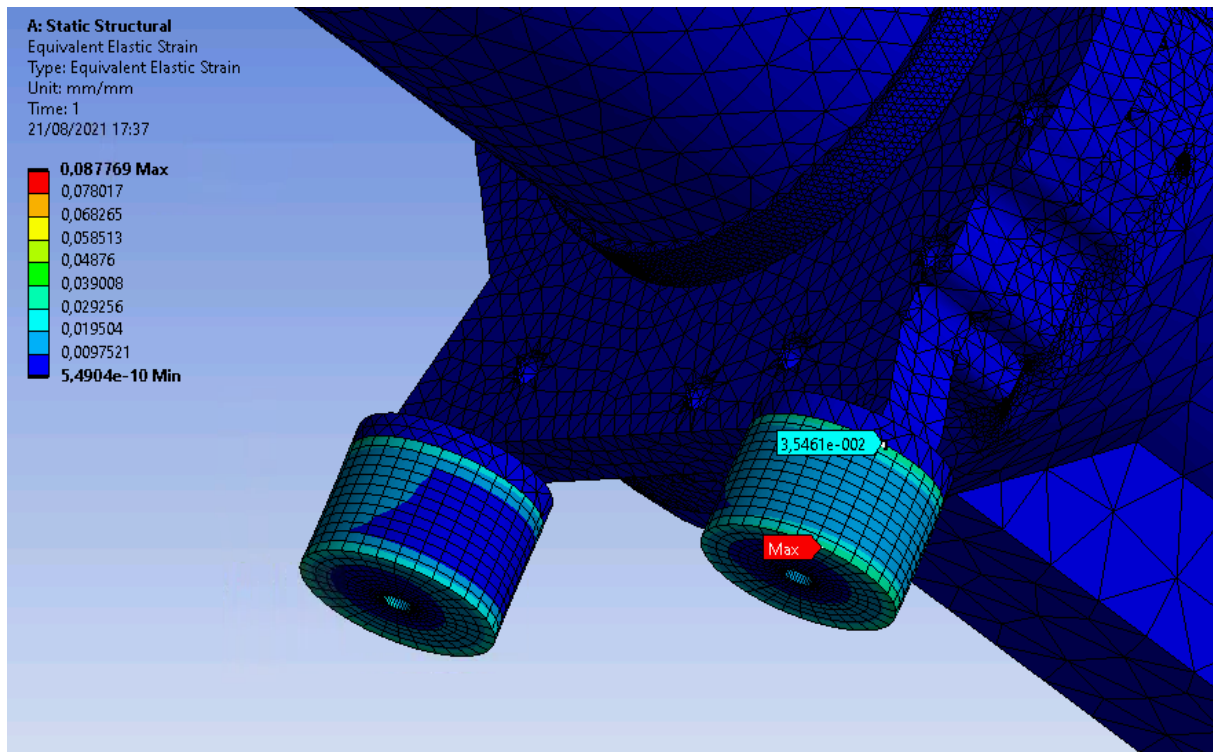


Figura 44. Deformación unitaria en los soportes. (elaboración propia)

Se puede observar que las deformaciones máximas de los soportes se dan en los soportes delanteros y son del orden de 1 mm en el contacto con la copela superior. La presión de Von-Mises resulta muy pequeña en los soportes, por lo que el material elastómero y las copelas soportan la tensión y la tracción estáticas sin problemas. El factor de seguridad medio en el conjunto está entre 10 y 15, siendo este también el resultante en el material elastómero. La deformación unitaria del material elastómero es la mayor de todo el sistema, estando el máximo en los soportes, en las zonas de contacto del material elastómero con el alma de aluminio solidaria a la copela superior. En el contacto del elastómero con la copela superior, la deformación unitaria es del 3%.

Por todo lo anterior, se concluye con que la goma de nitrilo XNBR es completamente válida a nivel estático, siendo muy segura, ya que incluso podría llegar a soportar cargas hasta 10 veces mayores.

9.2. Análisis modal del conjunto

El análisis modal se ha realizado concatenado con los resultados del análisis estructural, de modo que se tienen en cuenta los contactos en la base de los soportes y la carga estática máxima que aporta el motor.

Los resultados del análisis modal son los mostrados en la Tabla 6. Dichas frecuencias serán las primeras 6 frecuencias naturales del sistema

Modo	Frecuencia natural [Hz]
1	14.704
2	22.939
3	37.631
4	38.728
5	55.838
6	67.232

Tabla 6. Resultados del análisis modal del sistema. (elaboración propia)

Diseño de los soportes motor y acoples de transmisión para una conversión de Mazda MX5 NB a vehículo eléctrico

Dichas frecuencias coinciden con las frecuencias de los soportes elastoméricos de catálogos como los de Vibrachoc, por lo que se considera que los resultados son válidos y no hay error de cálculo.

9.3. Filtración de frecuencias

Según la teoría expuesta en el capítulo 6, donde se describe la naturaleza del amortiguamiento de frecuencias por un material elastómero, se pueden sacar los resultados mostrados en la Tabla 7. Se introducen en las ecuaciones los modos de vibración naturales del sistema con los soportes escogidos y las vibraciones de las señales más críticas del motor eléctrico, obteniendo el % de amortiguamiento de dichas señales.

Modo	Frecuencia natural [Hz]	Atenuación de 300Hz [E%]	Atenuación de 600Hz [E%]	Atenuación de 900Hz [E%]
1	14.704	99.76	99.94	99.97
2	22.939	99.41	99.85	99.93
3	37.631	98.40	99.61	99.82
4	38.728	98.30	99.58	99.81
5	55.838	96.41	99.13	99.61
6	67.232	94.71	98.73	99.44

Tabla 7. Atenuación de frecuencias con los soportes de goma de nitrilo XNBR. (elaboración propia)

Se puede observar que las señales significativas del motor se ven filtradas y atenuadas por completo a través de los soportes. Así, se asegura que estas frecuencias que afectan de manera estructural y acústica al resto del chasis se ven atenuadas. De esta forma, se concluye con que la elección del material elastómero es válida para filtrar las frecuencias de señal más significativas del motor.

10. Proceso de Homologación

Para poder circular legalmente con un vehículo modificado por la vía pública en España es necesario que dichas modificaciones o reformas sean homologadas por la ITV. Toda homologación de un vehículo particular en España pasa a través de la ITV y el Manual de Reformas vigente. En dicho manual se definen las normativas que deben cumplir cada una de las reformas específicas que ha sufrido el vehículo, así como los certificados necesarios para la homologación.

Estas normativas pueden ser definidas por organismos gubernamentales europeos o directamente desde el Ministerio de Industria. En la página web del BOE (Boletín Oficial del Estado) se pueden encontrar cada una de las versiones de estas normativas europeas aplicadas al territorio español, así como las propiamente españolas. También pueden encontrarse las versiones ya derogadas, por si se necesitase la comprobación de algún tipo de certificación que se llevase a cabo en fechas anteriores a las nuevas normativas. El Real Decreto 866/2010 se encarga de la tramitación de reformas realizadas a vehículos después de su matriculación. En este Real Decreto se tipifican las reformas, que a su vez se desarrollan y se concretan en el Manual de Reformas. El esquema genérico que define el orden de evolución de las normativas y sus conexiones se muestra en la Figura 45.

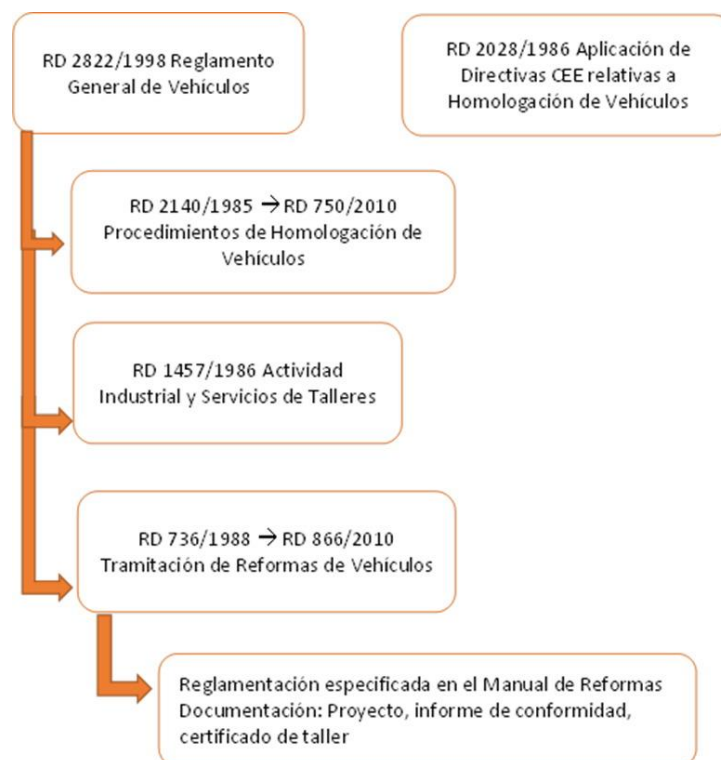


Figura 45. Orden de evolución y conexión de normativas Españolas.[12]

El Manual de Reformas de Vehículos [23] lista todas las reformas que se consideran de importancia, tipificándolas como Códigos de Reforma (CR). En cada CR se indica la normativa o acto reglamentario a aplicar para la tramitación del CR, el tipo de aplicación, documentación necesaria y las pruebas específicas en la inspección si se requiriesen.

De esta forma, el proceso de homologación de cualquier reforma pasa, en primer lugar, por comprobar los certificados necesarios para las reformas efectuadas. Hay modificaciones que se le pueden realizar al vehículo que no están tipificadas como reforma, por lo que no sería necesario homologarlas.

Diseño de los soportes motor y acoples de transmisión para una conversión de Mazda MX5 NB a vehículo eléctrico

Según explica en el Manual de Reformas: “Este manual establece los criterios, procedimientos y requisitos que se deben cumplir para la tramitación de las reformas de vehículos. Para este propósito se ha dividido en cuatro secciones:

- I. VEHÍCULOS DE LAS CATEGORÍAS M, N y O.
- II. VEHÍCULOS DE CATEGORÍAS L, QUADS Y UTV.
- III. VEHÍCULOS AGRÍCOLAS.
- IV. VEHÍCULOS DE OBRAS Y/O SERVICIOS.

De conformidad con el anexo I del Real Decreto 866/2010, de 2 de julio, de tipificación de las reformas de vehículos, cada una de estas secciones está dividida en las siguientes funciones o grupos:

1. Identificación
2. Unidad motriz
3. Transmisión
4. Ejes
5. Suspensión
6. Dirección
7. Frenos
8. Carrocería
9. Dispositivos de alumbrado y señalización
10. Uniones entre vehículos tractores y sus remolques o semirremolques
11. Modificaciones de los datos que aparecen en la tarjeta de ITV

Cada una de estas funciones o grupos están divididos en códigos de reformas (en adelante CR) que identifican las modificaciones realizadas sobre un vehículo.

Para la restitución, el nivel de cumplimiento de los actos reglamentarios que le sean de aplicación, serán los correspondientes en la fecha de la matriculación del vehículo. Además, se tramitará por el/los código/s de reforma/s que se vieran implicados en la instalación, salvo casos específicos, que se desarrollaran en los códigos de reformas correspondientes.

Cada función o grupo está compuesto por fichas pertenecientes a los grupos citados, que incluyen el análisis de las posibles transformaciones efectuadas en el vehículo mediante CR.”

Esta parte del reglamento se incluye en el ANEXO C para una mejor comprensión y detalle en el procedimiento.

Los documentos necesarios para casi cualquier tipo de reforma (se especifica en el Manual de Reformas) son:

- Proyecto técnico (PT)
- Certificación final de obra (CFO)
- Certificado de taller (CT)
- Informe de conformidad (IC)
- Documentación adicional (específica de cada reforma)

El proyecto técnico es un documento que debe realizar un ingeniero técnico o ingeniero superior, en el que se especifican las características del vehículo previas a la reforma, así como las características del vehículo después de la reforma. Incluye el estudio, con cálculos justificativos, del reparto de

masas por eje, sistema de fijación no originales de nuevos elementos, funcionalidad real de elementos activos o pasivos de seguridad, etc. También se incluye un pliego de condiciones y un apartado de planos. El técnico responsable de este documento, que hace la figura de proyectista, debe firmar una Declaración Responsable en la comunidad autónoma en la que esté realizando el proyecto, o debe estar colegiado en el Colegio de Ingenieros pertinente.

El certificado final de obra es un documento en el que se identifica al técnico competente, todos los datos del vehículo, reformas realizadas y taller en el que se han ejecutado las reformas. Se incluyen fotografías que deben mostrar el aspecto general del vehículo y detalles de las reformas realizadas. En este documento se certifica que se han realizado las reformas en el vehículo referenciado, de acuerdo al proyecto técnico y el resto de documentos.

El certificado de taller es un documento que realiza el taller que ha efectuado la reforma, donde debe indicar cualquier equipo o sistema modificado, identificado con referencias de fabricante, si éstas existen. Todos estos elementos deben coincidir con los determinados en el informe de conformidad y el proyecto técnico. El taller debe estar registrado en el denominado Registro Industrial.

El Informe de Conformidad es un documento que debe tramitar un laboratorio designado por el Ministerio de Industria, con autoridad técnica para validar y constatar la naturaleza de las reformas efectuadas, a efectos de comprobar la afectación a la seguridad vial de dichas reformas y hacer un análisis exhaustivo con pruebas en pista si se consideran necesarias. Este es el documento más difícil de conseguir, y el más caro dependiendo de la reforma. En el caso del *retrofit*, actualmente no se ha conseguido una respuesta clara de diferentes laboratorios de gran importancia en el territorio español (AEV Automotive, Applus IDIADA, ELECTRICAL ENGINEERING OFFICIAL CENTRAL LABORATORY y el INSIA). Dichos laboratorios, alegan que “no disponen de la capacidad para analizar y certificar una electrificación de un vehículo”. Esto no se debe a falta de capacidad técnica, sino a una ley poco clara en materia de electrificación de vehículos de particulares en España, para la posibilidad de su posterior homologación en la Inspección Técnica de Vehículos (ITV).

Después de reunir estos documentos, se deberá llevar el vehículo reformado a la ITV para que homologue dichas reformas, mediante la “normalización de la anotación de la reforma en la tarjeta ITV”, como se indica en el Manual de Reformas.

El caso concreto de los vehículos eléctricos se establece en el Grupo Nº2 - Unidad Motriz, punto 2.11 del Manual de Reformas de Vehículos Revisión 6 - Corrección 1, de Mayo 2020. Para la homologación de una reforma de este tipo, se necesitan los cuatro documentos anteriormente descritos (PT, CFO, IC y CT) sin necesidad de añadir documentación adicional. Para más detalles, en el ANEXO C se incluye el extracto del reglamento aplicable.

Unos de los mayores escollos que deben salvarse para la homologación de un vehículo electrificado en España son:

- Homologación de baterías por incompatibilidad electromagnética. Las pruebas necesarias resultan muy caras para un particular que reforme su vehículo clásico, ya que la maquinaria necesaria para los laboratorios que emiten el certificado de conformidad es muy costosa.
- La existencia de dos tipos de homologaciones: homologación de reforma de vehículos frente a la ITV u homologación como fabricante ante el Ministerio de Industria.
Esta diferenciación supone un gasto muy grande en cuanto a costes, y es lo que impide que no se produzcan *retrofit* por lotes o a pedido en España, ya que no se puede homologar un

conjunto funcional eléctrico de forma barata para un determinado modelo de coche. Al intentar hacer eso, la propia naturaleza de la homologación hace que el Ministerio de Industria te identifique como un fabricante independiente, y suben mucho las tasas y la exigencia de las pruebas realizadas en laboratorio (incluso puede ser necesaria la prueba de crash test, que deja inservible al menos un vehículo entero). La única opción sería homologar cada vehículo modificado uno a uno, con todos los sobrecostes que ello supone, y teniendo en cuenta que aún no puede hacerse tampoco (por las limitaciones para conseguir el informe de conformidad).

- El precio del informe de conformidad sube mucho si hay elementos ensayados, ya que estos ensayos debe pagarlos el cliente de la reforma por separado. El resto de precios de certificaciones los pone el proyectista, dependiendo del número de elementos reformados. El proyectista cobra, según fuentes propias, 160 euros por el primer elemento reformado y 30 euros por cada elemento extra, hasta llegar a 450 euros como máximo por vehículo, sin límite de número de elementos reformados a partir de dicha cantidad de dinero.

11. Costes Retrofit MX5

11.1. Costes de piezas y fabricación

Se ha determinado que la mejor opción para electrificar el vehículo es utilizar packs prediseñados, genéricos y con piezas compatibles entre sí. A continuación, se nombran los packs y piezas escogidos para el proyecto en la Tabla 8.

Elemento	Precio [€]
Kit HyPer 9 System: [24]	3559.32
- HyPer 9 Motor (optimo 144V input) 180V 88kW - HyPer-Drive X1 Controlador/inversor 180V 88kW	
Chill Plate (placa refrigeradora HyPer-Drive X1) [25]	131.36
Throttle Control Unit (unidad de control de acelerador para el controlador/inversor) [26]	114.41
Compact Display [27]	144.07
Baterías (56 en serie de 3.2V) 180V [28]	7420.00
Precargador [29]	49.15
Fusible [30]	49.15
BMS y componentes [31]	1179.66
Bomba de vacío [32]	295.76
Total	12942.88

Tabla 8. Costes de elementos eléctricos para un Mazda MX5 NB. (elaboración propia)

Para adaptar el motor de este pack a la caja de cambios, se ha de diseñar y fabricar la placa adaptadora mostrada en el capítulo de diseño y simulación. Un plano de la placa se adjuntará en el ANEXO A.

Se estima el precio de la placa en función de las horas en máquina CNC y el precio del aluminio necesario. Peso de la placa es de 8 kg y el material es Aluminio 6082 T6, que tiene un precio según Granta Edupack de 2.87 euros el kilo. El coste medio de la hora de CNC es de 50 euros. Se estima que todo el proceso de mecanizado, desde el análisis del código G hasta la colocación de utillaje y limpieza de la pieza es de 2 horas. De esta forma, para la placa se estima el coste mostrado en la Tabla 9.

Tarea de fabricación de la Placa Acople	Precio [€]
Horas de CNC	100
Precio del Aluminio 6082 T6 utilizado	22.96
Total	112.96

Tabla 9. Coste de la placa adaptadora motor-transmisión para un único Mazda MX5 NB. (elaboración propia)

Los soportes de motor diseñados se componen del material aislante (elastómero poliuretano), las copelas que lo alojan y los tornillos que lo sujetan al resto de la estructura del vehículo. El cálculo del precio del material aislante al peso es de 2.23 euros el kilo según Granta Edupack. Calculando las masas de cada uno de los soportes, el precio de dicho material es el mostrado en la Tabla 10.

Elemento	Masa [kg]	Precio [€]
Soporte delantero copela simple(x2)	0.29 (x2)	1.29
Soporte trasero copela simple	0.11	0.25
Soporte trasero copela doble	0.22	0.49
Total		2.03

Tabla 10. Coste del material aislante. (elaboración propia)

Diseño de los soportes motor y acoples de transmisión para una conversión de Mazda MX5 NB a vehículo eléctrico

Resulta muy barato para un único vehículo. Sumando la fabricación de las copelas y la tornillería (0.442 euros/unidad)[33], obtenemos la Tabla 11.

Elemento	Precio [€]
8 tornillos M12x40 cabeza hexagonal acero grado 8.8	3.54
8 copelas AL 6082 T6 a medida: • 4 copelas simples delanteras (0.15 kg cada una) • 2 copelas simples traseras (0.06 kg cada una) • 2 copelas dobles traseras (0.13 kg cada una) • 1.5 horas CNC para todas las copelas (75 euros)	77.81
Total	81.35

Tabla 11. Coste de los soportes diseñados a medida. (elaboración propia)

Por lo tanto, el coste total de todos los soportes a medida es de 83.38 euros.

Dado el alto coste de estos soportes, podría considerarse buscar unos comerciales, por ejemplo, en el catálogo de Vibrachoc. El precio de cada unidad de soporte Vibrachoc Radiaflex, muy simple y de similares características es de 7.50 euros la unidad para copela simple [34]. Los soportes para copela doble no se encuentran en el catálogo, por lo que habría que buscar otro tipo de solución si se quisieran utilizar soportes motor comerciales.

11.2. Costes taller y certificados

Las horas de taller necesarias para la restauración de un vehículo clásico son muy dependientes del estado del vehículo. Si el vehículo tiene corrosión en ciertos paneles, éstos deben repararse o sustituirse, lo que aumenta mucho los costes.

Para el supuesto de los costes de taller, se va a considerar que en él únicamente se desinstalan piezas innecesarias y se instalan piezas nuevas, mediante packs en los que todo viene preestablecido y medido para dicha instalación. En el capítulo de “piezas necesarias *retrofit*” se ha hecho una lista con los elementos que deben sacarse del vehículo, ya que no son necesarios, y los elementos nuevos que deben instalarse.

Para estimar todas esas tareas, se ha calculado el tiempo establecido aproximado de un cambio de motor y se ha multiplicado ese tiempo por cuatro. El precio de la mano de obra de un cambio de motor ronda los 1500 euros (según fuentes propias), siendo el precio por hora de la mano de obra de 40 euros por lo que el coste estimado de la sustitución e instalación de todos los elementos necesarios sería de 6000 euros.

El precio de los certificados, siguiendo los procesos descritos en el capítulo anterior, sería el correspondiente al máximo número de piezas establecido por el proyectista, unos 450 euros.

Se hace la suposición de que el laboratorio competente pueda emitir el informe de conformidad, y además de eso, que no fuera necesario ningún tipo de ensayo. Este supuesto puede resultar demasiado arriesgado, ya que por el momento no se ha conseguido contactar con un laboratorio que certifique este tipo de reformas.

Después de esto hay que abonar la revisión en la ITV, que homologará la reforma, lo que costaría alrededor de 70 euros.

En tal caso, el coste total de mano de obra, certificados e ITV sería de 6520 euros.

11.3. Total de costes para un único Mazda MX5 NB

En el supuesto de este proyecto, se opta por comprar un Mazda MX5 NB al que no hay que hacerle ningún trabajo de chapa ni carrocería, por lo que no se invierte tiempo de taller en reparar daños estructurales. Este hecho hace que el precio del vehículo se incremente, pero en dicho supuesto, también nos encontramos con que el motor del vehículo está averiado de manera grave, lo que ha permitido obtenerlo por menor precio y hacer el concepto de *retrofit* una opción más atractiva para la reforma de este vehículo. Este tipo de ejemplares tiene un precio de aproximadamente 2000 euros.

Los costes de piezas y fabricación son los mencionados anteriormente, así como los costes de taller y certificados como reforma ante la ITV. De esta forma, la suma total estimada para la obtención y reforma de un *retrofit* Mazda MX5 NB se muestra en la Tabla 12 es de 21659.22 euros.

Elemento	Precio [€]
Total piezas elementos eléctricos	12942.88
Placa adaptadora motor-transmisión	112.96
Soportes motor y transmisión	83.38
Mano de obra taller, certificados e ITV	6520
Vehículo Mazda MX5 NB sin motor	2000
Total	21659.22

Tabla 12. Costes estimados de una sola unidad para un particular de Mazda MX5 NB retrofit. (elaboración propia)

12. Propuesta de Modelo de Negocio

El planteamiento propuesto permite construir un auténtico modelo de negocio, el cual, con las limitaciones que se abordarán en el apartado correspondiente, se pasan a detallar.

12.1. Estrategias y objetivos

El trabajo técnico desarrollado, podría ampliarse dentro de un plan de investigación en el que se podrían integrar dos ingenieros y un operario técnico. Se estima que este equipo sería suficiente para desarrollar durante el año 2022 toda la fase de diseño, probables patentes, montajes, homologaciones y gestión documental. El planteamiento propuesto indica que este equipo podría formalizar un convenio/contrato de investigación durante un año con alguna institución pública o privada. Podría ser incluso con el propio ICAI. De modo que el año siguiente (2023) se podría crear una empresa con este mismo equipo de trabajo a modo de SPIN-OFF universitaria (empresa que emana de la Universidad, la cual participa inicialmente en la sociedad creada por sus investigadores).

El modelo de negocio se basa en que el trabajo de este equipo (dos ingenieros y un técnico) sería subcontratado por talleres para efectuar la transformación de los vehículos, a partir de 2023. Es decir, sería un trabajo especializado, basado en el programa de investigación desarrollado el año anterior (2022).

12.1.1. Misión y Visión

TFM Tomás M. Bañegil		Misión	Plan de Negocio 2022
1	Mejorar la movilidad sin alterar el equilibrio ecológico del planeta.		
2	Aportar soluciones que mejoren la vida de los ciudadanos, especialmente en ciudades.		
		Visión	
1	Ser líderes a nivel nacional en innovación aplicada en la reutilización de automóviles clásicos.		
2	Aportar innovaciones en el campo del reciclado y la transformación de motores		

Tabla 13. Misión y visión. (elaboración propia)

12.1.2. Análisis D.A.F.O. - F.O.D.A.

Las tablas siguientes muestran cómo el proyecto sufre de Amenazas y Debilidades importantes, si bien, el análisis estratégico nos permite ver estrategias defensivas y ofensivas que pudieran mitigarlas.

internas	Debilidades			Fortalezas	
	1	Tiempo y costes de I+D inicial		1	Pioneros en conocimiento
	2	Poca experiencia en términos legales		2	Costes iniciales asumibles
	3	Inexperiencia comercial		3	Flexibilidad operativa
	4	Conseguir una carga mínima de trabajo		4	Producto/servicio innovador
	5	Dificultad de estimar carga de trabajo a medio pl		5	Producto innovador permite precios altos
	6	Escasa financiación inicial		6	
	7			7	
	8			8	
	9			9	
10		10			
externas	Amenazas			Oportunidades	
	1	Iniciativa arriesgada (probable no rentabilidad)		1	Administración pública receptiva
	2	Desconocimiento real de segmentos de mercado		2	Neogocio poco explotado (competencia escasa)
	3	Legislación actual muy exigente y cambiante		3	Posibilidad de complementar otros servicios
	4	Dependencia del éxito en las homologaciones		4	Alianzas comerciales con red de talleres
	5			5	Posibilidades de crecimiento vía internacional
	6			6	
	7			7	
	8			8	
	9			9	
10		10			
pueden crear problemas		pueden generar ventajas competitivas			

Tabla 14. Análisis DAFO. (elaboración propia)

<i>Estrategias ofensivas</i>		<i>Estrategias defensivas</i>	
<i>fortalezas</i>	1 (F+O):	1 (F+A):	
	2 Relaciones institucionales Ayuntamientos y CC AA	2 Equilibrar riesgo con contratos cerrados	
	3 Captar talento desde el principio	3 Estudiar mercado potencial	
	4 Cerrar contratos de exclusividad	4 Estimar un crecimiento inicialmente bajo	
	5 Generar fidelidad en clientes	5 Recibir más encargos en la Fase inicial	
	6 Encontrar "motores" de crecimiento	6 Plantear situaciones de fallos en homologaciones	
	7 Buscar nuevas propuestas de valor tras cada encuesta	7 Reinversión continua los cinco primeros años	
	8 Márgenes comerciales elevados	8	
	9	9	
	10	10	
<i>Estrategias de reorientación</i>		<i>Estrategias de limitación de daños</i>	
<i>debilidades</i>	1 (D+O):	1 (D+A):	
	2 Conseguir financiación con ayudas públicas	2 No comprometer patrimonio familiar	
	3 Buscar asesoramiento legal externo	3 No incumplir legislación por desconocimiento	
	4 Explotar red comercial como algo exclusivo	4 Consolidar mercado nacional antes de expandirse	
	5 Posible marca propia	5 Estudiar con exhaustividad la legislación vigente	
	6 Exportar modelo de negocio	6 Anticiparse a decisiones administrativas de homologación	
	7 Investigar posibles mejoras de forma continua	7 Analizar los errores de forma iterativa	
	8	8 Actividad comercial si bajan los pedidos	
	9	9	
	10	10	
<i>oportunidades</i>		<i>amenazas</i>	

Tabla 15. Líneas estratégicas DAFO. (elaboración propia)

12.1.3. Modelo de Negocio - CANVAS

Siguiendo autores como Osterwalder y Pigneur (ed. 2014) [35], se ha desarrollado un Modelo CANVAS que permite discutir detalles del negocio a implantar de una manera conjunta.

Diseño de los soportes motor y acoples de transmisión para una conversión de Mazda MX5 NB a vehículo eléctrico

[illegible]

Tabla 16. Modelo de negocio - CANVAS. (elaboración propia)

Diseño de los soportes motor y acoples de transmisión para una conversión de Mazda MX5 NB a vehículo eléctrico

12.2. Plan de investigación e implantación

12.2.1. Plan de Investigación (2022) e Implantación (2023)

PLAN DE INVESTIGACIÓN E IMPLANTACIÓN				2022											
Plan de Negocio		M Tomás M. Bañegil		e	f	m	a	m	j	j	a	s	o	n	d
1ª Fase: I+D		10-1-22	31-12-22												
1.1	Propuesta contrato en Centro de Investigación	10-1-22	31-1-22												
1.2	Aprobación contrato en Consejo de Gobierno	1-3-22	31-3-22												
1.3	Cotratación equipo humano	1-3-22	31-3-22												
1.4	Investigación inicial:	1-4-22	31-12-22												
1.5	Diseño de acoples	1-4-22	1-7-22												
1.6	Selección transmisión y soportes	1-6-22	1-10-22												
1.7	Selección pack	1-9-22	31-12-22												
1.8	Inicio documentación y homologaciones	1-6-22	31-12-22												
1.9															
2ª Fase: Preparación Modelo de Negocio		1-1-23	30-4-23												
2.1	Registro y legalización empresa	1-1-23	10-1-23												
2.2	Imagen corporativa	11-1-23	18-1-23												
2.3	Búsqueda y alquiler del local	1-1-23	30-1-23												
2.4	Búsqueda, compra y alquiler equipos	1-1-23	28-2-23												
2.5	Reformas, decoración y equipamiento	1-2-23	31-3-23												
2.6	Compras: pedidos iniciales	1-3-23	30-1-23												
2.7	RRHH: Selección de personal	30-1-23	31-3-23												
2.8	RRHH: Formación del personal	1-4-23	30-4-23												
2.9	Documentación e implantación software	1-4-23	30-4-23												
2.10	Comunicación: Plan de Medios y Ppto.	1-2-23	30-4-23												
3ª Fase: Lanzamiento		1-1-23	1-7-23												
2.7	Negociación con clientes y proveedores	1-1-23	30-4-23												
2.8	Establecimiento de contratos y precios	1-5-23	31-5-23												
2.9	Recepción y definición pedidos	1-6-23	30-6-23												
2.10	Inicio de actividad	1-7-23	1-7-23												
Tiempo total		10-1-22	1-7-23												

Tabla 17. Plan de investigación. (elaboración propia)

Diseño de los soportes motor y acoples de transmisión para una conversión de Mazda MX5 NB a vehículo eléctrico

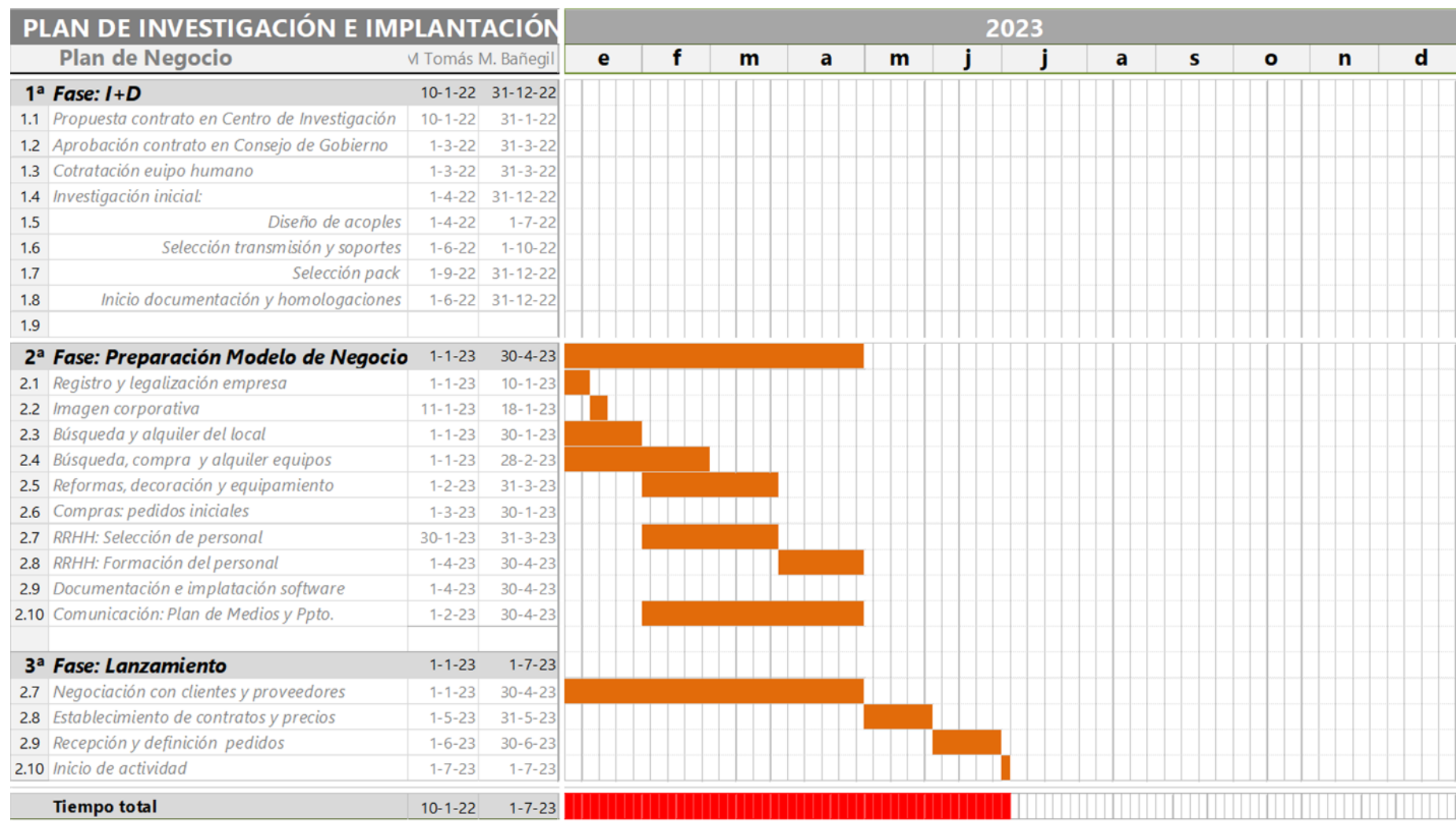


Tabla 18. Plan de implantación. (elaboración propia)

Diseño de los soportes motor y acoples de transmisión para una conversión de Mazda MX5 NB a vehículo eléctrico

Los dos gráficos anteriores nos muestran la previsión temporal de las tareas a efectuar durante el año 2022 (plan de investigación) y el primer semestre de 2023 (puesta en marcha de la empresa que se va a constituir). Se estima que la empresa comenzará a facturar a partir de entonces, es decir, en julio de 2023.

El tiempo estimado para los primeros pedidos de Diseño, adaptación y montaje de los primeros pedidos podría ser el siguiente. Evidentemente, gracias al efecto experiencia, estos tiempos irán disminuyendo de forma drástica, a excepción del apartado de homologaciones, ajeno a las decisiones de la empresa.

PLAN DE OPERACIONES BÁSICAS		RESUMEN GENERAL				TFM Tomás M. Bañegil
	Acción / Tarea	Cuantificación	Responsable	Fecha inicio	Duración estimada en DIAS	Fecha final
1	VIABILIDAD LEGAL:			01/07/2023	3	04/07/2023
2	Análisis y revisión del vehículo		Operario técnico (OT)	01/07/2023	1	02/07/2023
3	Análisis de la adaptación solicitada		Ingeniero 1 (I1)	01/07/2023	2	03/07/2023
4	Viabilidad legal de la adaptación		Ingeniero 2 (I2)	01/07/2023	3	04/07/2023
5	VIABILIDAD TÉCNICA:			05/07/2023	23	28/07/2023
6	Diseño		Todo el equipo	05/07/2023	3	08/07/2023
7	Elaboración y adaptación de piezas		I1	07/07/2023	3	10/07/2023
8	Estudio de posibles patentes		I2	10/07/2023	1	11/07/2023
9	Análisis de tareas para estandarización		Todo el equipo	10/07/2023	1	11/07/2023
10	Montaje		I1 + OT	10/07/2023	1	11/07/2023
11	Ejecución de homologaciones		Ingeniero 2	10/07/2023	10	20/07/2023
12	Elaborar documentación y certificaciones		I2	21/07/2023	5	26/07/2023
13	Preparación vehículo para entrega		OT	12/07/2023	1	13/07/2023
14	Entrega del vehículo (en el local)		Todo el equipo	27/07/2023	1	28/07/2023
15						

Tabla 19. Plan de operaciones básicas. (elaboración propia)

12.3. Análisis del entorno y el mercado

La siguiente tabla incluye las variables que configuran los cinco aspectos relevantes a estudiar en un mercado según Michael Porter (1979) [36]: Situación del Mercado y de la competencia, entorno empresarial, económico y tecnológico. Para cada uno de ellos se evalúan diferentes variables: la intensidad de la amenaza (de 1 a 5 de menor a mayor), o la inexistencia o existencia de amenaza (1 o 5 respectivamente). En la columna de la derecha está la valoración de amenazas y oportunidades en función de la evaluación anterior.

12.3.1. Entorno

TFM Tomás M. Bañegi

Análisis del entorno y el mercado

2022

	Variables	Evaluación		Valoración				
		intensidad	amenaza	< Amenaza		Oportunidad >		
1	Situación MERCADO							
	1 Volumen de la demanda/clientes	3	1					
	2 Ritmo de crecimiento de la demanda	4	1					
	3 Solidez de la demanda	3	1					
	4 Diversidad de la oferta	4	1					
	5 Facilidad de acceso al consumidor	5	1					Op
2	Situación COMPETENCIA							
	1 Número de competidores	5	1					Op
	2 Solidez de los líderes del mercado	4	1					
	3 Poder de reacción de la competencia	4	1					
	4 Barreras de entrada	4	5					
	5 Facilidad de instalación	4	5					
3	Entorno EMPRESARIAL							
	1 Facilidades creación y desarrollo empresas	4	1					
	2 Subvenciones y ayudas	5	1					Op
	3 Regulaciones y legislación laboral	4	5					
	4 Regulaciones consumo	4	5					
	5 Regulaciones mediomambientales	4	5					
4	Entorno SOCIOECONOMICO							
	1 Situación económica general	3	5					
	2 Previsiones de crecimiento	4	1					
	3 Inflación	4	1					
	4 Estabilidad social y política	3	5					
	5 Perspectivas al corto y medio plazo	2	5					
5	Entorno TECNOLÓGICO							
	1 Innovación y desarrollo TIC	5	1					Op
	2 Promoción desarrollo tecnológico	5	1					Op
	3 Capacitación y formación personal	4	1					
	4 Infraestructuras para el desarrollo	4	1					
	5 Previsión desarrollo	3	1					

Tabla 20. Análisis del entorno y mercado. (elaboración propia)

12.3.2. Segmentos principales de mercado

Se estima que el mayor número de clientes serán talleres a los que los clientes finales acudirán para reformar y mejorar sus automóviles. Estos talleres subcontratarán la transformación a vehículo eléctrico con la empresa que planteamos. No obstante, se tendrán en cuenta posibles carteras de clientes como empresas de alquiler de vehículos especiales dedicados a eventos, bodas, fiestas, etc. Así mismo podrían acudir propietarios directamente, etc.

SEGMENTOS DE MERCADO

2022

Estimación	2022
Talleres	75
Empresas alquiler	10
Propietarios directos	10
Otros	5
	100

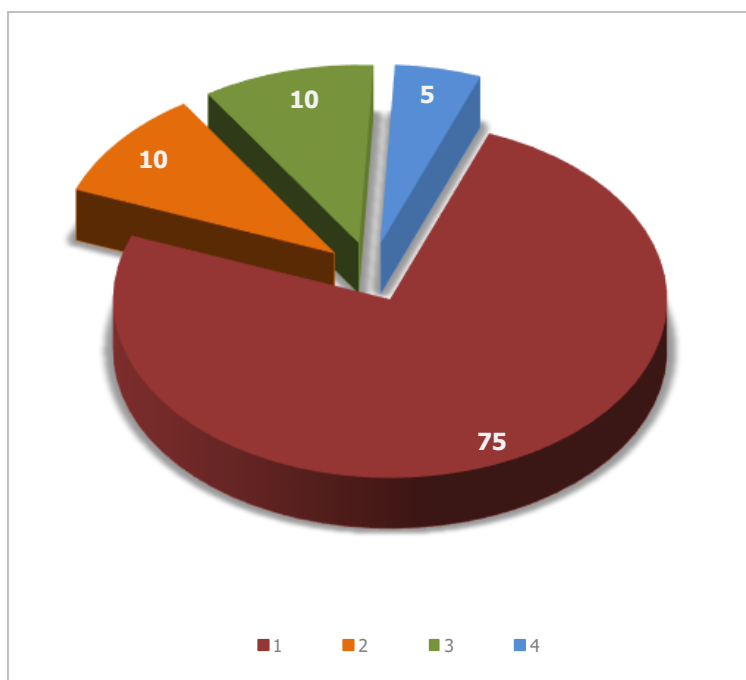


Figura 46. Segmentos de mercado. (elaboración propia)

12.4. Previsión inicial de costes y ventas

12.4.1. Previsión de Ventas 1er año (2º semestre 2023)

Como ya se ha indicado, está previsto comenzar a facturar el segundo semestre de 2023, por lo que los encargos estimados se refieren a la mitad de un año (2023). Los productos/servicios en lo que la empresa ofrece, inicialmente, son cuatro:

- Estudio de viabilidad legal. Partiendo de la idea que la empresa irá adquiriendo suficientes conocimientos con la práctica, se pretende cobrar por un breve estudio inicial para aquellos talleres o propietarios que deseen saber si la modificación que pretenden sería legal.
- Estudio de viabilidad técnica. Del mismo modo que la legal, se puede indicar con un estudio inicial, si la posible modificación es viable técnicamente.
- Diseño, fabricación y montaje de piezas. Para los casos en los que existe posibilidad técnica y legal, se efectuará la transformación completa del vehículo a eléctrico; siendo esta la actividad fundamental del modelo de negocio.
- Ejecución de la documentación y obtención de homologaciones. Sería la fase final para aquellos casos en los que el cliente haya decidido ejecutar todo el proceso; pero también se ofrecerá este servicio a clientes que encarguen sólo este servicio.

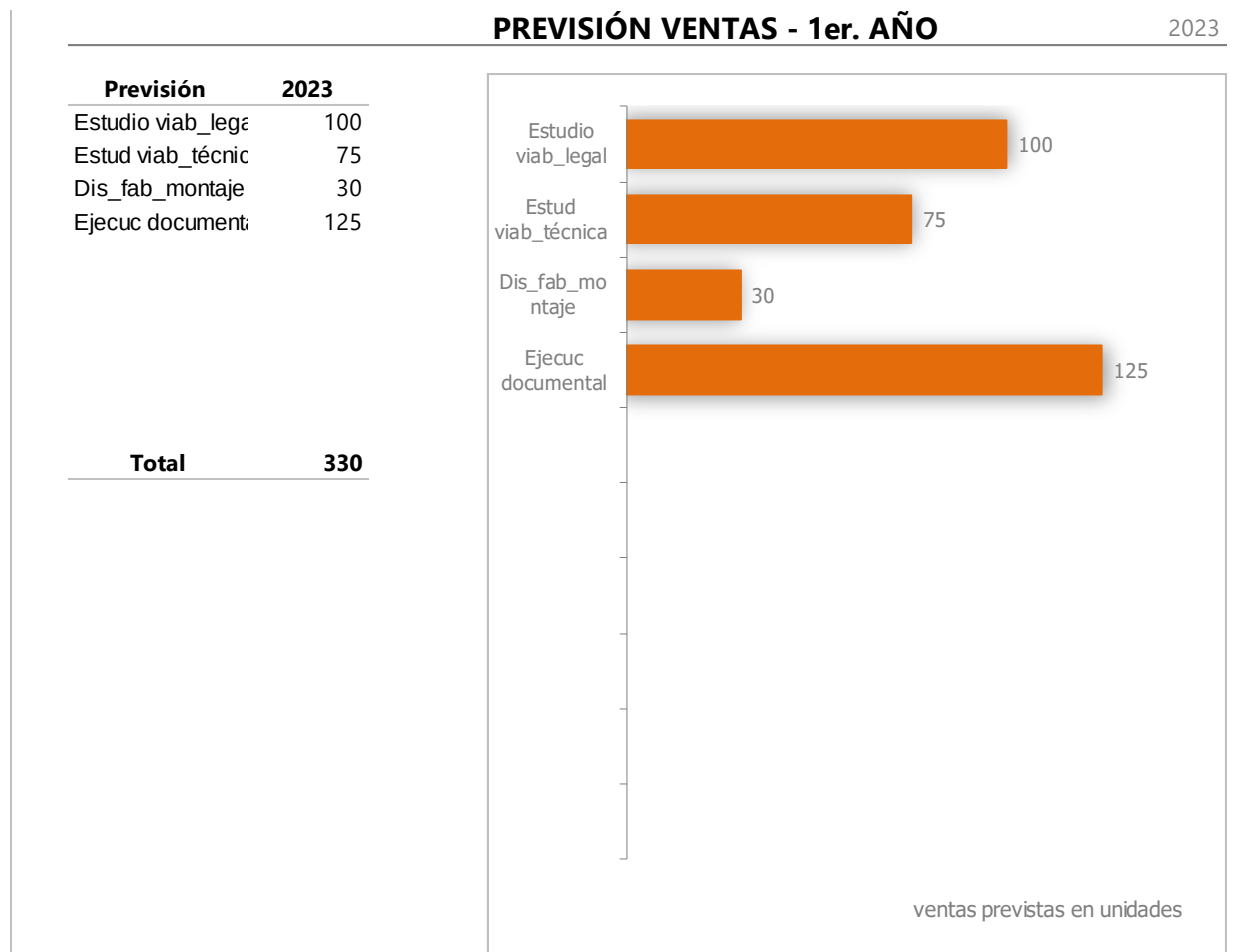


Figura 47. Previsión de ventas primer año. (elaboración propia)

12.4.2. Costes y Precios de Venta

La tabla siguiente resume los costes y precios de venta posibles. Efectivamente, puede observarse que los costes son elevados, por lo que obligan a precios bastante caros. Se han tenido en cuenta las piezas necesarias para un kit de montaje, ya sea adquirido a terceros o el diseñado y desarrollado por el equipo de investigación en el año inicial (plan de investigación). En este segundo caso, puede que los costes fueran menores; si bien habría que considerar siempre los costes de I+D iniciales. Con los precios aplicados, hay que resaltar que existe una mayor contribución al resultado de los tres servicios, por encima del montaje y transformación del vehículo. Puede observarse que los márgenes aplicados no son elevados.

COSTES Y PRECIOS DE VENTA						
DATOS	Viab legal	Viab Tecnica	Dis_montaje	Document		
Costes por cada unidad (total unidad)	140,00	230,00	15.026,88	500,00		
Kit Hyper 9 System			3.559,32			
Chill Plate			131,36			
Throttle Control Unit			114,41			
Compact display			144,07			
Baterías (80 en serie)			5.254,00			
Precargador			49,15			
Fusible			49,15			
BMS y componentes			1.179,66			
Bomba de vacío			295,76			
Horas Ingeniero 1 (50 eur/h)		150,00	2.000,00			
Horas Ingeniero 2 (50 eur/h)	100,00		250,00	500,00		
Horas Técnico (40 eur/h)	40,00	80,00	2.000,00			
Costes no unitarios (total)	1.200	3.000	28.000	2.000		
Alquiler			12.000			
Amortizaciones y otros gastos	1.200	6.000	16.000	2.000		
Margen deseable (%)	30,00%	20,00%	20,00%	20,00%		
Previsión de venta total (unidades)	100	75	30	125		
I.V.A. o similares a aplicar	21,00%	21,00%	21,00%	21,00%		
Cálculo del PRECIO	Sin IVA					
PRECIO PROPUESTO	217,14	337,50	19.950,27	645,00	0,00	0,00
PRECIO DECIDIDO	225,00	450,00	19.300,00	750,00		
Precio ajustado						
Ventas	22.500,00	33.750,00	579.000,00	93.750,00	0,00	0,00
Costes variables	14.000,00	17.250,00	450.806,40	62.500,00	0,00	0,00
Costes fijos	1.200,00	3.000,00	28.000,00	2.000,00	0,00	0,00
Total Costes	15.200,00	20.250,00	478.806,40	64.500,00	0,00	0,00
Resultado	7.300,00	13.500,00	100.193,60	29.250,00	0,00	0,00
Margen	32,44%	40,00%	17,30%	31,20%		
Contribución	4,86%	8,99%	66,69%	19,47%	0,00%	0,00%
RENDIMIENTO TOTAL						
Ventas	729.000,00					
Costes variables	544.556,40	74,70%				
Costes fijos	34.200,00	4,69%				
Total Costes	578.756,40	79,39%				
Resultado	150.243,60	20,61%				

■ Ventas
■ Total Costes
■ Resultado

Tabla 21. Costes, precios de venta y rendimiento total. (elaboración propia)

Diseño de los soportes motor y acoples de transmisión para una conversión de Mazda MX5 NB a vehículo eléctrico

12.4.3. Objetivos de Ventas 1er año (2º semestre 2023)

OBJETIVO de VENTAS 1er. AÑO (2º semestre 2023)

	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Septiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre	Total
objetivo de ventas	0	0	0	0	0	0	2.700	48.875	74.125	115.425	227.625	237.375	706.125

1

VENTA en UNIDADES

Aquí debes indicar el objetivo mensual de ventas en unidades (o de pedidos o num. de ventas o de contratos, etc.).

Ventas	Unidades	PREVISTAS	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Septiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre	Total
Estudio viab_legal		100							5	10	15	20	25	25	100
Estud viab_técnica		75							5	5	10	15	20	20	75
Dis_fab_montaje		30							0	2	3	5	10	10	30
Ejecuc documental		125							0	10	15	15	35	50	125
0		0													0
0		0													0
0		0													0
0		0													0
0		0													0
0		0													0
0		0													0
Total previsto		330	0	0	0	0	0	0	10	27	43	55	90	105	330

2

PRECIO de VENTA

Aquí debes definir un precio medio de venta, PUEDES USAR EL QUE HAS CALCULADO EN LA HOJA ANTERIOR,dicho precio se multiplicará por las unidades indicadas arriba.

	PM Total	Est Legal	Est Técn	Dis/Montaje	Documentac								
PRECIO medio vta.	2.139,77	215,00	325,00	19.300,00	650,00								

3

OBJETIVO DE VENTAS

	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Septiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre	Total
Estudio viab_legal	0	0	0	0	0	0	1.075	2.150	3.225	4.300	5.375	5.375	21.500
Estud viab_técnica	0	0	0	0	0	0	1.625	1.625	3.250	4.875	6.500	6.500	24.375
Dis_fab_montaje	0	0	0	0	0	0	0	38.600	57.900	96.500	193.000	193.000	579.000
Ejecuc documental	0	0	0	0	0	0	0	6.500	9.750	9.750	22.750	32.500	81.250
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Total previsto	0	0	0	0	0	0	2.700	48.875	74.125	115.425	227.625	237.375	706.125

Tabla 22. Objetivo de ventas primer año. (elaboración propia)

Diseño de los soportes motor y acoples de transmisión para una conversión de Mazda MX5 NB a vehículo eléctrico

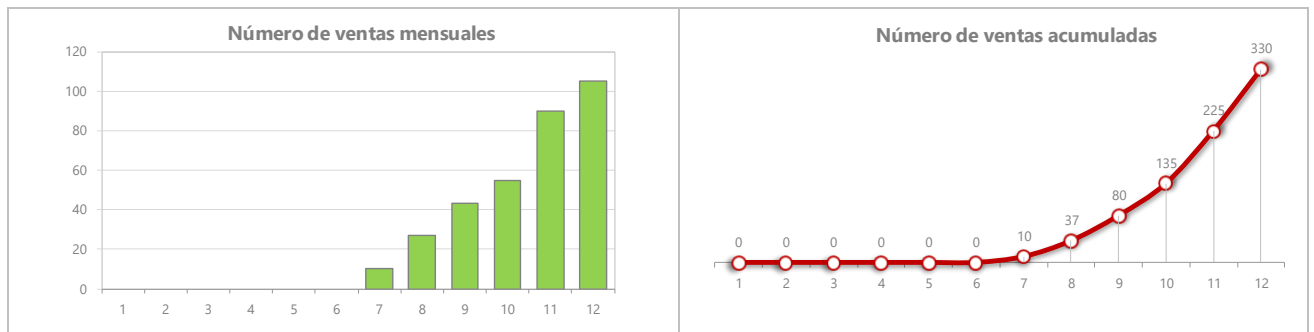


Figura 48. Objetivo de ventas primer año. (elaboración propia)

Las cifras estimadas son conservadoras, si bien crecientes. En el apartado siguiente, previsiones a 5 años, cabe indicar que las ventas seguirán creciendo a un ritmo cada vez menor, puesto que el número de vehículos existentes para el modelo que se homologue está estancado. Aun así, para las ventas previstas, el resultado es positivo. En todos los cálculos se ha considerado que el primer año de funcionamiento de la empresa lo hará durante seis meses (de julio a diciembre); los otros cuatro años serían completos.

12.4.4.Objetivos de Ventas a 5 años

OBJETIVO de VENTAS a 5 AÑOS													
Objetivo 5 AÑOS													
	2022			2023				2024					
	Uds.	Precio MV	Ventas	% VU	Uds.	% VPV	Venta T	% VAA	% VU	Uds.	% VPV	Venta T	% VAA
Estudio viab_legal	100	215,00	21.500	100,0%	200	0,0%	43.000	100,0%	10,0%	220	0,0%	47.300	10,0%
Estud viab_técnica	75	325,00	24.375	100,0%	150	0,0%	48.750	100,0%	10,0%	165	0,0%	53.625	10,0%
Dis_fab_montaje	30	19.300,00	579.000	120,0%	66	0,0%	1.273.800	120,0%	20,0%	79	0,0%	1.528.560	20,0%
Ejecuc documental	125	650,00	81.250	100,0%	250	0,0%	162.500	100,0%	10,0%	275	0,0%	178.750	10,0%
0	0	0,00	0		0		0	0,0%		0		0	0,0%
0	0	0,00	0		0		0	0,0%		0		0	0,0%
0	0	0,00	0		0		0	0,0%		0		0	0,0%
0	0	0,00	0		0		0	0,0%		0		0	0,0%
0	0	0,00	0		0		0	0,0%		0		0	0,0%
0	0	0,00	0		0		0	0,0%		0		0	0,0%
0	0	0,00	0		0		0	0,0%		0		0	0,0%
Total	330	2.139,77	706.125		666		1.528.050	116,4%		739		1.808.235	18,3%
	2025				2026								
	% VU	Uds.	% VPV	Venta T	% VAA	% VU	Uds.	% VPV	Venta T	% VAA			
Estudio viab_legal	5,0%	231	5,0%	52.148	10,3%	0,0%	231	5,0%	54.756	5,0%			
Estud viab_técnica	5,0%	173	5,0%	59.122	10,3%	0,0%	173	5,0%	62.078	5,0%			
Dis_fab_montaje	10,0%	87	5,0%	1.765.487	15,5%	0,0%	87	5,0%	1.853.761	5,0%			
Ejecuc documental	5,0%	289	5,0%	197.072	10,3%	0,0%	289	5,0%	206.925	5,0%			
0		0		0	0,0%		0		0	0,0%			
0		0		0	0,0%		0		0	0,0%			
0		0		0	0,0%		0		0	0,0%			
0		0		0	0,0%		0		0	0,0%			
0		0		0	0,0%		0		0	0,0%			
0		0		0	0,0%		0		0	0,0%			
0		0		0	0,0%		0		0	0,0%			
Total				780			2.073.828	14,7%		780		2.177.520	5,0%
RESUMEN													
	2022		2023		2024		2025		2026				
	Ventas		Ventas	Variación	Ventas	Variación	Ventas	Variación	Ventas	Variación	Ventas	Variación	
Estudio viab_legal	21.500		43.000	100,00%	47.300	10,00%	52.148	10,25%	54.756	5,00%			
Estud viab_técnica	24.375		48.750	100,00%	53.625	10,00%	59.122	10,25%	62.078	5,00%			
Dis_fab_montaje	579.000		1.273.800	120,00%	1.528.560	20,00%	1.765.487	15,50%	1.853.761	5,00%			
Ejecuc documental	81.250		162.500	100,00%	178.750	10,00%	197.072	10,25%	206.925	5,00%			
0	0		0	0,00%	0	0,00%	0	0,00%	0	0,00%	0	0,00%	
0	0		0	0,00%	0	0,00%	0	0,00%	0	0,00%	0	0,00%	
0	0		0	0,00%	0	0,00%	0	0,00%	0	0,00%	0	0,00%	
0	0		0	0,00%	0	0,00%	0	0,00%	0	0,00%	0	0,00%	
0	0		0	0,00%	0	0,00%	0	0,00%	0	0,00%	0	0,00%	
0	0		0	0,00%	0	0,00%	0	0,00%	0	0,00%	0	0,00%	
0	0		0	0,00%	0	0,00%	0	0,00%	0	0,00%	0	0,00%	
Total	706.125		1.528.050	116,40%	1.808.235	18,34%	2.073.828	14,7%	2.177.520	5,00%			

Tabla 23. Objetivo de ventas a 5 años. (elaboración propia)

Diseño de los soportes motor y acoples de transmisión para una conversión de Mazda MX5 NB a vehículo eléctrico

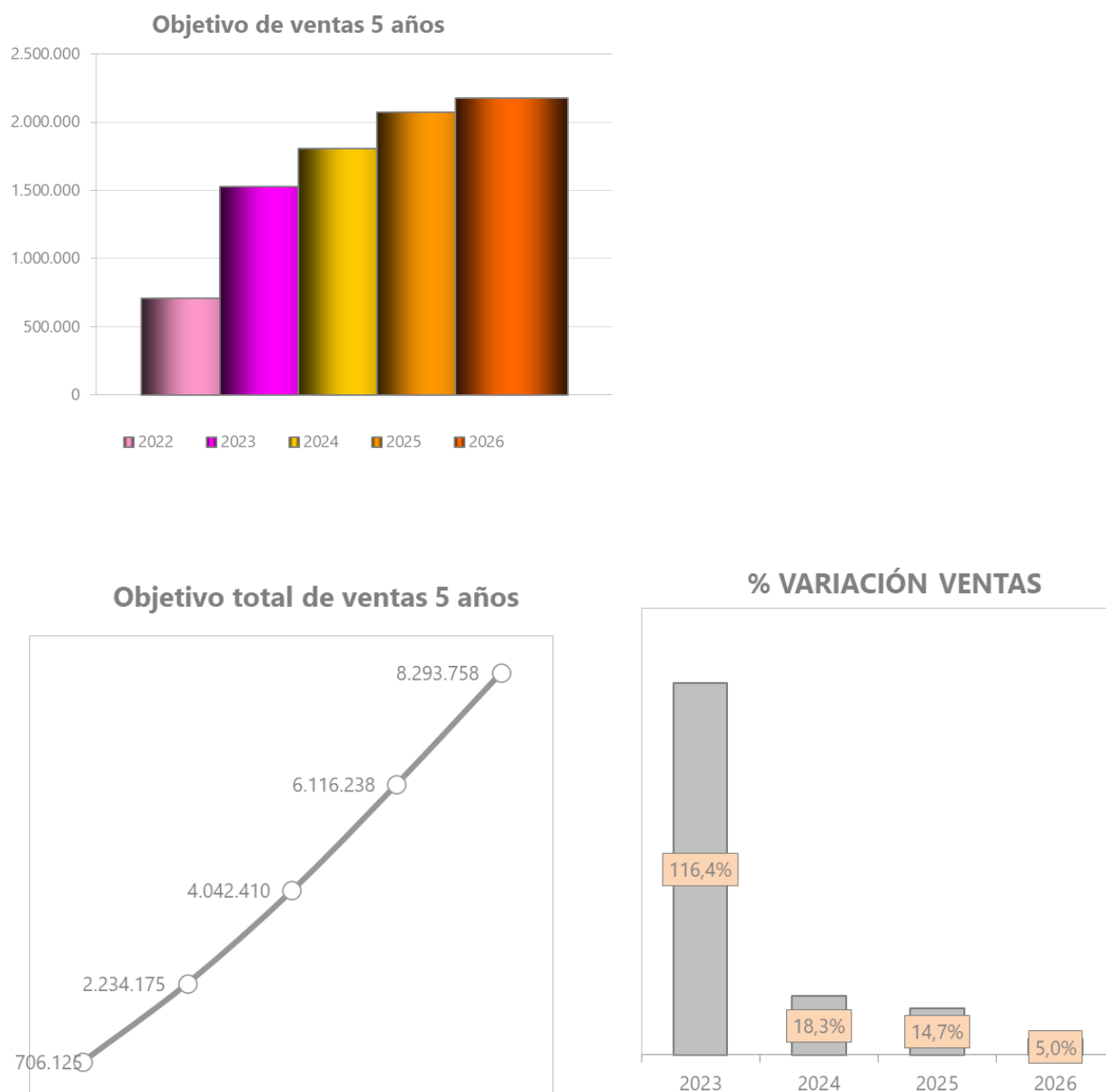


Figura 49. Objetivo de ventas a 5 años. (elaboración propia)

12.5. Análisis económico

12.5.1. Análisis económico y punto crítico

ANÁLISIS ECONÓMICO y PUNTO CRÍTICO					
Ventas y Gastos					
	Est Legal	Est Técn	Dis/Montaje	Documentac	Total
Nº Ventas (Unidades)	100	75	30	125	330
Ventas (Facturación)	21.500	24.375	579.000	81.250	706.125
Coste de las ventas	15.200	20.250	475.806	64.500	575.756
Coste UNIDAD	140	230	15.027	500	1.650,2
Coste TOTAL	1.200	3.000	25.000	2.000	31.200
MARGEN BRUTO	6.300	4.125	103.194	16.750	130.369
Gastos de marketing	300	300	300	300	1.200
Gastos de ventas					0
Gastos generales	500	500	500	500	2.000
E.B.I.T.D.A.	5.500	3.325	102.394	15.950	127.169
Amortizaciones					0
Gastos financieros					0
RESULTADO Expl.	5.500	3.325	102.394	15.950	127.169
Cash flow	5.500	3.325	102.394	15.950	127.169
Gastos					
	Est Legal	Est Técn	Dis/Montaje	Documentac	Total
Gastos Fijos	5.535	7.303	166.747	22.790	202.375
% G. fijos	34,6%	34,7%	35,0%	34,9%	35,0%
Gastos Variables	10.465	13.748	309.859	42.510	376.582
% G. variables	65,4%	65,3%	65,0%	65,1%	65,0%
Total gastos	16.000	21.050	476.606	65.300	578.956
Rentabilidad y Punto Crítico					
	Est Legal	Est Técn	Dis/Montaje	Documentac	Total
Margen Bruto	29,3%	16,9%	17,8%	20,6%	18,5%
E.B.I.T.D.A.	25,6%	13,6%	17,7%	19,6%	18,0%
Rentabil. Explotación	34,4%	15,8%	21,5%	24,4%	22,0%
Rentabilidad Venta	25,6%	13,6%	17,7%	19,6%	18,0%
Contribución Marg.	11.035	10.628	269.141	38.740	329.543
Ratio Cm	0,51	0,44	0,46	0,48	0,47
Punto crítico (PC)	10.784	16.749	358.722	47.798	433.636
Días para PC	183,1	250,8	226,1	214,7	224,1

Tabla 24. Análisis económico y punto crítico. (elaboración propia)

Se observa, valorando el primer semestre de trabajo en la empresa, que el volumen de ingresos mínimo para poder ser rentable (con los costes considerados) es de 433,636.02 euros; correspondiendo la mayor parte (358,722 euros) al Diseño y Montaje.

Punto Crítico (total)	
Facturación mínima para alcanzar el punto crítico	433.636,02

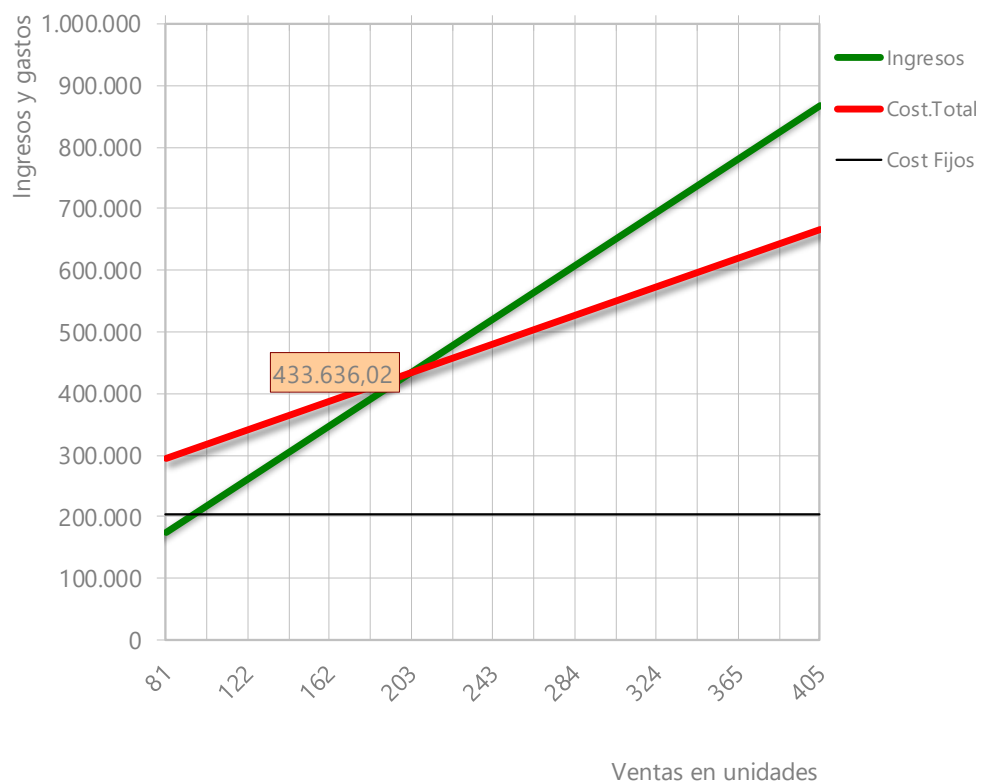


Figura 50. Punto crítico. (elaboración propia)

12.5.2. Escenarios posibles

Dado que no se ha efectuado un estudio riguroso del mercado, puesto que no es el objetivo de este TFM, sí se ha calculado un análisis con 10 escenarios posibles, para valorar diferentes posibilidades. Así, se han planteado incrementos del 10 al 50%, y disminuciones del 10 al 150%. Puede observarse que los costes y precios calculados, aun vendiendo un 50% menos de lo estimado, el modelo de negocio seguiría siendo rentable. No así vendiendo la mitad de lo estimado. Con unas ventas inferiores en un 150% las pérdidas serían cuantiosas.

Diseño de los soportes motor y acoples de transmisión para una conversión de Mazda MX5 NB a vehículo eléctrico

ESCENARIOS POSIBLES											
Escenarios	BASE	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Ventas	706.125	1.059.188	917.963	847.350	776.738	635.513	529.594	353.063	0	-176.531	-353.063
Coste de las ventas	575.756	848.035	739.123	684.668	630.212	521.301	439.617	303.478	31.200	-104.939	-241.078
MARGEN BRUTO	130.369	211.153	178.839	162.682	146.525	114.212	89.976	49.584	-31.200	-71.592	-111.984
Gastos de marketing	1.200	1.200	1.200	1.200	1.200	1.200	1.200	1.200	1.200	1.200	1.200
Gastos de ventas	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Gastos generales	2.000	2.000	2.000	2.000	2.000	2.000	2.000	2.000	2.000	2.000	2.000
E.B.I.T.D.A.	127.169	207.953	175.639	159.482	143.325	111.012	86.776	46.384	-34.400	-74.792	-115.184
Amortizaciones	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Gastos financieros	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
RESULTADO Expl.	127.169	207.953	175.639	159.482	143.325	111.012	86.776	46.384	-34.400	-74.792	-115.184
Cash flow	127.169	207.953	175.639	159.482	143.325	111.012	86.776	46.384	-34.400	-74.792	-115.184
Margen Bruto	18,5%	19,9%	19,5%	19,2%	18,9%	18,0%	17,0%	14,0%	0,0%	40,6%	31,7%
E.B.I.T.D.A.	18,0%	19,6%	19,1%	18,8%	18,5%	17,5%	16,4%	13,1%	0,0%	42,4%	32,6%
Rentabilidad Venta	18,0%	19,6%	19,1%	18,8%	18,5%	17,5%	16,4%	13,1%	0,0%	42,4%	32,6%
Contribución Marginal	329.543	505.503	435.119	399.927	364.735	294.351	241.564	153.584	-22.375	-110.355	-198.335
Ratio Cm	0,47	0,48	0,47	0,47	0,47	0,46	0,46	0,44	0,00	0,63	0,56
Punto crítico (PC)	433.636	623.461	547.420	509.445	471.513	395.835	339.349	246.433	0	-56.889	-148.019
PON las variaciones en % respecto al escenario BASE											
% variación precio de venta											
% variación unidades vendidas	50,0%	30,0%	20,0%	10,0%	-10,0%	-25,0%	-50,0%	-100,0%	-125,0%	-150,0%	
% var. costes unitarios (CdV)											
% v. otros costes de venta (CdV)											
% variación gastos marketing											
% variación gastos de ventas											
% variación gastos generales											
% variación gastos financieros											
% de gastos fijos	35,0%										



Tabla 25. Escenarios posibles. (elaboración propia)

13. Alineación con los ODS (Objetivos de Desarrollo Sostenible)

Los Objetivos de Desarrollo Sostenible están presentes en los objetivos de este proyecto, siendo los siguiente puntos concretos los más importantes:

- “ODS 7.- Garantizar el acceso a una energía asequible, segura, sostenible y moderna:
 - 7.3.- De aquí a 2030, duplicar la tasa mundial de mejora de la eficiencia energética.
- ODS 8.- Promover el crecimiento económico inclusivo y sostenible, el empleo y el trabajo decente para todos:
 - 8.3.- Promover políticas orientadas al desarrollo que apoyen las actividades productivas, la creación de puestos de trabajo decentes, el emprendimiento, la creatividad y la innovación, y fomentar la formalización y el crecimiento de las microempresas y las pequeñas y medianas empresas, incluso mediante el acceso a servicios financieros.
 - 8.4.- Mejorar progresivamente, de aquí a 2030, la producción y el consumo eficientes de los recursos mundiales y procurar desvincular el crecimiento económico de la degradación del medio ambiente, conforme al Marco Decenal de Programas sobre modalidades de Consumo y Producción Sostenibles, empezando por los países desarrollados.
- ODS 9.- Construir infraestructuras resilientes, promover la industrialización sostenible y fomentar la innovación:
 - 9.2.- Promover una industrialización inclusiva y sostenible y, de aquí a 2030, aumentar significativamente la contribución de la industria al empleo y al producto interno bruto, de acuerdo con las circunstancias nacionales, y duplicar esa contribución en los países menos adelantados.
 - 9.4.- De aquí a 2030, modernizar la infraestructura y reconvertir las industrias para que sean sostenibles, utilizando los recursos con mayor eficacia y promoviendo la adopción de tecnologías y procesos industriales limpios y ambientalmente racionales, y logrando que todos los países tomen medidas de acuerdo con sus capacidades respectivas.
 - 9.5.- Aumentar la investigación científica y mejorar la capacidad tecnológica de los sectores industriales de todos los países, en particular los países en desarrollo, entre otras cosas fomentando la innovación y aumentando considerablemente, de aquí a 2030, el número de personas que trabajan en investigación y desarrollo por millón de habitantes y los gastos de los sectores público y privado en investigación y desarrollo.
- ODS 11.- Lograr que las ciudades sean más inclusivas, seguras, resilientes y sostenibles:
 - 11.2.- De aquí a 2030, proporcionar acceso a sistemas de transporte seguros, asequibles, accesibles y sostenibles para todos y mejorar la seguridad vial, en particular mediante la ampliación del transporte público, prestando especial atención a las necesidades de las personas en situación de vulnerabilidad, las mujeres, los niños, las personas con discapacidad y las personas de edad.
 - 11.6.- De aquí a 2030, reducir el impacto ambiental negativo per cápita de las ciudades, incluso prestando especial atención a la calidad del aire y la gestión de los desechos municipales y de otro tipo.
- ODS 12.- Garantizar modalidades de consumo y producción sostenibles:
 - 12.2.- De aquí a 2030, lograr la gestión sostenible y el uso eficiente de los recursos naturales.

Diseño de los soportes motor y acoples de transmisión para una conversión de Mazda MX5 NB a vehículo eléctrico

- 12.4.- De aquí a 2020, lograr la gestión ecológicamente racional de los productos químicos y de todos los desechos a lo largo de su ciclo de vida, de conformidad con los marcos internacionales convenidos, y reducir significativamente su liberación a la atmósfera, el agua y el suelo a fin de minimizar sus efectos adversos en la salud humana y el medio ambiente.
- 12.5.- De aquí a 2030, reducir considerablemente la generación de desechos mediante actividades de prevención, reducción, reciclado y reutilización.
- ODS 13.- Adoptar medidas urgentes para combatir el cambio climático y sus efectos:
 - 13.3.- Mejorar la educación, la sensibilización y la capacidad humana e institucional respecto de la mitigación del cambio climático, la adaptación a él, la reducción de sus efectos y la alerta temprana". [37]

Algunos de estos objetivos se fechan para el año 2020, pero siguen siendo prioritarios en años venideros, por lo que vale la pena insistir en ellos.

Además, cabría hacer dos preguntas clave:

- ¿Supone este segmento de mercado un paso adelante en el desarrollo de la economía circular?
- ¿Son estos vehículos eléctricos reformados una acción coherente con las acciones sostenibles establecidas?

El segmento de mercado del vehículo eléctrico va completamente en la dirección de los ODS. Supone un cambio de paradigma en cuanto al sector de transportes, que consume una tercera parte de toda la energía final en la Unión Europea (UE). Según la Agencia Europea del Medio Ambiente (EEA), más del 70% de los gases de efecto invernadero procedentes del transporte son emitidos por coches, furgonetas, camiones y autobuses [38], el 30% restante procede mayormente del transporte marítimo y aéreo.

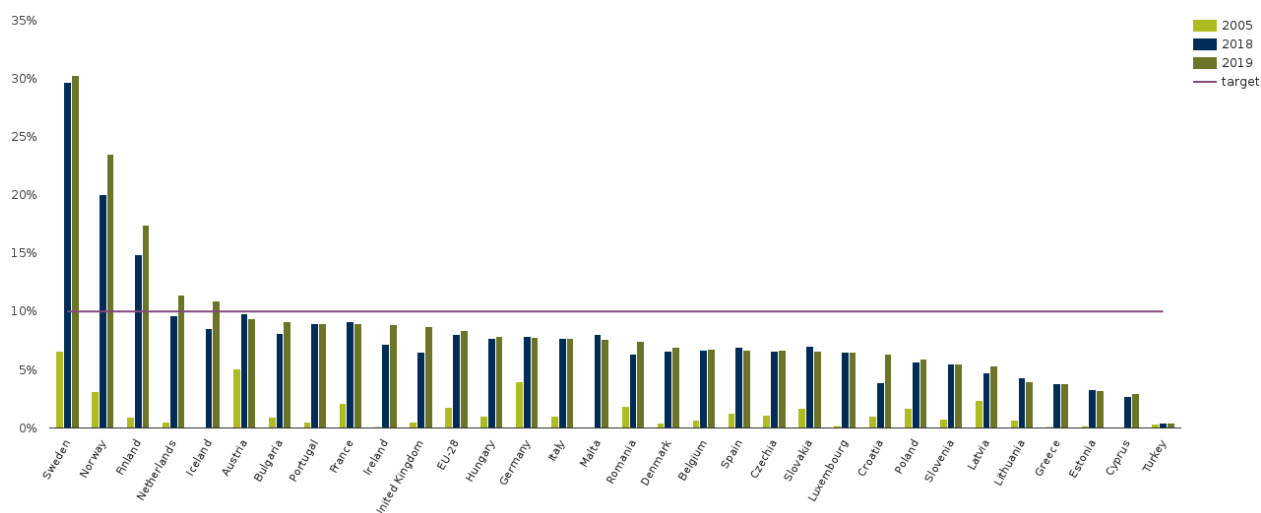


Figura 51. Ranking del consumo porcentual de energías de fuentes renovables utilizadas en el transporte en Europa [39]

Las propias políticas de la UE hacen hincapié en la importancia de la transición a vehículos de emisión cero y variantes con bajas emisiones de carbono. En la Figura 51 se muestra el consumo porcentual

Diseño de los soportes motor y acoples de transmisión para una conversión de Mazda MX5 NB a vehículo eléctrico

por países europeos. El objetivo es del 10%, estando la UE ya cerca, consiguiendo un 8,4% el compendio de todos los países miembros. [39]

El hecho de que se trate de coches restaurados aporta un valor directo al desarrollo de economía circular. Es una forma más de optimizar toda la cadena de valor del producto, siguiendo la filosofía de las escuelas de pensamiento de economía circular:

- *Industrial Ecology*: por la minimización de residuos y la utilización eficiente de los recursos.
- *Blue Economy*: por la reducción de emisiones de efecto invernadero durante la vida útil del vehículo y también por la actuación directa en uno de los eslabones del *supply chain* del sector del automóvil.

No se trata de un sector totalmente nuevo, ya que la restauración de vehículos clásicos ha existido siempre. Esta vez se trata de aportar un valor diferenciador que permita el uso de los mismos en ciudades donde las leyes anticontaminación sean muy restrictivas, lo cual es un supuesto muy interesante a nivel práctico.

14. Conclusiones y futuras líneas de investigación

El precio resultante de 21659.22 euros para una conversión *retrofit* para un Mazda MX5 NB de ciertas características concretas descritas en este proyecto, resulta un precio razonable para lo que podría costar un vehículo de ese tipo restaurado sin complementos lujosos. Sí es verdad que, como se ha descrito en el capítulo de homologaciones, resulta algo aventurado describir el proceso como algo viable en España por el momento. Bien es cierto que en otros países como en Francia, Reino Unido o Estados Unidos, la viabilidad de estos proyectos y su homologación es posible para cualquier persona que quiera transformar su coche a eléctrico y poder circular legalmente por la vía pública.

De este modo, resulta evidente resaltar que la legislación en España y la capacidad de los laboratorios certificadores deben evolucionar a los ejemplos de países anteriormente mencionados. Para que un proyecto de un particular pueda ver la luz en España, si estos dos hechos no se consuman, difícilmente podrán llevarse a cabo.

Lo mismo ocurre con pequeñas empresas de restauración de vehículos, que deben homologar cada uno de los vehículos por separado, echando por tierra la idea de una producción en serie eficaz. De esta forma, el modelo de negocio expuesto en capítulos anteriores ha tenido que hacer referencia a las posibilidades legales de otros países. Por ello, también se han expuesto ciertos negocios extranjeros que están funcionando en sus mercados nacionales, siendo pioneros en la práctica del *retrofit* y consiguiendo homologar packs de conversión que ellos mismos instalan en ciertos modelos de vehículos.

Ciertamente, la conversión a vehículo eléctrico es completamente viable a nivel técnico, por lo que no debería de causar mayores problemas la creación y venta de un kit genérico, así como ciertos kits específicos para ciertos modelos de vehículo. Se ha demostrado en este proyecto que la caja de cambios del modelo original restaurado es completamente válida para el nuevo motor eléctrico. Así, la validez de la caja de cambios original podría incluso darse por hecho también en otros vehículos de potencias similares, que además son muy comunes en el mercado. Para un uso no competitivo del vehículo y por la vía pública, las características de transmisiones similares probablemente cumplan con su cometido sin problemas con el nuevo motor.

Las mayores perturbaciones emitidas por el motor eléctrico en funcionamiento se producen a unas frecuencias bastante altas en relación con la frecuencia natural del sistema, por lo que quedan todas atenuadas, como mínimo, en un 94%. Esto hace que dichas frecuencias del motor no vayan en detrimento del confort acústico de los pasajeros, ya que dichas vibraciones no se amplían en el chasis del vehículo. Cabe destacar que las frecuencias a nivel físico, por contacto, que más molestas resultan al cuerpo humano, están por debajo de 90 Hz. De esta forma, se puede considerar que la responsabilidad de filtrar ese tipo de vibraciones es de la propia suspensión del vehículo y de los asientos u otros puntos de contacto, como el volante.

El estudio de los soportes motor adaptados específicamente y fabricados para una única unidad podría resultar muy caro para un único vehículo de un particular. Existen soluciones válidas en el mercado por menos de la mitad de precio. Por el contrario, si se consigue crear un modelo de negocio y crear kits para la producción en serie, esta pieza podría ser fácilmente adaptable a todos los vehículos a los que se le quiera convertir a un motor eléctrico. Los costes de fabricación caen dado el incremento del número de ejemplares fabricados y ensamblados.

El material elastómero elegido es capaz de filtrar las frecuencias de vibración más significativas del motor eléctrico, que afectan a nivel estructural y acústico al resto del vehículo. Sin embargo, esas

frecuencias resultan muy superiores a las frecuencias bajas que afectan al confort físico del conductor y los viajeros. Observando así, que las frecuencias que resonarían en la cabina de manera acústica (muy incómodas), son filtradas por los apoyos diseñados, la mayor fuente de frecuencias incómodas proviene del firme con el vehículo en movimiento y un posible mal funcionamiento de la suspensión. Por tanto, para filtrar dichas frecuencias, se debe focalizar el estudio en el diseño de los elementos de contacto directo con los viajeros y el conductor, como pueden ser los asientos y el volante.

La propuesta de modelo de negocio se ve seriamente amenazada por su dependencia del éxito en las homologaciones, que no parecen viables en España si no se consolida una marca como fabricante (lo cual encarece mucho el producto final). Sin embargo, existen estrategias defensivas y ofensivas para mitigar ésta y otras amenazas o debilidades. Se estima que la empresa podría estar formada inicialmente por dos ingenieros superiores y un ingeniero técnico. Sería necesaria una primera fase de Investigación y Desarrollo, una segunda fase de Preparación del Modelo de Negocio, y una tercera fase de Lanzamiento. Se estima que la empresa comenzaría a facturar a partir de éste último periodo, un año y medio después del inicio. Se estima que el mayor número de clientes serán talleres a los que los clientes finales acudirán para reformar y mejorar sus automóviles. Se ofrecerían cuatro tipos de servicios diferentes: estudio de viabilidad legal; estudio de viabilidad técnica; diseño, fabricación y montaje de piezas; y ejecución de la documentación y obtención de homologaciones. El precio de diseño, fabricación y montaje es de 19300 €, que coincide aproximadamente con el precio estimado para el Mazda MX5 mencionado anteriormente (21659.22 €), si se le resta el precio del vehículo. De esta forma, puede tener sentido que exista este tipo de negocios, que ofrezca el servicio idóneo, en vez de que el particular tenga que buscar los contactos y organizar los trabajos.

La previsión de ventas es positiva, de donde se obtiene un punto crítico en el que los ingresos mínimos deben de ser 433636.02 € para que la empresa comience a dar beneficios al final del primer semestre de trabajo. La mayor parte de esos ingresos, 358722 €, corresponderían al servicio de diseño, fabricación y montaje.

Por último, como líneas futuras de investigación, se recomienda hacer un estudio interno del motor eléctrico a nivel de fuerzas y electromagnetismo. Dado el secretismo de los fabricantes con el interior de sus motores, es complicado encontrar información válida sobre la mayoría de los modelos que podrían utilizarse para un proyecto *retrofit*. Así, podrían conocerse con mayor exactitud las vibraciones que genera el tipo de motor elegido y se podrían diseñar soportes y el resto de la estructura de una manera mucho más acertada.

Diseño de los soportes motor y acoples de transmisión para una conversión de Mazda MX5 NB a vehículo eléctrico

15. Bibliografía

- [1] Murias, Daniel, «Estos son los puntos claves que debes tener en cuenta antes de comprar un Mazda MX-5», *Motorpasión*, feb. 09, 2019. <https://www.motorpasion.com/cabrio/estos-puntos-claves-que-debes-tener-cuenta-antes-comprar-mazda-mx-5> (accedido ene. 20, 2021).
- [2] «Ian Motion - Seconde vie électrique pour vehicules mythiques», jun. 14, 2018. <https://www.ian-motion.com/> (accedido ene. 12, 2021).
- [3] «Electric GT - Electric Vehicle Systems and Components», *Electric GT*. <https://electricgt.com/> (accedido ene. 13, 2021).
- [4] «ICON4x4 • HAND MADE IN LOS ANGELES, CALIFORNIA». <https://www.icon4x4.com/> (accedido ene. 20, 2021).
- [5] D. Murias, «Jaguar fabricará “en serie” el primer coche eléctrico clásico, el E-Type Zero eléctrico», *Motorpasión*, ago. 24, 2018. <https://www.motorpasion.com/clasicos/jaguar-fabricara-serie-primer-coche-electrico-clasico-e-type-zero-electrico> (accedido ene. 20, 2021).
- [6] Little Cars, «Little Cars e600», *Little-Cars.es*. https://little-cars.es/videos/LITTLE_Clasico_e600.mp4 (accedido ene. 13, 2021).
- [7] «Retrofuture Electric Vehicles REV», *Retrofuture Electric Vehicles REV*. <https://retrofuture-ev.com/en/> (accedido ene. 20, 2021).
- [8] J. Martín, «Retrofit: el fascinante arte de convertir un coche gasolina o diésel en eléctrico», *Motorpasión*, abr. 26, 2021. <https://www.motorpasion.com/coches-electricos/retrofit-fascinante-arte-convertir-coche-gasolina-diesel-electrico-20210426> (accedido jul. 16, 2021).
- [9] «Electronics, Cars, Fashion, Collectibles & More», *eBay*. <https://www.ebay.com> (accedido ene. 14, 2021).
- [10] I. Mounts, «99-00 Mazda Miata Replacement Engine Mount Kit (NB/1.8L)», *Innovative Mounts*. <https://innovativemounts.com/products/99-00-mazda-miata-replacement-engine-mount-kit-nb-1-8l> (accedido ene. 15, 2021).
- [11] SEOcretario, «El Retrofit en España es posible», *Pásate a lo eléctrico*, nov. 10, 2020. <https://pasatealoelectrico.es/2020/11/10/el-retrofit-en-espana-es-posible/> (accedido jul. 16, 2021).
- [12] A.D., «Legislación Coche Eléctrico Archivos - Elektron Cars Convertir tu Coche a Electrico», *Elektron Cars Convertir tu Coche a Electrico*. <http://elektron.com/category/legislacion-coche-electrico/> (accedido jul. 16, 2021).
- [13] Gobierno de Francia, *Orden de 13 de marzo de 2020 relativa a las condiciones para la conversión de vehículos con motor de combustión en motores eléctricos de batería o pila de combustible*.
- [14] «Rétrofit électrique de votre voiture», *Transition-One*. <https://transition-one.fr/> (accedido jul. 16, 2021).
- [15] M. Yildirim, M. Polat, y H. Kurum, «A survey on comparison of electric motor types and drives used for electric vehicles», sep. 2014, pp. 218-223. doi: 10.1109/EPEPEMC.2014.6980715.
- [16] M. N. Hashemnia y B. Asaei, «Comparative study of using different electric motors in the electric vehicles», oct. 2008, pp. 1-5. doi: 10.1109/ICELMACH.2008.4800157.
- [17] «Mazda MX5 II 1.6 110 CV - Ficha técnica & Prestaciones», *ZePerfs*. <https://zeperfs.com/es/fiche209-mazda-mx5-ii-1-6.htm> (accedido jul. 26, 2021).
- [18] «Motor Information». https://www.go-ev.com/motors-warp.html#HyPer_9 (accedido ago. 19, 2021).
- [19] Pablo Luque, Daniel Álvarez, y Carlos Vera, *Ingeniería del Automóvil: Sistemas y Comportamiento Dinámico*. Madrid: Thomson, 2005.
- [20] F. Battal, I. Sefa, y L. Boudjelida, «A Comparative Vibration Analysis of Induction and Synchronous Reluctance Motor», nov. 2018.
- [21] «Página Web Vibrachoc», *Vibrachoc | Sistemas para la amortiguación de vibraciones y ruidos*. <https://www.vibrachoc.es/> (accedido ago. 22, 2021).

- [22] Paulstra Industry, «Suspensiones de elastómero». <https://www.paulstra-industry.com/es/productos/suspensiones-de-elastomero> (accedido jul. 19, 2021).
- [23] Ministerio de Industria, Comercio y Turismo; Gobierno de España, «Manual Reformas Vehiculos Rev6 Corr1», *aeca_itv*, may 2020. <https://www.aeca-itv.com/wp-content/uploads/2021/01/ManualReformasVehiculosRev6Corr1.pdf> (accedido jul. 16, 2021).
- [24] «NetGain HyPer9 AC Motor X1 Controller Kit 120 Volt, EV West - Electric Vehicle Parts, Components, EVSE Charging Stations, Electric Car Conversion Kits». https://www.evwest.com/catalog/product_info.php?products_id=469 (accedido ago. 19, 2021).
- [25] «NetGain/SME Hyper 9 AC-X1 AC-X144 Chill Plate Liquid Cooling Kit, EV West - Electric Vehicle Parts, Components, EVSE Charging Stations, Electric Car Conversion Kits». https://www.evwest.com/catalog/product_info.php?products_id=485 (accedido ago. 19, 2021).
- [26] «Used Toyota Prius Throttle Pedal with Plug 78120-47050, EV West - Electric Vehicle Parts, Components, EVSE Charging Stations, Electric Car Conversion Kits». https://www.evwest.com/catalog/product_info.php?products_id=365 (accedido ago. 19, 2021).
- [27] «Compact display for Hyper-Drive controller», *EVShop HQ & Main Warehouse*. <https://evshop.eu/en/controller-accessories/76-compact-display-for-hyper-drive-controller.html> (accedido ago. 19, 2021).
- [28] «CALB 100 Ah SE Series Lithium Iron Phosphate Battery, EV West - Electric Vehicle Parts, Components, EVSE Charging Stations, Electric Car Conversion Kits». https://www.evwest.com/catalog/product_info.php?cPath=4&products_id=51&o (accedido ago. 19, 2021).
- [29] «ZEVA Smart Precharger for High Voltage EV Motor Controllers, EV West - Electric Vehicle Parts, Components, EVSE Charging Stations, Electric Car Conversion Kits». https://www.evwest.com/catalog/product_info.php?products_id=299 (accedido ago. 19, 2021).
- [30] «High Voltage Fuse 300 Volt 300 Amp A30QS300, EV West - Electric Vehicle Parts, Components, EVSE Charging Stations, Electric Car Conversion Kits». https://www.evwest.com/catalog/product_info.php?products_id=402 (accedido ago. 19, 2021).
- [31] «Orion BMS SOC meter w/ Data Logging», *EVShop HQ & Main Warehouse*. <https://evshop.eu/en/bms-accessories/72-orion-bms-soc-meter-w-data-logging.html> (accedido ago. 19, 2021).
- [32] «Kit bomba de vacío eléctrica refuerzo de freno para sistema de freno 12V 18-22"», *eBay*. <https://www.ebay.es/itm/304071010859> (accedido ago. 19, 2021).
- [33] «Perno hexagonal Plano, M12 x 40mm | RS Components». <https://es.rs-online.com/web/p/pernos-hexagonales/1925511> (accedido ago. 19, 2021).
- [34] «+521581 radiaflex 50x35 m-10». <https://www.suministrostorras.com/productos/521581-radiaflex-50x35-m-10-56610.html> (accedido ago. 19, 2021).
- [35] Osterwalder, Alexander y Pigneur, Yves., *Generación de modelos de negocio*. Deusto, 2012.
- [36] Porter, M., *How competitive forces shape strategy*. Harvard Business Review, 1979.
- [37] United Nations, «Objetivos y metas de desarrollo sostenible», *Desarrollo Sostenible*. <https://www.un.org/sustainabledevelopment/es/sustainable-development-goals/> (accedido ene. 11, 2021).
- [38] European Environment Agency, «Transporte — Agencia Europea de Medio Ambiente». <https://www.eea.europa.eu/es/themes/transport/intro> (accedido ene. 11, 2021).
- [39] European Environment Agency, «Shares of energy from renewable sources used in transport in Europe». https://www.eea.europa.eu/data-and-maps/daviz/share-of-renewable-energy-7#tab-googlechartid_chart_71 (accedido ene. 11, 2021).

Diseño de los soportes motor y acoples de transmisión para una conversión de Mazda MX5 NB a vehículo eléctrico

Diseño de los soportes motor y acoples de transmisión para una conversión de Mazda MX5 NB a vehículo eléctrico

ANEXO A: PLANOS

Plano general del ensamblaje completo.

Lista de materiales del ensamblaje.

Plano placa adaptadora motor-transmisión.

Plano copela delantera simple.

Plano copela trasera simple.

Plano copela trasera doble.

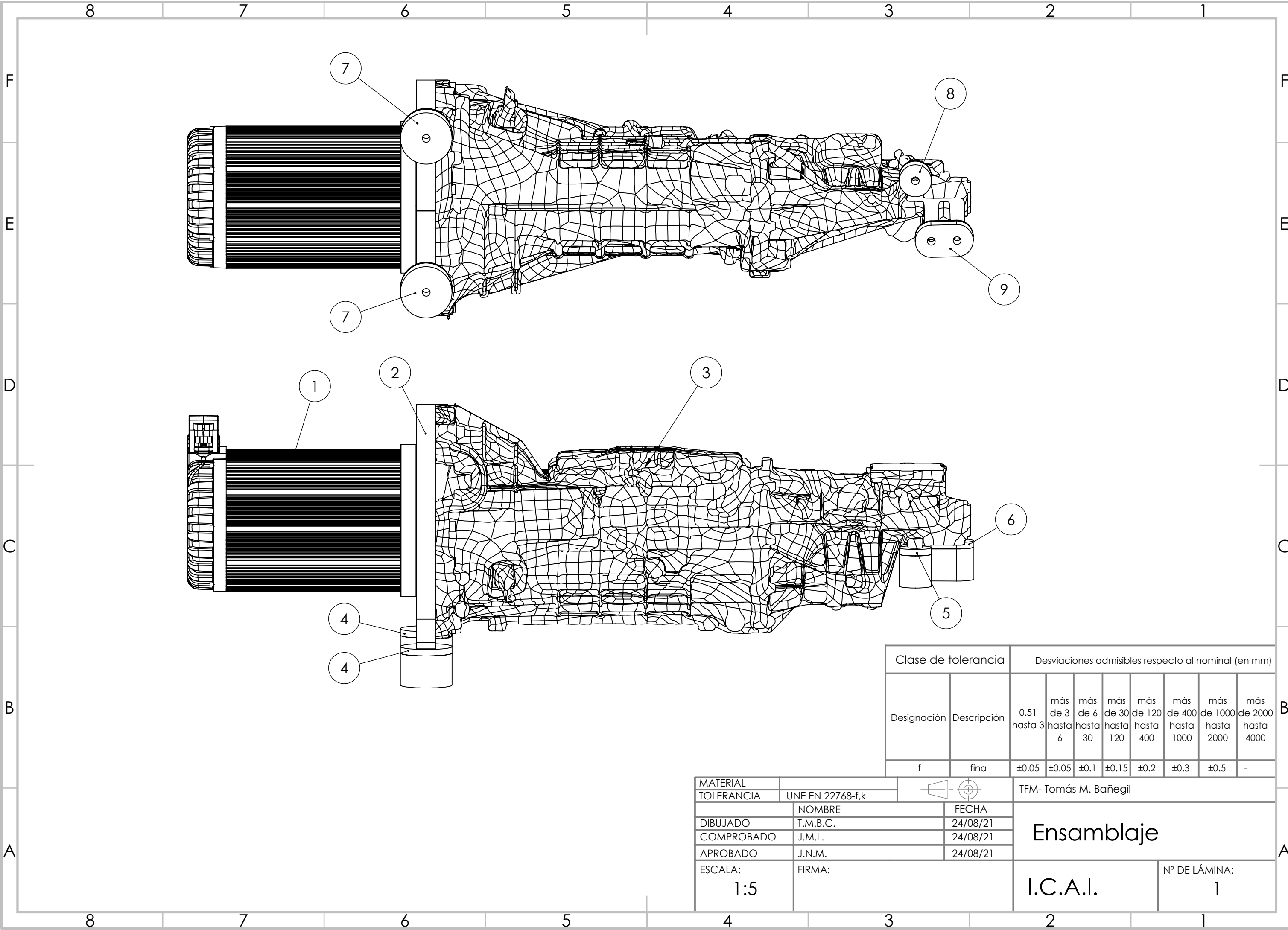
Plano soporte elastómero delantero simple.

Plano soporte elastómero trasero simple.

Plano soporte elastómero trasero doble.

Plano motor NetGain HyPer 9.

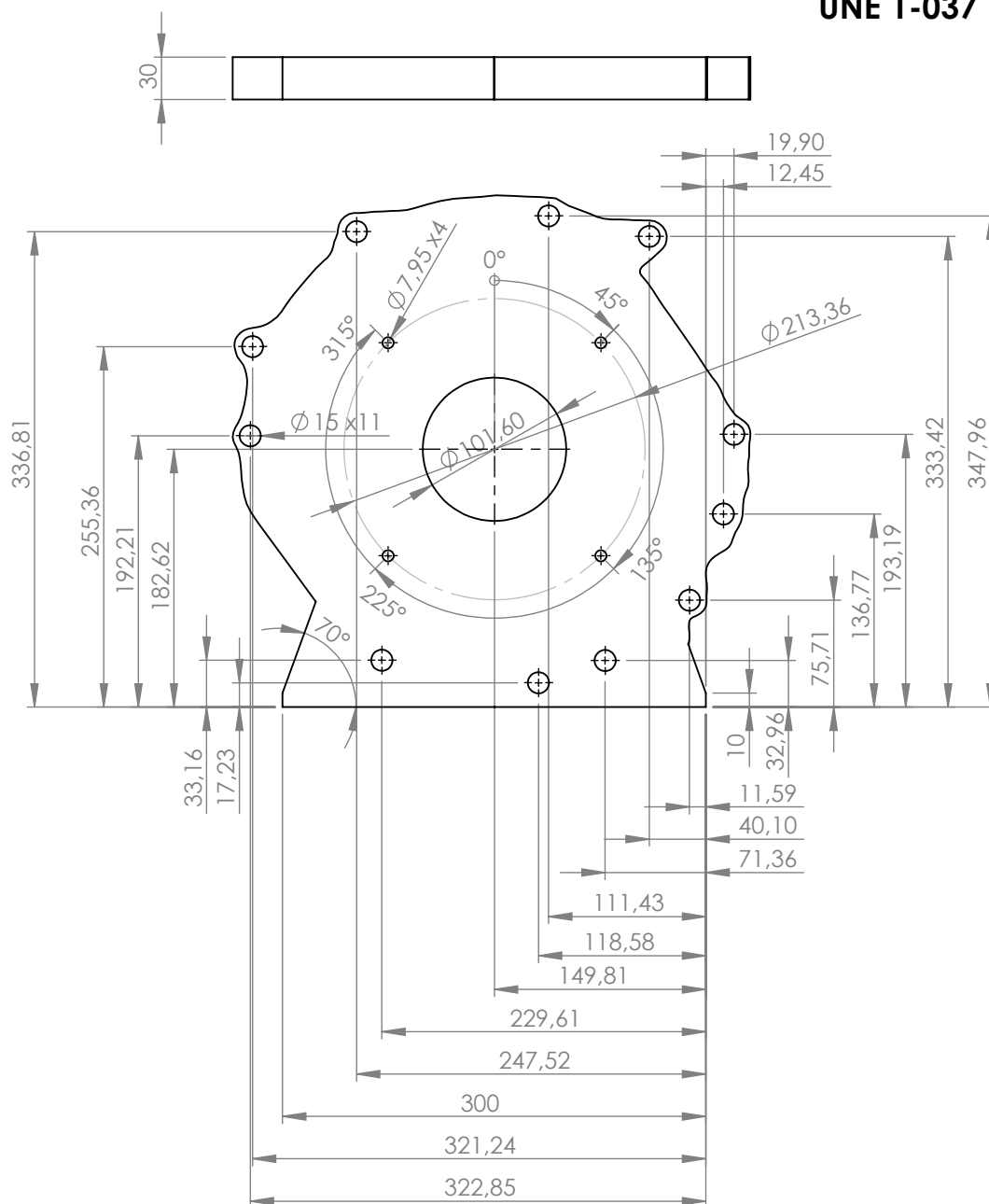
Diseño de los soportes motor y acoples de transmisión para una conversión de Mazda MX5 NB a vehículo eléctrico



Clase de tolerancia		Desviaciones admisibles respecto al nominal (en mm)							
Designación	Descripción	0.51 hasta 3	más de 3 hasta 6	más de 6 hasta 30	más de 30 hasta 120	más de 120 hasta 400	más de 400 hasta 1000	más de 1000 hasta 2000	más de 2000 hasta 4000
f	fina	±0.05	±0.05	±0.1	±0.15	±0.2	±0.3	±0.5	-

MATERIAL			TFM- Tomás M. Bañegil	
TOLERANCIA	UNE EN 22768-f,k			
	NOMBRE	FECHA	Ensamblaje	
DIBUJADO	T.M.B.C.	24/08/21		
COMPROBADO	J.M.L.	24/08/21		
APROBADO	J.N.M.	24/08/21		
ESCALA:	FIRMA:		I.C.A.I.	Nº DE LÁMINA:
1:5				1

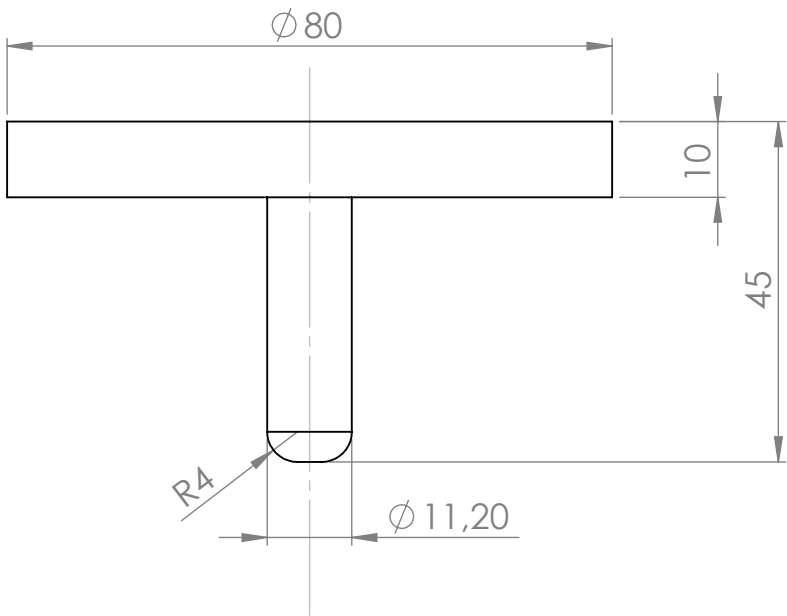
9	1	Soporte elastómero trasero doble	-	Goma Nitrilo XNBR
8	1	Soporte elastómero trasero simple	-	Goma Nitrilo XNBR
7	2	Soporte elastómero delantero simple	-	Goma Nitrilo XNBR
6	1	Copela trasera doble	-	Al 6082 T6
5	1	Copela trasera simple	-	Al 6082 T6
4	2	Copela delantera simple	-	Al 6082 T6
3	1	Caja de cambios Mazda MX5 NB	-	-
2	1	Placa Adaptadora Motor-Transmisión	-	Al 6082 T6
1	1	Motor NetGain	-	-
Marca	Cantidad	Denominación	Norma	Material
Material:		LISTA DE MATERIALES	Fecha: 24/08/21	
-			Dibujado: Tomás Bañegil	
Escala:		ELEM. NORMALIZADOS – P1	Plano N°: 2	
-			Proceso N°:	
ETSI (ICAI) – DISEÑO MECÁNICO				



Clase de tolerancia		Desviaciones admisibles respecto al nominal (en mm)							
Designación	Descripción	0.51 hasta 3	más de 3 hasta 6	más de 6 hasta 30	más de 30 hasta 120	más de 120 hasta 400	más de 400 hasta 1000	más de 1000 hasta 2000	más de 2000 hasta 4000
f	fin	±0.05	±0.05	±0.1	±0.15	±0.2	±0.3	±0.5	-

NOTA 1: Matar Aristas

MATERIAL	ALUMINIO 6082 T6		TFM-Tomás M. Bañegil Collado	
TOLERANCIA	UNE EN 22768-f,k			
	NOMBRE	FECHA	Placa adaptadora Motor-Transmisión	
DIBUJADO	T.M.B.C.	24/08/21		
COMPROBADO	J.M.L.	24/08/21		
APROBADO	J.N.M.	24/08/21		
ESCALA:	FIRMA:		I.C.A.I.	Nº DE LÁMINA:
1:5				3

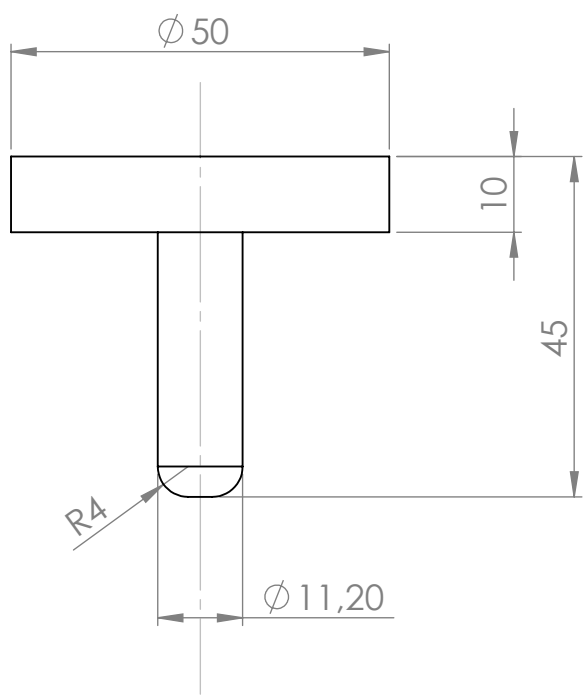


NOTA 1: Matar Aristas

Clase de tolerancia		Desviaciones admisibles respecto al nominal (en mm)							
Designación	Descripción	0.51 hasta 3	más de 3 hasta 6	más de 6 hasta 30	más de 30 hasta 120	más de 120 hasta 400	más de 400 hasta 1000	más de 1000 hasta 2000	más de 2000 hasta 4000
f	fin	±0.05	±0.05	±0.1	±0.15	±0.2	±0.3	±0.5	-

MATERIAL	ALUMINIO 6082 T6		TFM-Tomás M. Bañegil Collado	
TOLERANCIA	UNE EN 22768-f,k			
	NOMBRE	FECHA	Copela delantera simple	
DIBUJADO	T.M.B.C.	24/08/21		
COMPROBADO	J.M.L.	24/08/21		
APROBADO	J.N.M.	24/08/21		
ESCALA:	FIRMA:			Nº DE LÁMINA:
1:1		I.C.A.I.		4

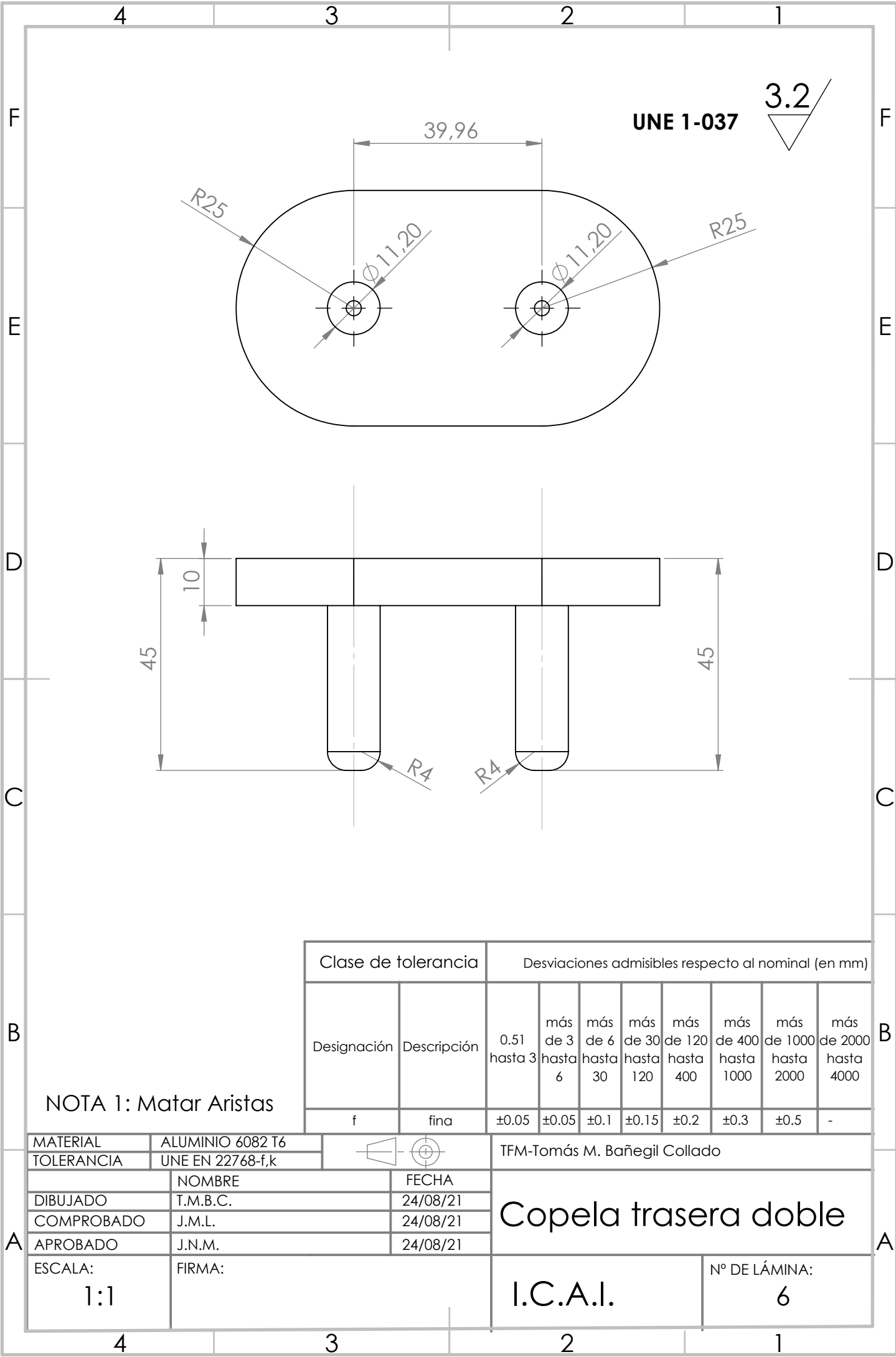
UNE 1-037 3.2



NOTA 1: Matar Aristas

Clase de tolerancia		Desviaciones admisibles respecto al nominal (en mm)							
Designación	Descripción	0.51 hasta 3	más de 3 hasta 6	más de 6 hasta 30	más de 30 hasta 120	más de 120 hasta 400	más de 400 hasta 1000	más de 1000 hasta 2000	más de 2000 hasta 4000
f	fin	±0.05	±0.05	±0.1	±0.15	±0.2	±0.3	±0.5	-

MATERIAL	ALUMINIO 6082 T6		TFM-Tomás M. Bañegil Collado	
TOLERANCIA	UNE EN 22768-f,k			
	NOMBRE	FECHA	Copela trasera simple	
DIBUJADO	T.M.B.C.	24/08/21		
COMPROBADO	J.M.L.	24/08/21		
APROBADO	J.N.M.	24/08/21	I.C.A.I.	
ESCALA:	FIRMA:			
1:1			Nº DE LÁMINA:	
			5	

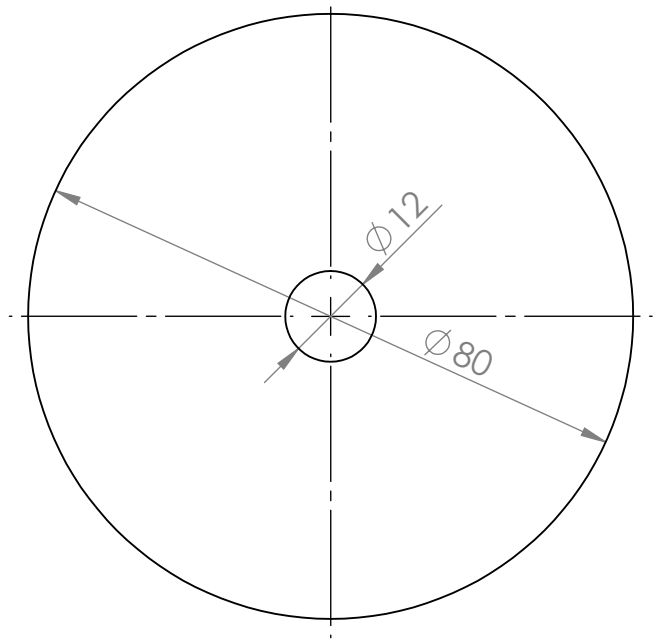
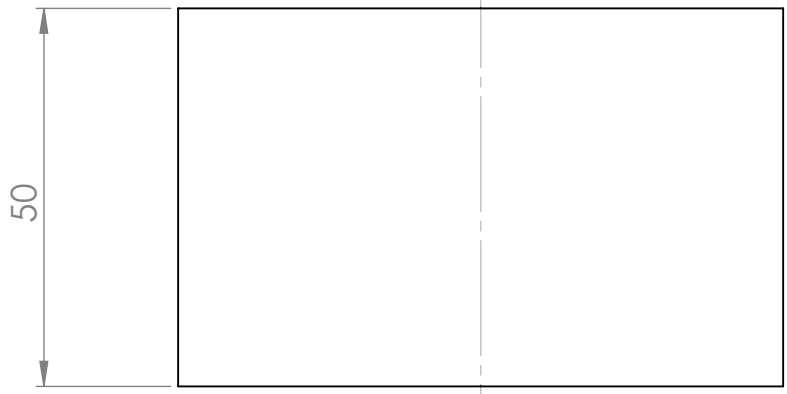


UNE 1-037 3.2

NOTA 1: Matar Aristas

Clase de tolerancia		Desviaciones admisibles respecto al nominal (en mm)							
Designación	Descripción	0.51 hasta 3	más de 3 hasta 6	más de 6 hasta 30	más de 30 hasta 120	más de 120 hasta 400	más de 400 hasta 1000	más de 1000 hasta 2000	más de 2000 hasta 4000
f	fin	±0.05	±0.05	±0.1	±0.15	±0.2	±0.3	±0.5	-

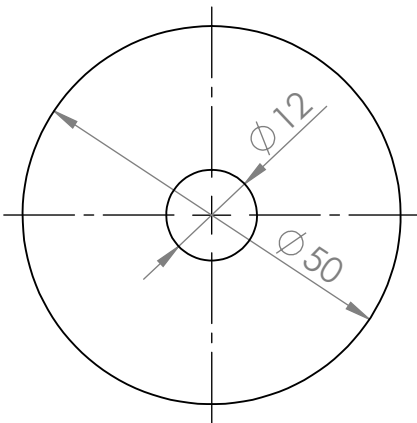
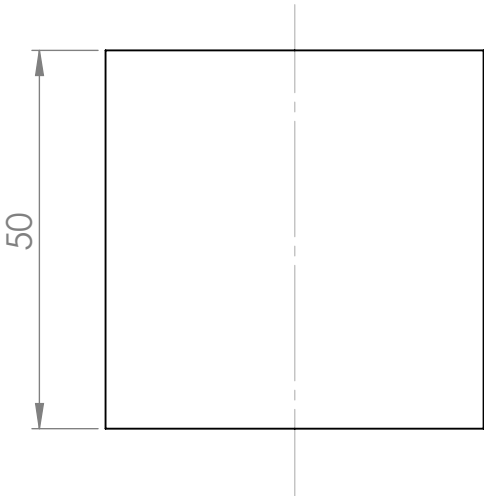
MATERIAL	ALUMINIO 6082 T6		TFM-Tomás M. Bañegil Collado	
TOLERANCIA	UNE EN 22768-f,k			
DIBUJADO	NOMBRE	FECHA	Copela trasera doble	
COMPROBADO	T.M.B.C.	24/08/21		
APROBADO	J.M.L.	24/08/21		
ESCALA:	J.N.M.	24/08/21	I.C.A.I.	
1:1	FIRMA:			
			Nº DE LÁMINA:	
			6	



NOTA 1: Matar Aristas

Clase de tolerancia		Desviaciones admisibles respecto al nominal (en mm)							
Designación	Descripción	0.51 hasta 3	más de 3 hasta 6	más de 6 hasta 30	más de 30 hasta 120	más de 120 hasta 400	más de 400 hasta 1000	más de 1000 hasta 2000	más de 2000 hasta 4000
f	fin	±0.05	±0.05	±0.1	±0.15	±0.2	±0.3	±0.5	-

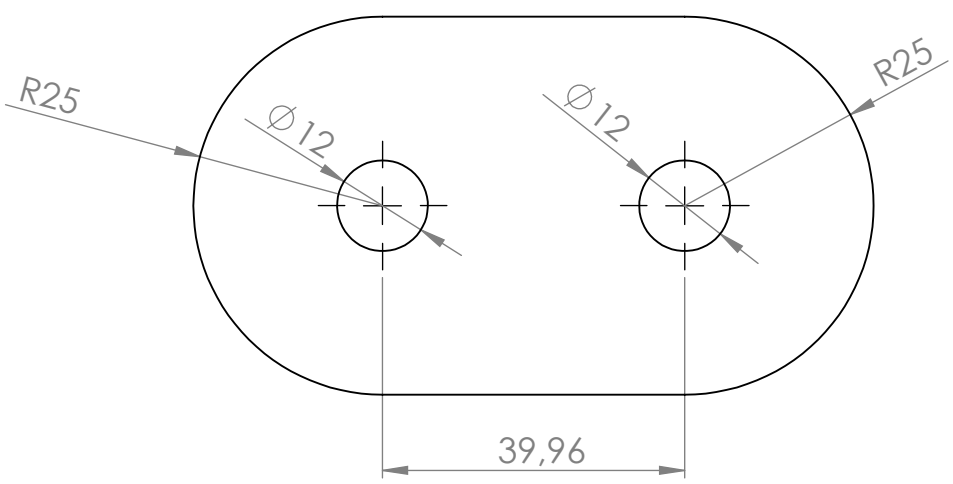
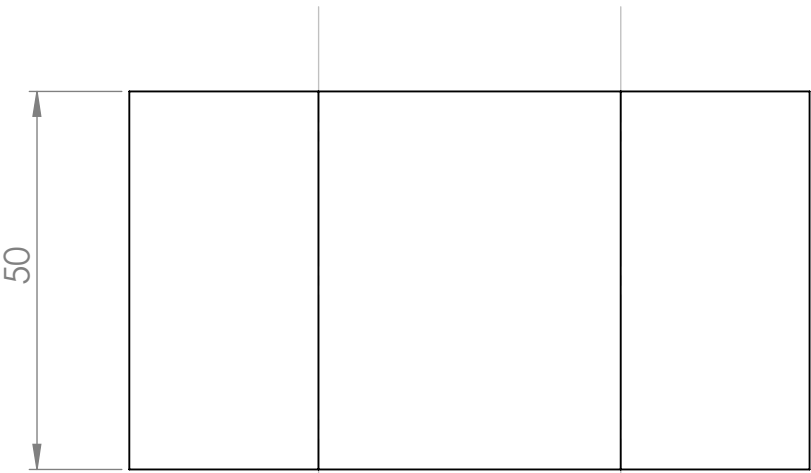
MATERIAL	Goma Nitrilo XNBR		TFM-Tomás M. Bañegil Collado	
TOLERANCIA	UNE EN 22768-f,k		Soporte elastómero delantero simple	
DIBUJADO	NOMBRE	FECHA		
COMPROBADO	T.M.B.C.	24/08/21		
APROBADO	J.M.L.	24/08/21		
ESCALA:	J.N.M.	24/08/21	I.C.A.I.	
1:1	FIRMA:			
			Nº DE LÁMINA:	
			7	



NOTA 1: Matar Aristas

Clase de tolerancia		Desviaciones admisibles respecto al nominal (en mm)							
Designación	Descripción	0.51 hasta 3	más de 3 hasta 6	más de 6 hasta 30	más de 30 hasta 120	más de 120 hasta 400	más de 400 hasta 1000	más de 1000 hasta 2000	más de 2000 hasta 4000
f	fin	±0.05	±0.05	±0.1	±0.15	±0.2	±0.3	±0.5	-

MATERIAL	Goma Nitrilo XNBR		TFM-Tomás M. Bañegil Collado	
TOLERANCIA	UNE EN 22768-f,k		Soporte elastómero trasero simple	
DIBUJADO	NOMBRE	FECHA		
COMPROBADO	T.M.B.C.	24/08/21		
APROBADO	J.M.L.	24/08/21		
ESCALA:	J.N.M.	24/08/21	I.C.A.I.	
1:1	FIRMA:			
			Nº DE LÁMINA:	
			8	



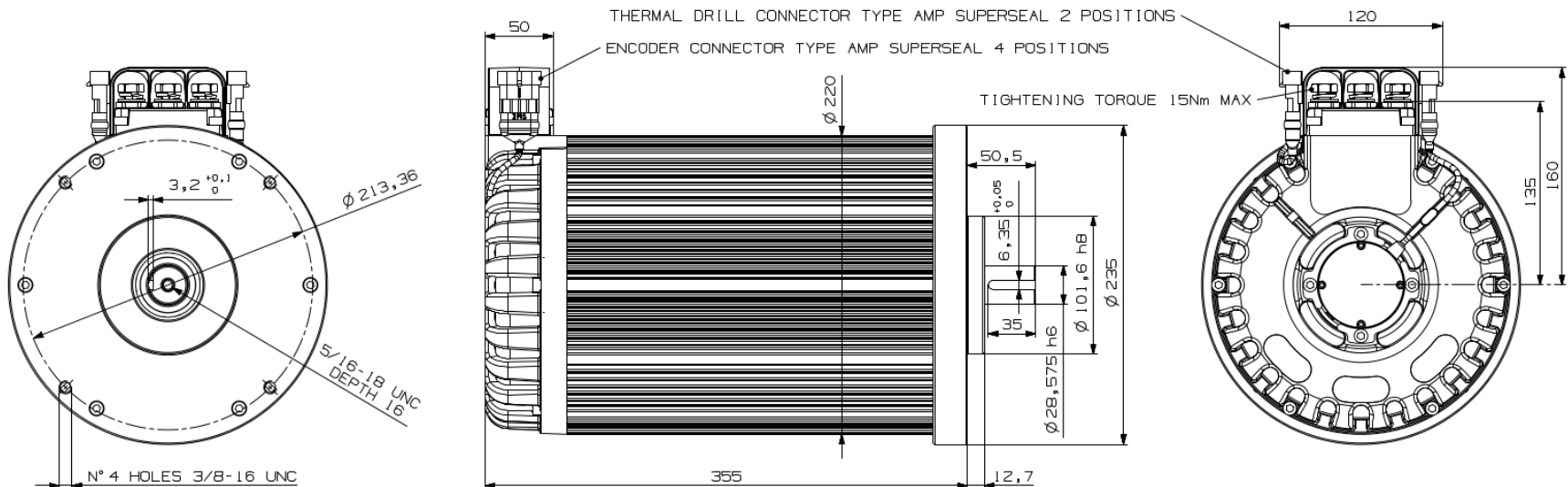
NOTA 1: Matar Aristas

Clase de tolerancia		Desviaciones admisibles respecto al nominal (en mm)							
Designación	Descripción	0.51 hasta 3	más de 3 hasta 6	más de 6 hasta 30	más de 30 hasta 120	más de 120 hasta 400	más de 400 hasta 1000	más de 1000 hasta 2000	más de 2000 hasta 4000
f	fin	±0.05	±0.05	±0.1	±0.15	±0.2	±0.3	±0.5	-

MATERIAL	Goma Nitrilo XNBR		TFM-Tomás M. Bañegil Collado	
TOLERANCIA	UNE EN 22768-f,k		Soporte elastómero trasero doble	
DIBUJADO	NOMBRE	FECHA		
COMPROBADO	T.M.B.C.	24/08/21		
APROBADO	J.M.L.	24/08/21		
ESCALA:	J.N.M.	24/08/21	I.C.A.I.	
1:1	FIRMA:			
			Nº DE LÁMINA:	
			9	

NetGain Motors, Inc.

800 South State Street / Suite 4 / Lockport, IL 60441 / 630-243-9100 / 630-685-4054 (FAX)



COMPONENT	CODE
ROTOR	MT1754B
STATOR	MT1757B
WINDING	MT1759B
FRONT COVER	MT1756A
REAR COVER	MT614B

POSITION SENSOR
PIN 1 VCC
PIN 2 SINE
PIN 3 COSINE
PIN 4 GND

Rev.		Modification																				Date		Signature																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																													
		Scale: 1 : 3		MEDIUM LIMIT DIM ACCURACY		UP TO 6		BESIDES 6		UP TO 10		BESIDES 10		UP TO 15		BESIDES 15		UP TO 20		BESIDES 20		UP TO 30		BESIDES 30		UP TO 40		BESIDES 40		UP TO 50		BESIDES 50		UP TO 60		BESIDES 60		UP TO 70		BESIDES 70		UP TO 80		BESIDES 80		UP TO 90		BESIDES 90		UP TO 100		BESIDES 100		UP TO 120		BESIDES 120		UP TO 150		BESIDES 150		UP TO 200		BESIDES 200		UP TO 250		BESIDES 250		UP TO 300		BESIDES 300		UP TO 400		BESIDES 400		UP TO 500		BESIDES 500		UP TO 600		BESIDES 600		UP TO 800		BESIDES 800		UP TO 1000		BESIDES 1000		UP TO 1200		BESIDES 1200		UP TO 1500		BESIDES 1500		UP TO 2000		BESIDES 2000		UP TO 2500		BESIDES 2500		UP TO 3000		BESIDES 3000		UP TO 4000		BESIDES 4000		UP TO 5000		BESIDES 5000		UP TO 6000		BESIDES 6000		UP TO 8000		BESIDES 8000		UP TO 10000		BESIDES 10000		UP TO 12000		BESIDES 12000		UP TO 15000		BESIDES 15000		UP TO 20000		BESIDES 20000		UP TO 25000		BESIDES 25000		UP TO 30000		BESIDES 30000		UP TO 40000		BESIDES 40000		UP TO 50000		BESIDES 50000		UP TO 60000		BESIDES 60000		UP TO 80000		BESIDES 80000		UP TO 100000		BESIDES 100000		UP TO 120000		BESIDES 120000		UP TO 150000		BESIDES 150000		UP TO 200000		BESIDES 200000		UP TO 250000		BESIDES 250000		UP TO 300000		BESIDES 300000		UP TO 400000		BESIDES 400000		UP TO 500000		BESIDES 500000		UP TO 600000		BESIDES 600000		UP TO 800000		BESIDES 800000		UP TO 1000000		BESIDES 1000000		UP TO 1200000		BESIDES 1200000		UP TO 1500000		BESIDES 1500000		UP TO 2000000		BESIDES 2000000		UP TO 2500000		BESIDES 2500000		UP TO 3000000		BESIDES 3000000		UP TO 4000000		BESIDES 4000000		UP TO 5000000		BESIDES 5000000		UP TO 6000000		BESIDES 6000000		UP TO 8000000		BESIDES 8000000		UP TO 10000000		BESIDES 10000000		UP TO 12000000		BESIDES 12000000		UP TO 15000000		BESIDES 15000000		UP TO 20000000		BESIDES 20000000		UP TO 25000000		BESIDES 25000000		UP TO 30000000		BESIDES 30000000		UP TO 40000000		BESIDES 40000000		UP TO 50000000		BESIDES 50000000		UP TO 60000000		BESIDES 60000000		UP TO 80000000		BESIDES 80000000		UP TO 100000000		BESIDES 100000000		UP TO 120000000		BESIDES 120000000		UP TO 150000000		BESIDES 150000000		UP TO 200000000		BESIDES 200000000		UP TO 250000000		BESIDES 250000000		UP TO 300000000		BESIDES 300000000		UP TO 400000000		BESIDES 400000000		UP TO 500000000		BESIDES 500000000		UP TO 600000000		BESIDES 600000000		UP TO 800000000		BESIDES 800000000		UP TO 1000000000		BESIDES 1000000000		UP TO 1200000000		BESIDES 1200000000		UP TO 1500000000		BESIDES 1500000000		UP TO 2000000000		BESIDES 2000000000		UP TO 2500000000		BESIDES 2500000000		UP TO 3000000000		BESIDES 3000000000		UP TO 4000000000		BESIDES 4000000000		UP TO 5000000000		BESIDES 5000000000		UP TO 6000000000		BESIDES 6000000000		UP TO 8000000000		BESIDES 8000000000		UP TO 10000000000		BESIDES 10000000000		UP TO 12000000000		BESIDES 12000000000		UP TO 15000000000		BESIDES 15000000000		UP TO 20000000000		BESIDES 20000000000		UP TO 25000000000		BESIDES 25000000000		UP TO 30000000000		BESIDES 30000000000		UP TO 40000000000		BESIDES 40000000000		UP TO 50000000000		BESIDES 50000000000		UP TO 60000000000		BESIDES 60000000000		UP TO 80000000000		BESIDES 80000000000		UP TO 100000000000		BESIDES 100000000000		UP TO 120000000000		BESIDES 120000000000		UP TO 150000000000		BESIDES 150000000000		UP TO 200000000000		BESIDES 200000000000		UP TO 250000000000		BESIDES 250000000000		UP TO 300000000000		BESIDES 300000000000		UP TO 400000000000		BESIDES 400000000000		UP TO 500000000000		BESIDES 500000000000		UP TO 600000000000		BESIDES 600000000000		UP TO 800000000000		BESIDES 800000000000		UP TO 1000000000000		BESIDES 1000000000000		UP TO 1200000000000		BESIDES 1200000000000		UP TO 1500000000000		BESIDES 1500000000000		UP TO 2000000000000		BESIDES 2000000000000		UP TO 2500000000000		BESIDES 2500000000000		UP TO 3000000000000		BESIDES 3000000000000		UP TO 4000000000000		BESIDES 4000000000000		UP TO 5000000000000		BESIDES 5000000000000		UP TO 6000000000000		BESIDES 6000000000000		UP TO 8000000000000		BESIDES 8000000000000		UP TO 10000000000000		BESIDES 10000000000000		UP TO 12000000000000		BESIDES 12000000000000		UP TO 15000000000000		BESIDES 15000000000000		UP TO 20000000000000		BESIDES 20000000000000		UP TO 25000000000000		BESIDES 25000000000000		UP TO 30000000000000		BESIDES 30000000000000		UP TO 40000000000000		BESIDES 40000000000000		UP TO 50000000000000		BESIDES 50000000000000		UP TO 60000000000000		BESIDES 60000000000000		UP TO 80000000000000		BESIDES 80000000000000		UP TO 100000000000000		BESIDES 100000000000000		UP TO 120000000000000		BESIDES 120000000000000		UP TO 150000000000000		BESIDES 150000000000000		UP TO 200000000000000		BESIDES 200000000000000		UP TO 250000000000000		BESIDES 250000000000000		UP TO 300000000000000		BESIDES 300000000000000		UP TO 400000000000000		BESIDES 400000000000000		UP TO 500000000000000		BESIDES 500000000000000		UP TO 600000000000000		BESIDES 600000000000000		UP TO 800000000000000		BESIDES 800000000000000		UP TO 1000000000000000		BESIDES 1000000000000000		UP TO 1200000000000000		BESIDES 1200000000000000		UP TO 1500000000000000		BESIDES 1500000000000000		UP TO 2000000000000000		BESIDES 2000000000000000		UP TO 2500000000000000		BESIDES 2500000000000000		UP TO 3000000000000000		BESIDES 3000000000000000		UP TO 4000000000000000		BESIDES 4000000000000000		UP TO 5000000000000000		BESIDES 5000000000000000		UP TO 6000000000000000		BESIDES 6000000000000000		UP TO 8000000000000000		BESIDES 8000000000000000		UP TO 10000000000000000		BESIDES 10000000000000000		UP TO 12000000000000000		BESIDES 12000000000000000		UP TO 15000000000000000		BESIDES 15000000000000000		UP TO 20000000000000000		BESIDES 20000000000000000		UP TO 25000000000000000		BESIDES 25000000000000000		UP TO 30000000000000000		BESIDES 30000000000000000		UP TO 40000000000000000		BESIDES 40000000000000000		UP TO 50000000000000000		BESIDES 50000000000000000		UP TO 60000000000000000		BESIDES 60000000000000000		UP TO 80000000000000000		BESIDES 80000000000000000		UP TO 100000000000000000		BESIDES 100000000000000000		UP TO 120000000000000000		BESIDES 120000000000000000		UP TO 150000000000000000		BESIDES 150000000000000000		UP TO 200000000000000000		BESIDES 200000000000000000		UP TO 250000000000000000		BESIDES 250000000000000000		UP TO 300000000000000000		BESIDES 300000000000000000		UP TO 400000000000000000		BESIDES 400000000000000000		UP TO 500000000000000000		BESIDES 500000000000000000		UP TO 600000000000000000		BESIDES 600000000000000000		UP TO 800000000000000000		BESIDES 800000000000000000		UP TO 1000000000000000000		BESIDES 1000000000000000000		UP TO 1200000000000000000		BESIDES 1200000000000000000		UP TO 1500000000000000000		BESIDES 1500000000000000000		UP TO 2000000000000000000		BESIDES 2000000000000000000		UP TO 2500000000000000000		BESIDES 2500000000000000000		UP TO 3000000000000000000		BESIDES 3000000000000000000		UP TO 4000000000000000000		BESIDES 4000000000000000000		UP TO 5000000000000000000		BESIDES 5000000000000000000		UP TO 6000000000000000000		BESIDES 6000000000000000000		UP TO 8000000000000000000		BESIDES 8000000000000000000		UP TO 10000000000000000000		BESIDES 10000000000000000000		UP TO 12000000000000000000		BESIDES 12000000000000000000		UP TO 15000000000000000000		BESIDES 15000000000000000000		UP TO 20000000000000000000		BESIDES 20000000000000000000		UP TO 25000000000000000000		BESIDES 25000000000000000000		UP TO 30000000000000000000		BESIDES 30000000000000000000		UP TO 40000000000000000000		BESIDES 40000000000000000000		UP TO 50000000000000000000		BESIDES 50000000000000000000		UP TO 60000000000000000000		BESIDES 60000000000000000000		UP TO 80000000000000000000		BESIDES 80000000000000000000		UP TO 100000000000000000000		BESIDES 100000000000000000000		UP TO 120000000000000000000		BESIDES 120000000000000000000		UP TO 150000000000000000000		BESIDES 150000000000000000000		UP TO 200000000000000000000		BESIDES 200000000000000000000		UP TO 250000000000000000000		BESIDES 250000000000000000000		UP TO 300000000000000000000		BESIDES 300000000000000000000		UP TO 400000000000000000000		BESIDES 400000000000000000000		UP TO 500000000000000000000		BESIDES 500000000000000000000		UP TO 600000000000000000000		BESIDES 600000000000000000000		UP TO 800000000000000000000		BESIDES 800000000000000000000		UP TO 1000000000000000000000		BESIDES 1000000000000000000000		UP TO 1200000000000000000000		BESIDES 1200000000000000000000		UP TO 1500000000000000000000		BESIDES 1500000000000000000000		UP TO 2000000000000000000000		BESIDES 2000000000000000000000		UP TO 2500000000000000000000		BESIDES 2500000000000000000000		UP TO 3000000000000000000000		BESIDES 3000000000000000000000		UP TO 4000000000000000000000		BESIDES 4000000000000000000000		UP TO 5000000000000000000000		BESIDES 5000000000000000000000		UP TO 6000000000000000000000		BESIDES 6000000000000000000000		UP TO 8000000000000000000000		BESIDES 8000000000000000000000		UP TO 10000000000000000000000		BESIDES 10000000000000000000000		UP TO 12000000000000000000000		BESIDES 12000000000000000000000		UP TO 15000000000000000000000		BESIDES 15000000000000000000000		UP TO 20000000000000000000000		BESIDES 20000000000000000000000		UP TO 25000000000000000000000		BESIDES 25000000000000000000000		UP TO 30000000000000000000000		BESIDES 30000000000000000000000		UP TO 40000000000000000000000		BESIDES 40000000000000000000000		UP TO 50000000000000000000000		BESIDES 50000000000000000000000		UP TO 60000000000000000000000		BESIDES 60000000000000000000000		UP TO 80000000000000000000000		BESIDES 80000000000000000000000		UP TO 100000000000000000000000		BESIDES 100000000000000000000000		UP TO 120000000000000000000000		BESIDES 120000000000000000000000		UP TO 150000000000000000000000		BESIDES 150000000000000000000000		UP TO 200000000000000000000000		BESIDES 200000000000000000000000		UP TO 250000000000000000000000		BESIDES 250000000000000000000000		UP TO 300000000000000000000000		BESIDES 300000000000000000000000		UP TO 400000000000000000000000		BESIDES 400000000000000000000000		UP TO 500000000000000000000000		BESIDES 500000000000000000000000		UP TO 600000000000000000000000		BESIDES 600000000000000000000000		UP TO 800000000000000000000000		BESIDES 800000000000000000000000		UP TO 1000000000000000000000000		BESIDES 1000000000000000000000000		UP TO 1200000000000000000000000		BESIDES 1200000000000000000000000		UP TO 1500000000000000000000000		BESIDES 1500000000000000000000000		UP TO 2000000000000000000000000		BESIDES 2000000000000000000000000		UP TO 2500000000000000000000000		BESIDES 2500000000000000000000000		UP TO 3000000000000000000000000		BESIDES 3000000000000000000000000		UP TO 4000000000000000000000000		BESIDES 4000000000000000000000000		UP TO 5000000000000000000000000		BESIDES 5000000000000000000000000		UP TO 6000000000000000000000000		BESIDES 6000000000000000000000000		UP TO 8000000000000000000000000		BESIDES 8000000000000000000000000		UP TO 10000000000000000000000000		BESIDES 10000000000000000000000000		UP TO 12000000000000000000000000		BESIDES 12000000000000000000000000		UP TO 15000000000000000000000000		B	

THIS DRAWING IS OUR EXCLUSIVE PROPERTY. IT CAN NOT BE COPIED, REPRODUCED, TRANSMITTED TO OTHER PEOPLE OR USED IN ANY WAY WITHOUT OUR CONSENT. ANY INFRINGEMENT WILL BE LEGALLY PURSUED.

Sheet of

ANEXO B: FICHAS TÉCNICAS

Hoja de precios NetGain.

Ficha Técnica Mazda MX5 NB 1.6.

Fichas de materiales:

- AL 6082 T6
- Poliuretano EU: EU (Polyurethane thermoset elastomer)
- Goma Alta Dureza: NR, IR (Natural Rubber & Isoprene Rubber) HARD RUBBER
- Goma de nitrilo XNBR: NBR (Nitrile Rubbers) XNBR, carbon black
- Goma de nitrilo negra: NBR (Nitrile Rubbers) carbon black
- Goma de nitrilo sin refuerzo: NBR (Nitrile Rubbers) unreinforced
- Goma de poliuretano genérica: UR/AU/EU (Polyurethane thermoset elastomer)

Diseño de los soportes motor y acoples de transmisión para una conversión de Mazda MX5 NB a vehículo eléctrico

NetGain Motors, Inc.

800 South State Street / Suite 4 / Lockport, IL 60441 / 630-243-9100 / 630-685-4054 (FAX)

End User Price List

Pricing Effective December 1, 2020

Synchronous Reluctance Permanent Magnet <u>Systems</u>		
Part Number	Description	MSRP
SRIPM225-H9X1	HyPer 9 System – HyPer 9 Motor - 1.125" keyed Drive End Shaft, No Encoder End Shaft HyPer-Drive X1 Controller- 100V, 750A with Standard Ampseal Wire Harness. Includes GV200QA-1 Contactor.	\$4,200.00
SRIPM225-H9DX1	HyPer 9D System – HyPer 9D Motor - 1.125" keyed Drive End Shaft, 1.125" Encoder End Shaft HyPer-Drive X1 Controller- 100V, 750A with Standard Ampseal Wire Harness. Includes GV200QA-1 Contactor.	\$4,600.00
SRIPM225-H9HVX144	HyPer 9HV System – HyPer 9HV Motor - 1.125" keyed Drive End Shaft, No Encoder End Shaft HyPer-Drive X144 Controller- 144V, 500A with Standard Ampseal Wire Harness. Includes GV200PA-1 Contactor.	\$4,600.00
SRIPM225-H9DHVX144	HyPer 9DHV System – HyPer 9DHV Motor - 1.125" keyed Drive End Shaft, 1.125" Encoder End Shaft HyPer-Drive X144 Controller - 144V, 500A with Standard Ampseal Wire Harness. Includes GV200PA-1 Contactor.	\$4,850.00

Synchronous Reluctance Permanent Magnet <u>Motors</u>		
HyPer Motors must be purchased with a HyPer-Drive Controller/Inverter.		
Part Number	Description	MSRP
SRIPM225-H9	HyPer 9 Motor – SRIPM Single Shaft Motor - 1.125" keyed Drive End Shaft, No Encoder End Shaft. Wound for optimal performance with 100V input.	\$2,150.00
SRIPM225-H9D	HyPer 9D Motor – SRIPM Dual Shaft Motor - 1.125" keyed Drive End Shaft, 1.125" keyed Encoder End Shaft. Wound for optimal performance with 100V input.	\$2,550.00
SRIPM225-H9HV	HyPer 9HV Motor – SRIPM Single Shaft High Voltage Motor - 1.125" keyed Drive End Shaft, No Encoder End Shaft. Wound for optimal 144V performance.	\$2,300.00
SRIPM225-H9DHV	HyPer 9DHV Motor – SRIPM Dual Shaft High Voltage Motor - 1.125" keyed Drive End Shaft, 1.125" keyed Encoder End Shaft. Wound for optimal 144V performance.	\$2,550.00

Synchronous Reluctance Permanent Magnet <u>Controller/Inverters</u>		
Part Number	Description	MSRP
SRIPM-X1	HyPer-Drive X1 – Controller/Inverter - 100V, 750A with Standard Ampseal Wire Harness. *Requires GV200QA-1	\$2,050.00
SRIPM-X144	HyPer-Drive X144 – Controller/Inverter - 144V, 500A with Standard Ampseal Wire Harness. *Requires GV200PA-1	\$2,300.00

Synchronous Reluctance Permanent Magnet <u>Add-on's</u>		
Part Number	Description	MSRP
GV200QA-1	Glgavac – Contactor – 36-48V coil, 4000A max, External PWM - essential Add-on for SRIPM-X1	\$125.00
GV200PA-1	Glgavac – Contactor – 12V coil, 4000A max, External PWM - essential Add-on for SRIPM-X144	\$125.00
GV200MA-1	Glgavac – Contactor – 12V coil, 4000A max, Internal PWM	\$140.00
CP-HDX1	Chill Plate – Liquid Cooling plate for HyPer-Drive X1 & X144 . Solid Aluminum, machined channels, 1/8" NPT port holes.	\$155.00
MC-H9225	Motor Cradle - Stainless Steel Clamp, Two Locking Bolts, Rubber Bushings, Two Mounting Feet, 220mm ID for HyPer 9 Motors ..	\$112.50

NetGain Motors, Inc.

800 South State Street / Suite 4 / Lockport, IL 60441 / 630-243-9100 / 630-685-4054 (FAX)

End User Price List

Pricing Effective December 1, 2020

HEPA	Prius Style – Recommended Throttle Control Unit for any HyPer-Drive Controller/Inverter. 0-5V Potentiometer Pedal Assembly – Used	\$135.00
B00CR001B01	Compact Display – Diagnostic Display with LIN communication for HyPer-Drive Controller/Inverter	\$170.00

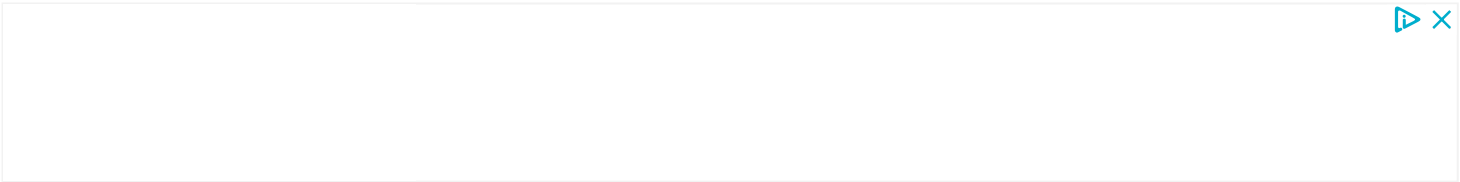
Series Wound DC Motors		
Part Number	Description	MSRP
00-08218	WarP 8 - Double ended shaft – advance timing, .875" CE Shaft, 1.125" DE Shaft	\$2,200.00
00-08259	ImPulse 9 - Double ended shaft - advanced timing, 1.125" CE Shaft, 1.125" DE Shaft	\$2,700.00
00-08359	TransPulse 9 - Double ended shaft - advanced timing, 1.125" CE Shaft, 1.375", 32-tooth spline – Accepts optional 1350 Slip Yoke and T400 Tailshaft housing.	\$3,000.00
00-08219	WarP 9 - Double ended shaft - advanced timing, 1.125" CE Shaft, 1.125" DE Shaft	\$3,000.00
00-08309	TransWarP 9 - Double ended shaft - advanced timing, 1.125" CE Shaft, 1.375", 32-tooth spline – Accepts optional 1350 Slip Yoke and T400 Tailshaft housing.	\$3,350.00
00-08311	WarP 11 - Double ended shaft - advanced timing, 1.125" CE Shaft, 1.125" DE Shaft	\$3,950.00
00-08711	TransWarP 11 - Double ended shaft - advanced timing, 1.125" CE Shaft, 1.370", 1.375", 32-tooth spline, double DE bearings – Accepts optional 1350 Slip Yoke and T400 Tailshaft housing.	\$4,200.00
00-08511	TransWarP 11 - Double ended shaft - advanced timing, 1.125" CE Shaft, 1.375" 32-tooth spline DE Shaft, (Custom, non-stock)	\$4,200.00
00-08811	TransWarP 11 - Double ended shaft - advanced timing, 1.375", 32-tooth spline DE Shaft, 2", 1.375", 32-tooth spline CE Shaft, (Custom, non-stock)	\$4,325.00

Series Wound DC Motor Options & Add-on's -		
Part Number	Description	MSRP
10308219	Replacement Brushes - Standard set for: WarP 9, TransWarP 9, ImPulse 9, TransPulse 9 and WarP 11HV	\$250.00
10308311	Replacement Brushes - Standard set for: WarP 11 and TransWarP 11	\$250.00
1082015	Forced Air Blower Kit - Includes Forced Air Coverband for 9" or 11" motor, 105 CFM 12V blower, K&N air filter, Relay box with circuit breaker, 3' rubber/plastic intake hose, 2 hose clamps	\$260.00
10808219EE	Forced air cover band for all 9.25" NetGain Motors, single 2.00" air inlet between terminal studs	\$65.00
10808311EE-2	Forced air cover band for all 11.45" NetGain Motors, single 2.00" air inlet	\$65.00
1350SYA	Slip Yoke - 1350 slip-yoke assembly for use with all TransWarP Motors	\$200.00
T400STS	Shorty Tail Shaft Housing - Turbo 400 "shorty" tail shaft housing for use with all TransWarP Motors	\$180.00
Timing	Timing - Change any motor from advanced CCWDE to neutral or advanced CWDE timing	\$100.00
MMSS	Motor Modification for Single Shaft	\$100.00

All prices are in USD

Prices subject to change without notice

Mazda MX5 1.6 (NB) 110 CV (1998-2005) ficha técnica y prestaciones



🏠 / [Fichas](#) / [Mazda](#) / [MX5 II](#) / [1.6](#) / 110 CV (1998-2005)

Los recientes cambios 30 Jan 2021

Característica

Prestaciones

Nav

CARACTERÍSTICA MAZDA MX5 II 1.6 110 CV

Motor delantero longitudinal 4 cilindros en línea 1598 cm³ 16 válvulas

Potencia máxima : 110 CV (81 kW) a 6500 rpm (Máxima 7000 rpm)

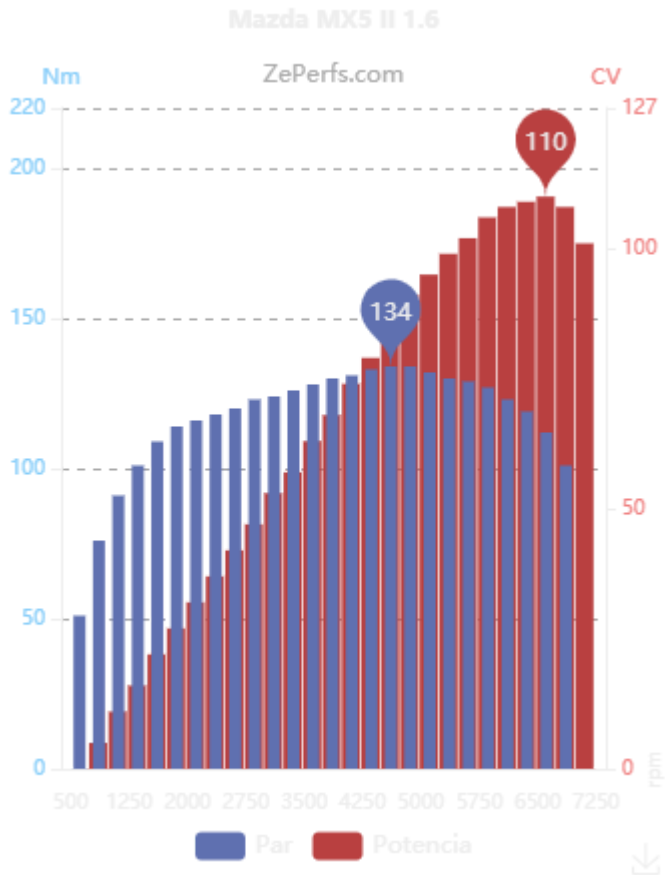
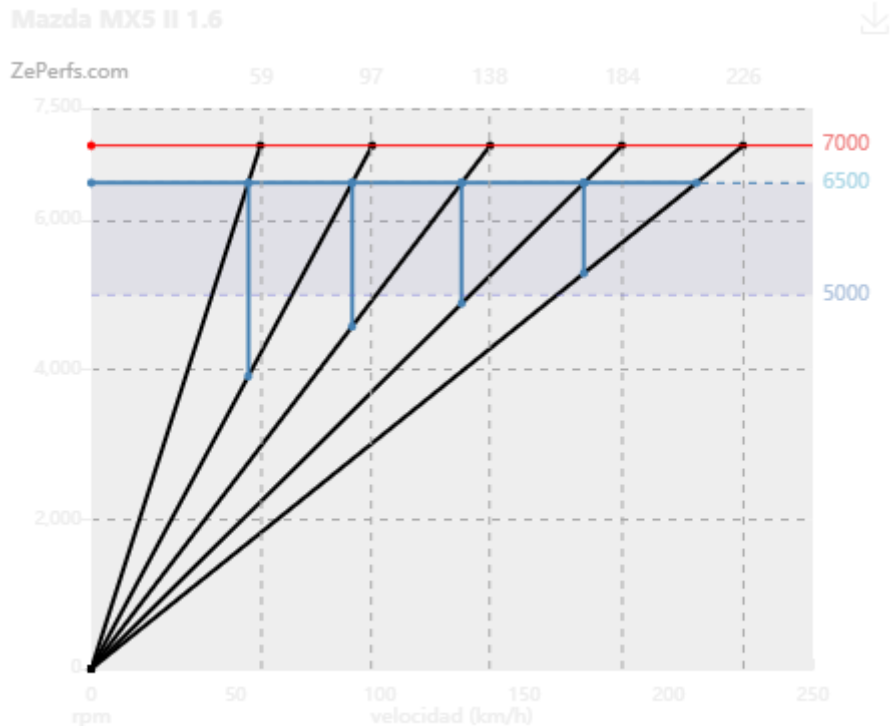
Potencia media disponible ~ 96 CV (83 CV/T)

Par máximo : 134 Nm (13.7 mkg) a 5000 rpm (~ 95 CV)

Ratios : 69 CV/L (51 kW/L) - 84 Nm/L

Transmisión : Propulsión

Caja de cambios manual de 5 velocidades



Neumáticos : 185/60/14 -> [neumaticos-online.es](#) ↗

Frenos del : Discos ventilados (255mm)

Frenos tras : Discos sólidos (251mm)

Cx : 0.36

Dimensiones : 3975 x 1680 x 1225 mm

Batalla : 2265 mm - Vías : del 1405 mm / tras 1430 mm

Peso anunciado : 1015 kg (DIN) 1090 kg (UE)

Peso en vacío UE : 1150 kg (El más pesado verificado)

Distribución del peso del/tras : 50/50 %

Relación Peso/Potencia : 10.5 kg/CV = 70 kW/T

Relación Par/Peso : 117 Nm/T

Consumo mixto: 8.1 L/100 - deportivo: 12.5 L/100

Depósito de combustible : 50 L

Emissiones de CO² : 188 g/km

[Privacidad](#)

Otro motor de información técnica

Reserva de par motor ~ 13 %

Potencia específica ~ 0.31 kW/cm²

Área total del diámetro ~ 191.1 cm²

Presión media efectiva del freno ~ 10.5 bars

Presión media efectiva ~ 9.9 bars

Velocidad media del pistón ~ 18.1 m/s

Optimización de motores ~ 72 %

Precio : ~17 500 €

Año de lanzamiento 1998, 1999, 2000, 2001, 2002, 2003, 2004, 2005 Fin de la Producción

¿Una preocupación con una característica de la hoja? -> [Infórmenos](#)



Mazda MX5 II 1.6 110 CV por ZePerfs(3.1)


lineadirecta.com



Calcula tu seguro>>

Característica

Prestaciones

Nav

PRESTACIONES MAZDA MX5 II 1.6 110 CV

83 cronos de 9 Fuentes : Action Auto Moto, Auto Journal, Auto Motor & Sport, Auto Plus, Automobile Magazine, Automovilismo, Echappement, Le Moniteur Automobile, Revue Automobile Suisse

Los valores promedio de las pruebas

 Max velocidad real	190 km/h ~5900 rpm en 5	 9 valores
 191 km/h declarado		
Aceleración		
 400m	17,2 s. transición 132 km/h	 4 valores
 Km	31,6 s. transición 166 km/h	 10 valores
 0 a 40 km/h	2,7 s.	 1 valor
 0 a 50 km/h	3,4 s.	 1 valor
 0 a 60 km/h	4,5 s.	 2 valores
 0 a 80 km/h	7,0 s.	 4 valores
 0 a 100 km/h  9.7 s. declarado	10,1 s.	 7 valores
 0 a 120 km/h	14,9 s.	 4 valores
 0 a 130 km/h	17,6 s.	 3 valores
 0 a 140 km/h	21,0 s.	 4 valores
 0 a 160 km/h	30,0 s.	 3 valores
 0 a 180 km/h	53,0 s.	 1 valor
Recuperaciones		
 40 a 140 mínimo	18,5 s.	
 60 a 90 en 4	7,7 s.	 1 valor
 60 a 90 en 5	10,8 s.	 1 valor
 60 a 100 en 4	11,6 s.	 3 valores
 80 a 120 mínimo	7,3 s.	
 80 a 120 en 4	10,8 s.	 4 valores
 80 a 120 en 5	16,7 s.	 6 valores
 80 a 150 en 5	36,8 s.	 1 valor
 80 a 180 mínimo	44,1 s.	
 90 a 120 en 4	8,4 s.	 1 valor
 90 a 120 en 5	12,6 s.	 1 valor
 400m desde 40 en 4	18,8 s.	 1 valor
 400m desde 40 en 5	21,0 s.	 1 valor
 400m desde 50 en 4	17,5 s.	 1 valor
 Km desde 40 en 4	34,7 s. transición 156 km/h	 2 valores
 Km desde 40 en 5	39,2 s.	 1 valor
 Km desde 50 en 4	32,9 s.	 1 valor
Frenos		
 90 a 0	31,5 m.	 1 valor

[Privacidad](#)

General information

Designation

Aluminum, 6082, T6, wrought	
Condition	T6 (Solution heat-treated and artificially aged)
UNS number	A96082
EN name	EN AW-6082 (EN AW-Al Si1MgMn)
EN number	3.2315

Typical uses

General purpose high duty applications, structural frames, pylons, towers, bridges.	
Included in Materials Data for Simulation	✓

Composition overview

Compositional summary

Al95-98 / Si0.7-1.3 / Mg0.6-1.2 / Mn0.4-1 (impurities: Fe<0.5, Cr<0.25, Zn<0.2, Cu<0.1, Ti<0.1, Other<0.15)	
Material family	Metal (non-ferrous)
Base material	Al (Aluminum)

Composition detail (metals, ceramics and glasses)

Al (aluminum)	95,2	-	98,3	%
Cr (chromium)	0	-	0,25	%
Cu (copper)	0	-	0,1	%
Fe (iron)	0	-	0,5	%
Mg (magnesium)	0,6	-	1,2	%
Mn (manganese)	0,4	-	1	%
Si (silicon)	0,7	-	1,3	%
Ti (titanium)	0	-	0,1	%
Zn (zinc)	0	-	0,2	%
Other	0	-	0,15	%

Price

Price	* 1,99	-	2,47	EUR/kg
Price per unit volume	* 5,31e3	-	6,74e3	EUR/m^3

Physical properties

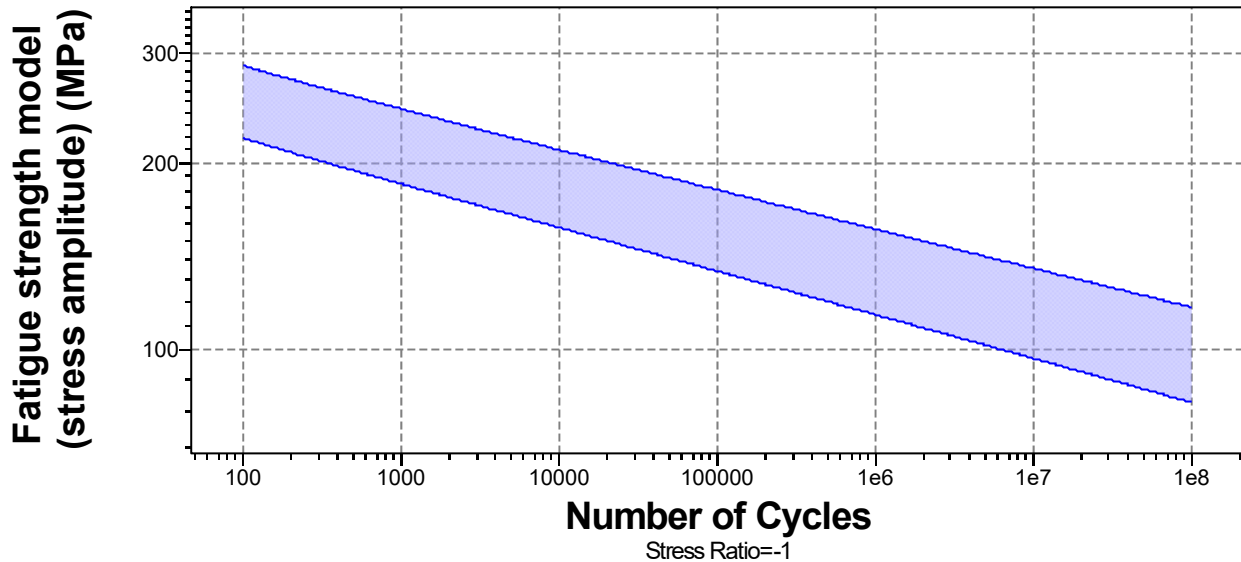
Density	2,67e3	-	2,73e3	kg/m^3
---------	--------	---	--------	--------

Mechanical properties

Young's modulus	70	-	74	GPa
Specific stiffness	25,9	-	27,5	MN.m/kg
Yield strength (elastic limit)	240	-	280	MPa
Tensile strength	295	-	344	MPa
Specific strength	88,8	-	104	kN.m/kg
Elongation	8	-	11,5	% strain

Tangent modulus	864		MPa
Compressive strength	* 240	- 280	MPa
Flexural modulus	* 70	- 74	GPa
Flexural strength (modulus of rupture)	* 240	- 280	MPa
Shear modulus	25,3	- 26,6	GPa
Shear strength	194	- 227	MPa
Bulk modulus	* 70	- 74	GPa
Poisson's ratio	0,325	- 0,335	
Shape factor	25,8		
Hardness - Vickers	95	- 105	HV
Hardness - Brinell	91	- 100	HB
Elastic stored energy (springs)	402	- 543	kJ/m ³
Fatigue strength at 10 ⁷ cycles	* 106	- 124	MPa
Fatigue strength model (stress amplitude)	* 97,1	- 135	MPa

[Parámetros:](#) Stress Ratio = -1, Number of Cycles = 1e7cycles



Impact & fracture properties

Fracture toughness	* 30	- 36	MPa.m ^{0.5}
Toughness (G)	12,6	- 17,9	kJ/m ²

Thermal properties

Melting point	575	- 650	°C
Maximum service temperature	130	- 150	°C
Minimum service temperature	-273		°C
Thermal conductivity	169	- 175	W/m.°C
Specific heat capacity	* 882	- 918	J/kg.°C
Thermal expansion coefficient	22,5	- 23,7	µstrain/°C
Thermal shock resistance	143	- 170	°C
Thermal distortion resistance	* 7,22	- 7,68	MW/m

Latent heat of fusion	384	-	393	kJ/kg
-----------------------	-----	---	-----	-------

Electrical properties

Electrical resistivity	3,8	-	4	μohm.cm
Electrical conductivity	43,1	-	45,4	%IACS
Galvanic potential	* -0,79	-	-0,71	V

Magnetic properties

Magnetic type	Non-magnetic
---------------	--------------

Optical, aesthetic and acoustic properties

Transparency	Opaque			
Acoustic velocity	5,09e3	-	5,24e3	m/s
Mechanical loss coefficient (tan delta)	* 1e-4	-	0,002	

Critical materials risk

Contains >5wt% critical elements?	Yes
Notes	Al (aluminum) added to the 2018 US critical minerals list

Processing properties

Metal casting	Unsuitable	
Metal cold forming	Acceptable	
Metal hot forming	Acceptable	
Metal press forming	Acceptable	
Metal deep drawing	Limited use	
Machining speed	101	m/min
Weldability	Good	
Notes	Preheating is not required, post weld heat treatment is required	

Durability

Water (fresh)	Excellent
Water (salt)	Acceptable
Weak acids	Excellent
Strong acids	Excellent
Weak alkalis	Acceptable
Strong alkalis	Unacceptable
Organic solvents	Excellent
Oxidation at 500C	Unacceptable
UV radiation (sunlight)	Excellent
Galling resistance (adhesive wear)	Limited use

Notes

Aluminum alloys perform poorly when self-mated but can be processed without galling when mated with steels.

Flammability	Non-flammable
--------------	---------------

Corrosion resistance of metals

Stress corrosion cracking	Not susceptible
---------------------------	-----------------

Notes

Rated in chloride; Other susceptible environments: Halide, water

Primary production energy, CO2 and water

Embodied energy, primary production	* 190	-	209	MJ/kg
CO2 footprint, primary production	* 12,5	-	13,8	kg/kg
Water usage	* 1,12e3	-	1,24e3	l/kg

Processing energy, CO2 footprint & water

Roll forming, forging energy	* 7,56	-	8,36	MJ/kg
Roll forming, forging CO2	* 0,567	-	0,627	kg/kg
Roll forming, forging water	* 4,78	-	7,17	l/kg
Extrusion, foil rolling energy	* 14,8	-	16,4	MJ/kg
Extrusion, foil rolling CO2	* 1,11	-	1,23	kg/kg
Extrusion, foil rolling water	* 7,89	-	11,8	l/kg
Wire drawing energy	* 54,8	-	60,6	MJ/kg
Wire drawing CO2	* 4,11	-	4,55	kg/kg
Wire drawing water	* 20,7	-	31	l/kg
Metal powder forming energy	* 22,2	-	24,5	MJ/kg
Metal powder forming CO2	* 1,77	-	1,96	kg/kg
Metal powder forming water	* 24,2	-	36,3	l/kg
Vaporization energy	* 1,55e4	-	1,71e4	MJ/kg
Vaporization CO2	* 1,16e3	-	1,28e3	kg/kg
Vaporization water	* 6,46e3	-	9,69e3	l/kg
Coarse machining energy (per unit wt removed)	* 1,57	-	1,73	MJ/kg
Coarse machining CO2 (per unit wt removed)	* 0,117	-	0,13	kg/kg
Fine machining energy (per unit wt removed)	* 11,4	-	12,6	MJ/kg
Fine machining CO2 (per unit wt removed)	* 0,854	-	0,944	kg/kg
Grinding energy (per unit wt removed)	* 22,3	-	24,6	MJ/kg
Grinding CO2 (per unit wt removed)	* 1,67	-	1,85	kg/kg
Non-conventional machining energy (per unit wt removed)	* 155	-	171	MJ/kg
Non-conventional machining CO2 (per unit wt removed)	* 11,6	-	12,8	kg/kg

Recycling and end of life

Recycle	✓			
Embodied energy, recycling	* 32,3	-	35,7	MJ/kg
CO2 footprint, recycling	* 2,54	-	2,8	kg/kg
Recycle fraction in current supply	40,5	-	44,7	%
Downcycle	✓			
Combust for energy recovery	✗			
Landfill	✓			
Biodegrade	✗			

Notes

Other notes

Prices of Aluminum alloys fluctuate greatly and are dependent on batch size, unit size, forming methods, etc.

Keywords

0.6003; 17305 to NS 17305; 3.2315; 3.2315/AlMgSi1 to DIN 1725-1; 3.4552.00/AlSi1Mg to JUS C.C2.100; 4212-00 to SIS 144212; 4212-02 to SIS 144212; 4212-04 to SIS 144212; 4212-10 to SIS 144212; 424400; 6082; 6082 to AS 2848.1; 6082 to BS 1471; 6082 to BS 1472; 6082 to BS 1473; 6082 to BS 1474; 6082 to NFA50-411; 6082A; 63511(Al-SiMgMn); 64430 to IS 733; 64430 to IS 736; A2014PC; ALCAN B51S; AlMgSi1 to MSZ 3714/1; AlMgSi1 to ONORM M3430; AlSi1Mg to ISO/R 827; AlSi1Mg to ISO/R 829; AlSi1Mg to ISO/TR 2778; AlSi1MgMn to ISO 209-1; Alcoa 920; AlmgSi 1 (410) 6100; Anticorodal-090; Anticorodal-110; Anticorodal-112; Baw 6082; EN AW-6082 (EN AW-Al Si1MgMn); EN AW-6082 to CEN EN 573-3; EN AW-6082A to CEN EN 573-3; HG30 to IS 739; HT30; Impalco M39/2; Kaiser Alloy 6082 T4; Kaiser Alloy 6082 T6; UNS A96082; X6080

Standards with similar compositions

- Australia:
6082 to AS 2848.1
- Austria:
AlMgSi1 to ONORM M3430
- Europe:
EN AW-6082 to CEN EN 573-3, EN AW-6082A to CEN EN 573-3
- France:
6082 to NFA50-411
- Germany:
3.2315/AlMgSi1 to DIN 1725-1
- Hungary:
AlMgSi1 to MSZ 3714/1
- India:
64430 to IS 733, 64430 to IS 736, HG30 to IS 739
- International:
AlSi1Mg to ISO/R 827, AlSi1Mg to ISO/R 829, AlSi1Mg to ISO/TR 2778, AlSi1MgMn to ISO 209-1
- Norway:
17305 to NS 17305
- Sweden:
4212-00 to SIS 144212, 4212-02 to SIS 144212, 4212-04 to SIS 144212, 4212-10 to SIS 144212
- UK:
6082 to BS 1471, 6082 to BS 1472, 6082 to BS 1473, 6082 to BS 1474
- USA:
6082, 6082A, UNS A96082
- Yugoslavia:
3.4552.00/AlSi1Mg to JUS C.C2.100
- Tradenames:
ALCAN B51S, ALCOA 920, ALMGSI 1 (410) 6100, ANTICORODAL-090, ANTICORODAL-110, ANTICORODAL-112, BAW 6082, IMPALCO M39/2, KAISER ALLOY 6082 T4, KAISER ALLOY 6082 T6

Enlaces

[ProcessUniverse](#)

[Producers](#)

[Reference](#)

[Shape](#)

[Structural Sections](#)

General information

Designation

Polyurethane rubber (unfilled), Polyurethane rubber / Urethane rubber / Polyurethane thermoset elastomer (AU, EU, PUR)

Tradenames

Ad-Tech; Apirex; Baytec; BJB; Calthane; Conathane; Conoptic; Estagrip; Estane; Garathane; Gravi-Tech; Innoclear; Innogreen; Innothane; Innotooling; Innotuf; Isoless; Lastane; Latilub; Lnp Stat-Kon; Machine; Nemcon; Pearlbond; Pearllthane; Rapidcast; Rapidvac; Skinflex; Stat-Rite; Thermocomp; Tool-A-Thane; Ultracast; Viscolas

Typical uses

Cushioning, packaging, shoe soles, tires, wheels, fuel hoses, gears, bearings, wheels.

Included in Materials Data for Simulation



Composition overview

Compositional summary

Polyurethane, ether or ester based, general formula $(\text{NH-R-NH-CO-O-R}'\text{-O-CO})_n$, crosslinked. AU = ester type. EU = ether type.

Material family	Elastomer (thermoset, rubber)
Base material	PUR (Thermoset polyurethane elastomer)
Polymer code	PUR

Composition detail (polymers and natural materials)

Polymer	100	%
---------	-----	---

Price

Price	* 1,52	- 2,23	EUR/kg
Price per unit volume	* 1,81e3	- 2,69e3	EUR/m ³

Physical properties

Density	1,19e3	- 1,21e3	kg/m ³
---------	--------	----------	-------------------

Mechanical properties

Young's modulus	0,0025	- 0,03	GPa
Specific stiffness	0,00208	- 0,025	MN.m/kg
Yield strength (elastic limit)	40	- 51	MPa
Tensile strength	40	- 51	MPa
Tensile stress at 100% strain	* 3	- 4	MPa
Tensile stress at 300% strain	* 6	- 12	MPa
Specific strength	33,3	- 42,5	kN.m/kg
Elongation	500	- 750	% strain
Elongation at yield	500	- 750	% strain
Compressive modulus	* 0,0025	- 0,03	GPa
Compressive strength	* 48	- 61,2	MPa
Flexural modulus	0,0025	- 0,03	GPa
Flexural strength (modulus of rupture)	* 65	- 81,4	MPa

Shear modulus	* 8,33e-4	- 0,01	GPa
Bulk modulus	* 1,5	- 2	GPa
Poisson's ratio	* 0,47	- 0,49	
Shape factor	1,5		
Hardness - Vickers	* 12	- 14	HV
Hardness - Shore D	12	- 41	
Hardness - Shore A	* 50	- 92	
Elastic stored energy (springs)	3,39e4	- 4,1e5	kJ/m ³
Fatigue strength at 10 ⁷ cycles	* 16	- 20,4	MPa
Compression set at 23°C	7	- 15	%
Compression set at 70°C	* 15	- 45	%
Compression set at 100°C	* 30	- 60	%
Tear strength	* 60	- 90	N/mm

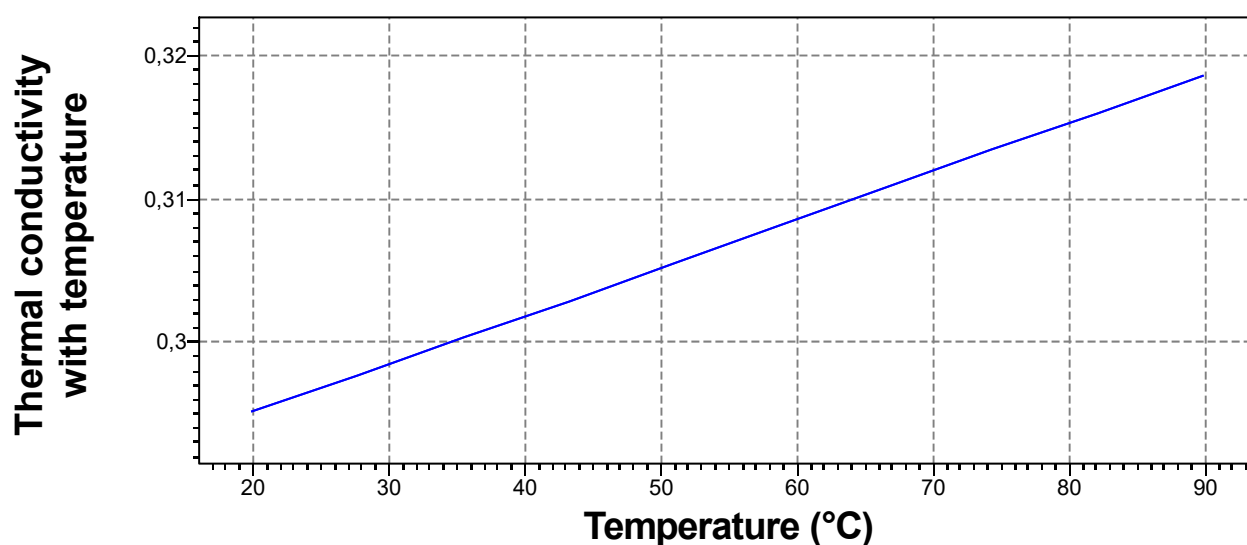
Impact & fracture properties

Fracture toughness	0,192	- 1,29	MPa.m ^{0.5}
Toughness (G)	5,7	- 144	kJ/m ²
Impact strength, notched 23 °C	590	- 600	kJ/m ²
Impact strength, notched -30 °C	590	- 600	kJ/m ²

Thermal properties

Glass temperature	* -73	- -23	°C
Maximum service temperature	80	- 105	°C
Minimum service temperature	-65	- -30	°C
Thermal conductivity	0,28	- 0,3	W/m.°C
Thermal conductivity with temperature	0,296	- 0,296	W/m.°C

[Parámetros:](#) Temperature = 23°C

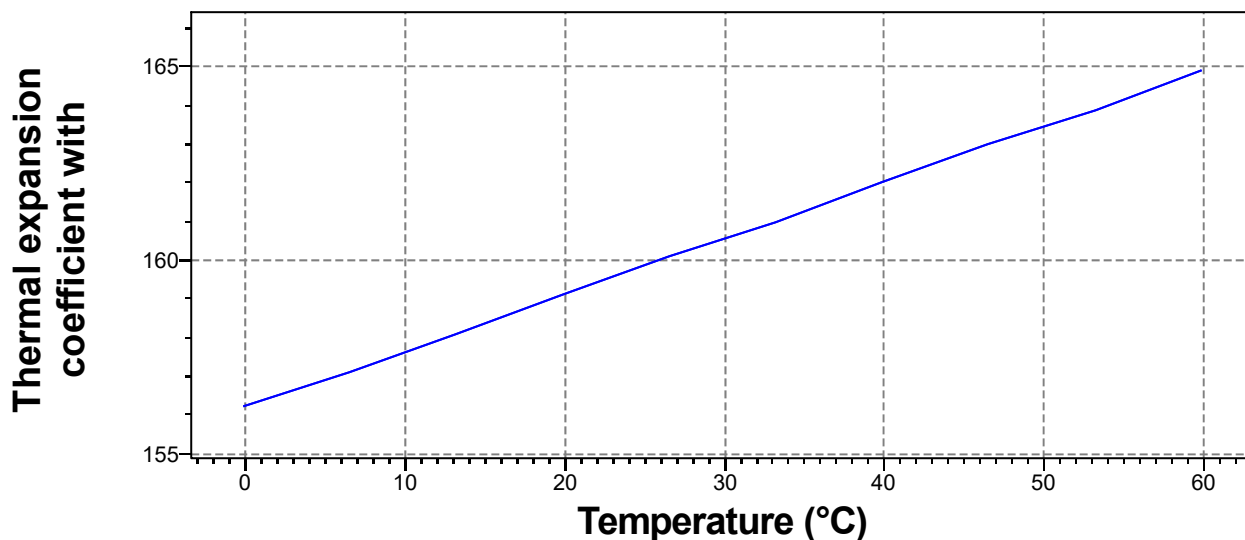


Specific heat capacity	1,65e3	- 1,7e3	J/kg.°C
Thermal expansion coefficient	160	- 165	μstrain/°C

Thermal expansion coefficient with temperature

160 - 160 $\mu\text{strain}/^{\circ}\text{C}$

Parámetros: Temperature = 23°C



Reference temp	20	°C
Thermal shock resistance	9,26e3 - 1,11e5	°C
Thermal distortion resistance	* 0,00172 - 0,00185	MW/m

Electrical properties

Electrical resistivity	1e17 - 3,16e18	$\mu\text{ohm.cm}$
Electrical conductivity	5,46e-17 - 1,72e-15	%IACS
Dielectric constant (relative permittivity)	5 - 8	
Dissipation factor (dielectric loss tangent)	0,02 - 0,09	
Dielectric strength (dielectric breakdown)	14 - 20	MV/m
Comparative tracking index	* 550 - 600	V

Magnetic properties

Magnetic type	Non-magnetic
---------------	--------------

Optical, aesthetic and acoustic properties

Refractive index	* 1,48	-	1,5	
Transparency	Transparent			
Acoustic velocity	38,1	-	190	m/s
Mechanical loss coefficient (tan delta)	0,05	-	0,1	

Critical materials risk

Contains >5wt% critical elements?	No
-----------------------------------	----

Absorption & permeability

Water absorption @ 24 hrs	0,2 - 0,22	%
Water vapor transmission	0,724 - 4,47	g.mm/m ² .day
Permeability (O2)	46,4 - 133	cm ³ .mm/m ² .day.atm

Processing properties

Polymer injection molding	Excellent
Polymer extrusion	Excellent
Polymer thermoforming	Unsuitable

Durability

Water (fresh)	Excellent
Water (salt)	Acceptable
Weak acids	Limited use
Strong acids	Unacceptable
Weak alkalis	Acceptable
Strong alkalis	Unacceptable
Organic solvents	Limited use
Oils and fuels	Acceptable
Oxidation at 500C	Unacceptable
UV radiation (sunlight)	Poor
Flammability	Slow-burning
Oxygen index	24 - 25 %

Primary production energy, CO2 and water

Embodied energy, primary production	78,1 - 86,1 MJ/kg
-------------------------------------	-------------------

Sources

72.1 MJ/kg (Hammond and Jones, 2008); 75.5 MJ/kg (Patel, 2003); 98.3 MJ/kg (Song, Youn, Gutowski, 2009)

CO2 footprint, primary production	3,05 - 3,37 kg/kg
-----------------------------------	-------------------

Sources

Data reported by sources are for CO2, values were converted to CO2 footprint using the relationship: CO2 footprint = CO2 * 1.06. Relationship taken from Hammond and Jones, 2008. Note that this is only captures fuel use (i.e. not including any process related emissions). This is for the average mixture of fuels used in the UK industry.

3 kg/kg (Hammond and Jones, 2008); 3.05 kg/kg (Patel, 2003)

Water usage	* 93,5 - 103 l/kg
-------------	-------------------

Processing energy, CO2 footprint & water

Polymer molding energy	* 15,9 - 17,5 MJ/kg
Polymer molding CO2	* 1,27 - 1,4 kg/kg
Polymer molding water	* 11,4 - 17,1 l/kg
Grinding energy (per unit wt removed)	* 9,06 - 10 MJ/kg
Grinding CO2 (per unit wt removed)	* 0,679 - 0,751 kg/kg

Recycling and end of life

Recycle	✗
Recycle fraction in current supply	0,1 %
Downcycle	✓
Combust for energy recovery	✓
Heat of combustion (net)	* 21,8 - 22,9 MJ/kg
Combustion CO2	* 2 - 2,1 kg/kg
Landfill	✓

Biodegrade



Notes

Other notes

Strengths: Abrasion resistance, tear strength weathering, oil swell.
 Limitations: Hydrolysis, especially hot water.
 Ether types have better hydrolytic stability (more durable to water), better low temperature performance, poorer mechanical properties.

Enlaces

ProcessUniverse

Producers

Reference

Shape

General information

Designation

Hard rubber (Ebonite), Hard rubber / Highly vulcanized cis-1,4-polyisoprene (NR)

Tradenames

Ebonite, Vulcanite

Typical uses

Bowling balls, combs, buttons, smoking pipe mouthpieces, fountain pen nib feeds, saxophone and clarinet mouthpieces. Chemically and electrically resistant coatings. Was once used for car battery cases.

Composition overview

Compositional summary

Natural rubber, Cis-1,4-polyisoprene, chemical formula $(CH_2-C(CH_3)=CH-CH_2)_n$, vulcanized (crosslinked) by sulfur for a prolonged period into a hard compound. 30-40% sulfur. Hard rubber can be produced in the same way from a synthetic rubber base, notably from SBR.

Material family	Elastomer (thermoset, rubber)		
Base material	NR(hard) (Natural rubber, hard / ebonite)		
Renewable content	60	- 70	%
Polymer code	NR (hard)		

Composition detail (polymers and natural materials)

Polymer	100	%
---------	-----	---

Price

Price	* 2,28	- 3,32	EUR/kg
Price per unit volume	* 2,46e3	- 4,25e3	EUR/m ³

Physical properties

Density	1,08e3	- 1,28e3	kg/m ³
---------	--------	----------	-------------------

Mechanical properties

Young's modulus	* 0,9	- 2,1	GPa
Specific stiffness	* 0,762	- 1,79	MN.m/kg
Yield strength (elastic limit)	60	- 80	MPa
Tensile strength	60	- 80	MPa
Specific strength	* 50	- 69,4	kN.m/kg
Elongation	3	- 8	% strain
Elongation at yield	3	- 8	% strain
Compressive modulus	* 0,9	- 2,1	GPa
Compressive strength	* 72	- 96	MPa
Flexural modulus	0,9	- 2,1	GPa
Flexural strength (modulus of rupture)	* 94,7	- 124	MPa
Shear modulus	* 0,3	- 0,7	GPa
Bulk modulus	* 1,5	- 2	GPa

Poisson's ratio	* 0,49	-	0,499	
Shape factor	2			
Hardness - Vickers	* 17	-	22	HV
Hardness - Shore D	* 75	-	85	
Hardness - Shore A	98	-	100	
Elastic stored energy (springs)	* 1,08e3	-	2,81e3	kJ/m ³
Fatigue strength at 10 ⁷ cycles	* 24	-	32	MPa

Impact & fracture properties

Fracture toughness	7,9	-	18,4	MPa.m ^{0.5}
Toughness (G)	* 48,6	-	231	kJ/m ²
Impact strength, notched 23 °C	* 5	-	20	kJ/m ²
Impact strength, notched -30 °C	* 2,5	-	10	kJ/m ²
Impact strength, unnotched 23 °C	* 590	-	600	kJ/m ²
Impact strength, unnotched -30 °C	590	-	600	kJ/m ²

Thermal properties

Glass temperature	* -78	-	-63	°C
Maximum service temperature	* 80	-	110	°C
Minimum service temperature	* -50	-	-35	°C
Thermal conductivity	0,16	-	0,18	W/m.°C
Specific heat capacity	1,3e3	-	1,45e3	J/kg.°C
Thermal expansion coefficient	60	-	67	μstrain/°C
Thermal shock resistance	* 512	-	1,23e3	°C
Thermal distortion resistance	* 0,00247	-	0,0029	MW/m

Electrical properties

Electrical resistivity	1e20	-	1e22	μohm.cm
Electrical conductivity	1,72e-20	-	1,72e-18	%IACS
Dielectric constant (relative permittivity)	2,7	-	3	
Dissipation factor (dielectric loss tangent)	0,003	-	0,009	
Dielectric strength (dielectric breakdown)	* 30	-	40	MV/m

Magnetic properties

Magnetic type	Non-magnetic
---------------	--------------

Optical, aesthetic and acoustic properties

Refractive index	1,6			
Transparency	Opaque			
Acoustic velocity	* 853	-	1,37e3	m/s
Mechanical loss coefficient (tan delta)	* 0,0183	-	0,0279	

Critical materials risk

Contains >5wt% critical elements?	Yes
-----------------------------------	-----

Absorption & permeability

Water absorption @ 24 hrs	* 0,01	- 0,1	%
Water vapor transmission	* 11	- 21	g.mm/m ² .day
Permeability (O2)	* 985	- 1,64e3	cm ³ .mm/m ² .day.atm

Processing properties

Polymer injection molding	Acceptable
Polymer extrusion	Acceptable
Polymer thermoforming	Unsuitable

Durability

Water (fresh)	Excellent
Water (salt)	Excellent
Weak acids	Excellent
Strong acids	Acceptable
Weak alkalis	Excellent
Strong alkalis	Excellent
Organic solvents	Limited use
Oils and fuels	Acceptable
Oxidation at 500C	Unacceptable
UV radiation (sunlight)	Poor
Flammability	Highly flammable
Oxygen index	* 16 - 20 %

Primary production energy, CO2 and water

Embodied energy, primary production	* 96,8	- 107	MJ/kg
CO2 footprint, primary production	* 4,62	- 5,1	kg/kg
Water usage	* 1,5e4	- 2e4	l/kg

Processing energy, CO2 footprint & water

Polymer molding energy	* 14,4	- 15,9	MJ/kg
Polymer molding CO2	* 1,15	- 1,27	kg/kg
Polymer molding water	* 10,8	- 16,2	l/kg
Grinding energy (per unit wt removed)	* 13,9	- 15,4	MJ/kg
Grinding CO2 (per unit wt removed)	* 1,04	- 1,15	kg/kg

Recycling and end of life

Recycle	✗		
Recycle fraction in current supply	0,1		%
Downcycle	✓		
Combust for energy recovery	✓		
Heat of combustion (net)	* 28,6	- 30	MJ/kg
Combustion CO2	* 2,07	- 2,18	kg/kg
Landfill	✓		

Biodegrade

Notes

Warning

Burns with dense, acrid smoke.

Other notes

A hard, rigid and shiny resin, one of the earliest forms of plastic, originally intended as an artificial substitute for ebony wood.

Strengths: Good adhesion to metal; enhanced chemical resistance compared to soft rubber.

Limitations: Relative brittleness; fracture through temperature cycling.

Enlaces

ProcessUniverse

Producers

Reference

Shape

General information

Designation

Nitrile rubber, carboxylated (XNBR, 25-33% carbon black), Carboxylated nitrile rubber (XNBR / X-NBR)

Tradenames

Nipol (former Chemigum) NX775

Typical uses

Military & industrial footwear, non-slip stair treads, printing rolls, seals where toughness and oil resistance are required.

Composition overview

Compositional summary

Copolymer of butadiene, 26-33% acrylonitrile (ACN), $(CH_2CH=CHCH_2)_n$, $(CH_2CH(CN))_m$, and a small amount of carboxylated monomer. Typically sulfur cured. The carboxylate groups allow additional ionic crosslinking typically using zinc (Zn^{2+}) ions, resulting in enhanced properties. Properties on this datasheet are for a representative compound with: 25-33% carbon black, 5-10% plasticizer, 3% zinc oxide.

Material family	Elastomer (thermoset, rubber)
Base material	NBR(XNBR) (Nitrile butadiene rubber, carboxylated)
% filler (by weight)	25 - 33 %
Filler/reinforcement	Carbon
Filler/reinforcement form	Particulate
Additive	Plasticizer/oil
Polymer code	NBR-CD30-P

Composition detail (polymers and natural materials)

Polymer	57 - 70 %
Plasticizer/oil	5 - 10 %
Carbon (powder)	25 - 33 %

Price

Price	* 5,49 - 6,62 EUR/kg
Price per unit volume	* 6,31e3 - 7,81e3 EUR/m ³

Physical properties

Density	1,15e3 - 1,18e3 kg/m ³
---------	-----------------------------------

Mechanical properties

Young's modulus	0,01 - 0,017 GPa
Specific stiffness	0,00858 - 0,0146 MN.m/kg
Yield strength (elastic limit)	24 - 30 MPa
Tensile strength	24 - 30 MPa
Tensile stress at 100% strain	4 - 5 MPa
Specific strength	20,6 - 25,8 kN.m/kg

Elongation	350	-	550	% strain
Elongation at yield	350	-	550	% strain
Compressive modulus	* 0,01	-	0,017	GPa
Compressive strength	* 28,8	-	36	MPa
Flexural modulus	0,01	-	0,017	GPa
Flexural strength (modulus of rupture)	* 41,3	-	50,2	MPa
Shear modulus	0,003	-	0,006	GPa
Bulk modulus	* 1,5	-	2	GPa
Poisson's ratio	0,48	-	0,495	
Shape factor	1,6			
Hardness - Vickers	* 7	-	9	HV
Hardness - Shore D	* 30	-	35	
Hardness - Shore A	80	-	85	
Elastic stored energy (springs)	1,99e4	-	3,82e4	kJ/m ³
Fatigue strength at 10 ⁷ cycles	* 9,6	-	12	MPa
Compression set at 23°C	10	-	20	%
Compression set at 70°C	10	-	20	%
Compression set at 100°C	20	-	30	%
Tear strength	* 40	-	60	N/mm

Impact & fracture properties

Fracture toughness	0,396	-	0,635	MPa.m ^{0.5}
Toughness (G)	12	-	31,1	kJ/m ²
Impact strength, notched 23 °C	590	-	600	kJ/m ²
Impact strength, notched -30 °C	* 590	-	600	kJ/m ²

Thermal properties

Glass temperature	-23	-	-18	°C
Maximum service temperature	110	-	120	°C
Minimum service temperature	-50	-	0	°C
Thermal conductivity	* 0,2	-	0,6	W/m.°C
Specific heat capacity	* 1,48e3	-	1,68e3	J/kg.°C
Thermal expansion coefficient	* 230	-	237	µstrain/°C
Thermal shock resistance	* 6,65e3	-	1,17e4	°C
Thermal distortion resistance	* 8,57e-4	-	0,00257	MW/m

Electrical properties

Electrical resistivity	* 1e10	-	1e16	µohm.cm
Electrical conductivity	1,72e-14	-	1,72e-8	%IACS
Galvanic potential	0,07	-	0,15	V

Magnetic properties

Magnetic type	Non-magnetic
---------------	--------------

Optical, aesthetic and acoustic properties

Transparency	Opaque		
Acoustic velocity	91,8	-	122 m/s
Mechanical loss coefficient (tan delta)	* 0,15	-	0,25

Critical materials risk

Contains >5wt% critical elements?	No
-----------------------------------	----

Absorption & permeability

Water absorption @ 24 hrs	* 0,05	-	0,2 %
Permeability (O2)	* 36	-	150 cm³.mm/m².day.atm

Processing properties

Polymer injection molding	Acceptable
Polymer extrusion	Acceptable
Polymer thermoforming	Unsuitable

Durability

Water (fresh)	Excellent
Water (salt)	Excellent
Weak acids	Acceptable
Strong acids	Unacceptable
Weak alkalis	Excellent
Strong alkalis	Excellent
Organic solvents	Limited use
Oils and fuels	Acceptable
Oxidation at 500C	Unacceptable
UV radiation (sunlight)	Good
Flammability	Highly flammable
Oxygen index	* 17 - 21 %

Primary production energy, CO2 and water

Embodied energy, primary production	* 178	-	197 MJ/kg
CO2 footprint, primary production	* 7,42	-	8,18 kg/kg
Water usage	* 101	-	112 l/kg

Processing energy, CO2 footprint & water

Polymer molding energy	* 16,9	-	18,6 MJ/kg
Polymer molding CO2	* 1,35	-	1,49 kg/kg
Polymer molding water	* 11,8	-	17,8 l/kg
Grinding energy (per unit wt removed)	* 5,73	-	6,33 MJ/kg
Grinding CO2 (per unit wt removed)	* 0,43	-	0,475 kg/kg

Recycling and end of life

Recycle	✗
---------	---

Recycle fraction in current supply	0,1			%
Downcycle	✓			
Combust for energy recovery	✓			
Heat of combustion (net)	* 35,8	-	37,6	MJ/kg
Combustion CO2	* 3,08	-	3,23	kg/kg
Landfill	✓			
Biodegrade	✗			

Notes

Other notes

Compared to standard NBR, carboxylated nitrile (XNBR) has higher mechanical properties, especially abrasion resistance and toughness, also strength and modulus. This is at the expense of low temperature flexibility, resilience (higher tan delta), and compression set. The improved mechanical properties drop off with increasing temperature. This is because the ionic crosslinking introduced by carboxylation is more thermally sensitive than the covalent crosslinking of standard vulcanization.

Enlaces

ProcessUniverse

Producers

Reference

Shape

General information

Designation

Nitrile rubber (NBR, 25-33% carbon black), Nitrile rubber / Acrylonitrile butadiene copolymer (NBR), 25-33% carbon black filled, 5-10% oil/plasticizer

Tradenames

Buna-N, Perbunan, Krynac, Baymod N, NBR Nipol, Breon, Chemigum, Europrene N, Hycar, Nysyn, KER, Humex, JSR, Kosyn KNB, Nitriflex N, Arnipol, Chemaprene, Paracril, Polyblack

Typical uses

Automotive, seals, fuel and oil hose, gloves.

Composition overview

Compositional summary

Copolymer of 50-82% butadiene and 18-50% acrylonitrile (ACN), $(CH_2CH=CHCH_2)_n$, $(CH_2CH(CN))_m$. Most common ACN content is 32-35%.

Properties on this datasheet are for a representative compound with NBR (34% ACN), 25-33% carbon black, 5-10% plasticizer.

Material family	Elastomer (thermoset, rubber)
Base material	NBR (Nitrile butadiene rubber)
% filler (by weight)	25 - 33 %
Filler/reinforcement	Carbon
Filler/reinforcement form	Particulate
Additive	Plasticizer/oil
Polymer code	NBR-CD30-P

Composition detail (polymers and natural materials)

Polymer	57 - 70 %
Plasticizer/oil	5 - 10 %
Carbon (powder)	25 - 33 %

Price

Price	* 1,99 - 2,12 EUR/kg
Price per unit volume	* 2,21e3 - 2,37e3 EUR/m ³

Physical properties

Density	1,11e3 - 1,12e3 kg/m ³
---------	-----------------------------------

Mechanical properties

Young's modulus	0,0049 - 0,008 GPa
Specific stiffness	0,00439 - 0,00717 MN.m/kg
Yield strength (elastic limit)	15 - 25 MPa
Tensile strength	15 - 25 MPa
Tensile stress at 100% strain	1,4 - 3,5 MPa
Tensile stress at 300% strain	10 - 15 MPa
Specific strength	13,4 - 22,4 kN.m/kg

Elongation	350	-	700	% strain
Elongation at yield	350	-	700	% strain
Compressive modulus	* 0,0049	-	0,008	GPa
Compressive strength	* 18	-	30	MPa
Flexural modulus	0,0049	-	0,008	GPa
Flexural strength (modulus of rupture)	* 27,9	-	42,8	MPa
Shear modulus	0,0016	-	0,0027	GPa
Bulk modulus	* 1,5	-	2	GPa
Poisson's ratio	0,48	-	0,495	
Shape factor	1,6			
Hardness - Vickers	* 5	-	8	HV
Hardness - Shore D	* 19	-	25	
Hardness - Shore A	65	-	75	
Elastic stored energy (springs)	1,82e4	-	4,93e4	kJ/m ³
Fatigue strength at 10 ⁷ cycles	* 6	-	10	MPa
Compression set at 23 °C	* 5	-	15	%
Compression set at 70 °C	* 5	-	15	%
Compression set at 100 °C	17	-	56	%
Tear strength	* 30	-	50	N/mm

Impact & fracture properties

Fracture toughness	0,241	-	0,396	MPa.m ^{0.5}
Toughness (G)	9,36	-	24,8	kJ/m ²
Impact strength, notched 23 °C	590	-	600	kJ/m ²
Impact strength, notched -30 °C	* 590	-	600	kJ/m ²

Thermal properties

Glass temperature	-40	-	-30	°C
Maximum service temperature	110	-	120	°C
Minimum service temperature	-30	-	-20	°C
Thermal conductivity	* 0,2	-	0,6	W/m.°C
Specific heat capacity	* 1,5e3	-	1,7e3	J/kg.°C
Thermal expansion coefficient	* 180	-	200	µstrain/°C
Thermal shock resistance	* 1,16e4	-	2,29e4	°C
Thermal distortion resistance	* 0,00105	-	0,00317	MW/m

Electrical properties

Electrical resistivity	1e10	-	1e16	µohm.cm
Electrical conductivity	1,72e-14	-	1,72e-8	%IACS
Galvanic potential	0,07	-	0,15	V

Magnetic properties

Magnetic type	Non-magnetic
---------------	--------------

Optical, aesthetic and acoustic properties

Transparency	Opaque		
Acoustic velocity	65,8	-	85,3 m/s
Mechanical loss coefficient (tan delta)	* 0,1	-	0,2

Critical materials risk

Contains >5wt% critical elements?	No
-----------------------------------	----

Absorption & permeability

Water absorption @ 24 hrs	* 0,05	-	0,2 %
Permeability (O2)	* 36	-	150 cm³.mm/m².day.atm

Processing properties

Polymer injection molding	Acceptable
Polymer extrusion	Acceptable
Polymer thermoforming	Unsuitable

Durability

Water (fresh)	Excellent
Water (salt)	Excellent
Weak acids	Acceptable
Strong acids	Unacceptable
Weak alkalis	Excellent
Strong alkalis	Excellent
Organic solvents	Limited use
Oils and fuels	Acceptable
Oxidation at 500C	Unacceptable
UV radiation (sunlight)	Good
Flammability	Highly flammable
Oxygen index	17 - 20 %

Primary production energy, CO2 and water

Embodied energy, primary production	* 117	-	129 MJ/kg
CO2 footprint, primary production	* 2,92	-	3,22 kg/kg
Water usage	* 101	-	112 l/kg

Processing energy, CO2 footprint & water

Polymer molding energy	* 16,3	-	18 MJ/kg
Polymer molding CO2	* 1,31	-	1,44 kg/kg
Polymer molding water	* 11,6	-	17,4 l/kg
Grinding energy (per unit wt removed)	* 4,43	-	4,9 MJ/kg
Grinding CO2 (per unit wt removed)	* 0,333	-	0,368 kg/kg

Recycling and end of life

Recycle	✗
---------	---

Recycle fraction in current supply	0,1			%
Downcycle	✓			
Combust for energy recovery	✓			
Heat of combustion (net)	* 35,7	-	37,5	MJ/kg
Combustion CO2	* 3,09	-	3,24	kg/kg
Landfill	✓			
Biodegrade	✗			

Notes

Other notes

Strengths: Resistance to aliphatic hydrocarbon oils and fuels up to 100-120 C. Wear resistance, resilience.
 Limitations: Weathering, oxidation/ozone attack, aromatic oils, modest strength.
 Effect of composition: Acrylonitrile content increases strength, chemical resistance, Tg and heat resistance; it reduces low temperature flexibility, resilience, die swell, and gas permeability. ACN & Tg: 20%, -60C; 34%, -35C; 48%, -10C.

Enlaces

ProcessUniverse

Producers

Reference

Shape

General information

Designation

Nitrile rubber (NBR, unreinforced), Nitrile rubber / Acrylonitrile butadiene copolymer (NBR)

Tradenames

Chemigum; Chemisat; Detectaseal; Elastel; Endura; Europrene; Greene; Kumho; Melos; Nancar; Nantex; Nipol; Nitriclean; Nitriflex; Paraclean; Paracril; Precision; Ravaflex; Sibur; Sivic; Zeoforte; Zetpol

Typical uses

Automotive, seals, fuel and oil hose, gloves.

Included in Materials Data for Simulation



Composition overview

Compositional summary

Copolymer of 50-82% butadiene and 18-50% acrylonitrile (common abbreviation: ACN), $(CH_2CH=CHCH_2)_n$, $(CH_2CH(CN))_m$. Most common ACN content is 32-35%.

Material family	Elastomer (thermoset, rubber)
Base material	NBR (Nitrile butadiene rubber)
Polymer code	NBR

Composition detail (polymers and natural materials)

Polymer	100	%
---------	-----	---

Price

Price	* 1,7	- 1,79	EUR/kg
Price per unit volume	* 1,61e3	- 1,83e3	EUR/m ³

Physical properties

Density	950	- 1,02e3	kg/m ³
---------	-----	----------	-------------------

Mechanical properties

Young's modulus	0,0018	- 0,0021	GPa
Specific stiffness	0,00182	- 0,00215	MN.m/kg
Yield strength (elastic limit)	4	- 7	MPa
Tensile strength	4	- 7	MPa
Tensile stress at 100% strain	* 0,7	- 1,2	MPa
Tensile stress at 300% strain	* 2	- 3,5	MPa
Specific strength	4,06	- 7,12	kN.m/kg
Elongation	500	- 700	% strain
Elongation at yield	500	- 700	% strain
Compressive modulus	* 0,0018	- 0,0021	GPa
Compressive strength	* 4,8	- 8,4	MPa
Flexural modulus	0,0018	- 0,0021	GPa
Flexural strength (modulus of rupture)	* 11,6	- 16	MPa
Shear modulus	6e-4	- 7e-4	GPa

Bulk modulus	* 1,5	- 2	GPa
Poisson's ratio	0,48	- 0,495	
Shape factor	1,6		
Hardness - Vickers	* 2	- 3	HV
Hardness - Shore D	* 8	- 10	
Hardness - Shore A	40	- 45	
Elastic stored energy (springs)	4,36e3	- 1,19e4	kJ/m ³
Fatigue strength at 10 ⁷ cycles	* 1,6	- 2,8	MPa
Compression set at 23°C	5	- 15	%
Compression set at 70°C	5	- 15	%
Compression set at 100°C	8	- 20	%
Tear strength	* 10	- 20	N/mm

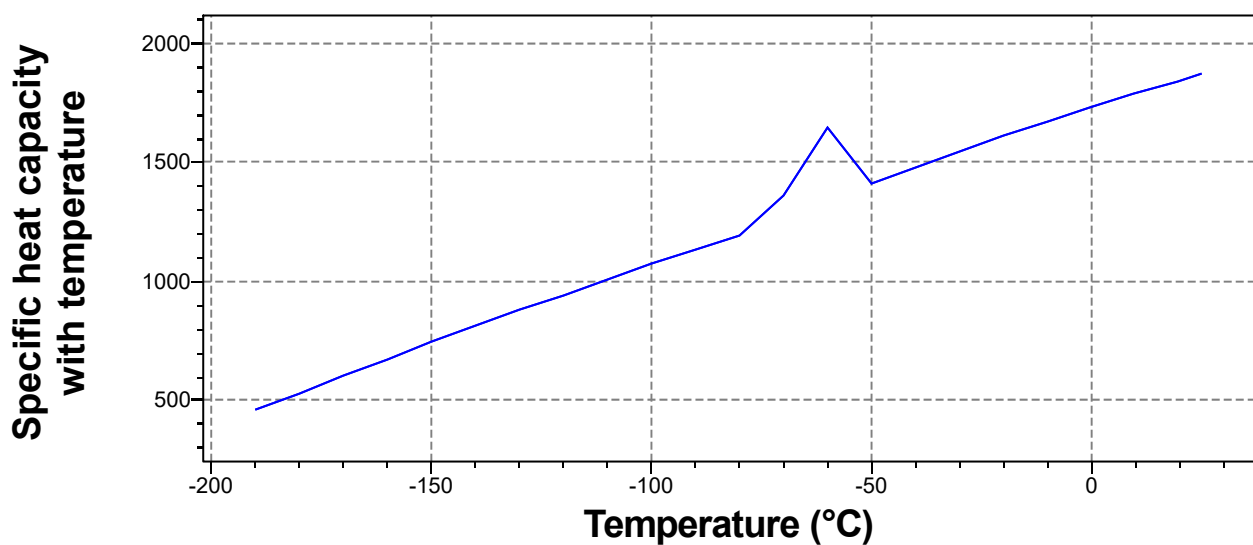
Impact & fracture properties

Fracture toughness	0,083	- 0,13	MPa.m ^{0.5}
Toughness (G)	3,68	- 8,38	kJ/m ²
Impact strength, notched 23 °C	590	- 600	kJ/m ²
Impact strength, notched -30 °C	* 50	- 60	kJ/m ²

Thermal properties

Glass temperature	-60	- -10	°C
Maximum service temperature	110	- 120	°C
Minimum service temperature	-50	- 0	°C
Thermal conductivity	0,135	- 0,145	W/m.°C
Specific heat capacity	1,95e3	- 2,01e3	J/kg.°C
Specific heat capacity with temperature	1,86e3	- 1,86e3	J/kg.°C

[Parámetros:](#) Temperature = 23°C



Thermal expansion coefficient	230	- 237	μstrain/°C
Thermal shock resistance	8,75e3	- 1,55e4	°C

Thermal distortion resistance	* 5,77e-4	-	6,23e-4	MW/m
-------------------------------	-----------	---	---------	------

Electrical properties

Electrical resistivity	1e16	-	1e20	μohm.cm
Electrical conductivity	1,72e-18	-	1,72e-14	%IACS
Dielectric constant (relative permittivity)	4,8	-	5,5	
Dissipation factor (dielectric loss tangent)	0,035	-	0,042	
Dielectric strength (dielectric breakdown)	10	-	12	MV/m

Magnetic properties

Magnetic type	Non-magnetic
---------------	--------------

Optical, aesthetic and acoustic properties

Refractive index	1,52			
Transparency	Translucent			
Acoustic velocity	42,6	-	46,4	m/s
Mechanical loss coefficient (tan delta)	* 0,1	-	0,2	

Critical materials risk

Contains >5wt% critical elements?	No
-----------------------------------	----

Absorption & permeability

Water absorption @ 24 hrs	* 0,05	-	0,3	%
Permeability (O2)	* 36	-	150	cm ³ .mm/m ² .day.atm

Processing properties

Polymer injection molding	Acceptable
Polymer extrusion	Acceptable
Polymer thermoforming	Unsuitable

Durability

Water (fresh)	Excellent
Water (salt)	Excellent
Weak acids	Acceptable
Strong acids	Unacceptable
Weak alkalis	Excellent
Strong alkalis	Excellent
Organic solvents	Limited use
Oils and fuels	Acceptable
Oxidation at 500C	Unacceptable
UV radiation (sunlight)	Poor
Flammability	Highly flammable
Oxygen index	17 - 21 %

Primary production energy, CO2 and water

Embodied energy, primary production	87,8	-	96,8	MJ/kg
Sources	64.4 MJ/kg (Patel, 2003); 120 MJ/kg (Hammond and Jones, 2008)			
CO2 footprint, primary production	2,73	-	3	kg/kg
Sources	Data reported by sources are for CO2, values were converted to CO2 footprint using the relationship: CO2 footprint = CO2 * 1.06. Relationship taken from Hammond and Jones, 2008. Note that this is only captures fuel use (i.e. not including any process related emissions). This is for the average mixture of fuels used in the UK industry. 1.38 kg/kg (Patel, 2008); 4.02 kg/kg (Hammond and Jones, 2008)			
Water usage	* 139	-	153	l/kg

Processing energy, CO2 footprint & water

Polymer molding energy	* 17,2	-	19	MJ/kg
Polymer molding CO2	* 1,38	-	1,52	kg/kg
Polymer molding water	* 12	-	17,9	l/kg
Grinding energy (per unit wt removed)	* 1,7	-	1,88	MJ/kg
Grinding CO2 (per unit wt removed)	* 0,128	-	0,141	kg/kg

Recycling and end of life

Recycle	✗			
Recycle fraction in current supply	0,1			%
Downcycle	✓			
Combust for energy recovery	✓			
Heat of combustion (net)	* 37,5	-	39,4	MJ/kg
Combustion CO2	* 2,92	-	3,07	kg/kg
Landfill	✓			
Biodegrade	✗			

Notes

Other notes

Strengths: Resistance to aliphatic hydrocarbon oils and fuels up to 100-120 C. Wear resistance, resilience.
Limitations: Weathering, oxidation/ozone attack, aromatic oils, modest strength.
Effect of composition: Acrylonitrile content increases strength, chemical resistance, Tg and heat resistance; it reduces low temperature flexibility, resilience, die swell, and gas permeability. ACN & Tg: 20%, -60C; 34%, -35C; 48%, -10C

Enlaces

ProcessUniverse
Producers
Reference
Shape

General information

Overview

The strongest rubber.

Strengths

Exceptional strength and abrasion resistance, tear strength weathering, and low oil swell. Ozone resistant.

Limitations

Hydrolysis, especially hot water. Poor UV resistance, high smoke evolution, limited heat resistance, high hysteresis losses.

Designation

Polyurethane rubber, Urethane rubber, Polyurethane thermoset elastomer (AU, EU, PUR)

Tradenames

Adiprene, Estane, Gentane

Typical uses

Cushioning, packaging, shoe soles, tires, wheels, fuel hoses, gears, bearings, fabric-coating.

Composition overview

Compositional summary

Polyurethane, ether or ester based, general formula $(\text{NH-R-NH-CO-O-R}'\text{-O-CO})_n$, cross-linked. AU = ester type. EU = ether type.

Material family	Elastomer (thermoset, rubber)
Base material	PUR (Polyurethane plastic)

Effect of composition

Ether types have better hydrolytic stability (more durable to water), better low temperature performance, poorer mechanical properties.

Processing properties

First commercial production	1937
-----------------------------	------

Forming

Casting possible in inexpensive molds at low pressure. Post-curing necessary. Also suitable for RIM.

Machining

Suitable for machining, though difficulty depends on hardness (soft, microcellular grades are more difficult).

Joining

Difficult to bond. Adheres well to substrates on molding/casting.

Surface treatment

Very suitable for painting.

Notes

Warning

Isocyanates are moderately to highly (depending on specific compound) toxic (by ingestion) and highly irritant.

Diseño de los soportes motor y acoples de transmisión para una conversión de Mazda MX5 NB a vehículo eléctrico

ANEXO C: EXTRACTO DEL MANUAL DE REFORMAS

Manual de reformas pagina 3 a 12: Preámbulo.

Manual de reformas pagina 49 a 51: I.- VEHÍCULOS DE CATEGORÍAS M, N y O; Grupo Nº 2. Unidad Motriz (2.11).- Transformación a Vehículos eléctricos o híbridos y sus modificaciones.

Diseño de los soportes motor y acoples de transmisión para una conversión de Mazda MX5 NB a vehículo eléctrico

MANUAL DE REFORMAS DE VEHÍCULOS

PREÁMBULO

La Directiva 2007/46/CE del Parlamento europeo y del Consejo, de 5 de septiembre de 2007, por la que se crea un marco para la homologación de los vehículos de motor y sus remolques, sistemas, componentes y unidades técnicas independientes destinados a dichos vehículos fue transpuesta al derecho interno español a través de la Orden ITC/1620/2008, de 5 de junio, por la que se actualizan los anexos I y II del Real Decreto 2028/1986, de 6 junio, sobre las normas para la aplicación de determinadas directivas de la CE, relativas a la homologación de tipo de vehículos automóviles, remolques, semirremolques, motocicletas, ciclomotores y vehículos agrícolas, así como de partes y piezas de dichos vehículos. La citada directiva entró en vigor el 29 de abril de 2009.

El Real Decreto 736/1988, de 8 de julio, por el que se regula la tramitación de reformas de importancia de vehículos de carretera y se modifica el artículo 252 del Código de la Circulación permitía las reformas de los vehículos antes de su matriculación mientras que la Directiva 2007/46/CE no contempla esta posibilidad.

El nuevo Real Decreto 866/2010, de 2 de julio, por el que se regula la tramitación de las reformas de vehículos, tiene como objeto unificar criterios de la legislación española en la materia y la emitida por la Unión Europea. Este real decreto mantiene la coherencia entre la normativa europea de homologación de vehículos y la nacional sobre las reformas de los mismos; su aplicación permitirá mantener las condiciones de seguridad activa y pasiva de los vehículos y su comportamiento en lo que se refiere a la protección al medio ambiente. Asimismo, establece la documentación que se debe presentar ante los órganos de la Administración competente en materia de Inspección técnica de vehículos, la tramitación y los requisitos específicos exigibles serán los contenidos en este Manual de Reformas de vehículos.

Este manual ha sido elaborado por el Ministerio de Industria, Comercio y Turismo en colaboración con los órganos competentes en materia de ITV de las Comunidades Autónomas. Este documento estará disponible, en su última actualización, en la página web del Ministerio de Industria, Comercio y Turismo.

El Real Decreto 866/2010, de 2 de julio, en su artículo 3, punto 20, define el Manual de Reformas de Vehículos de este modo:

“Documento elaborado por el Ministerio de Industria, Turismo y Comercio en colaboración con los órganos competentes en materia de ITV de las Comunidades Autónomas, que establece las descripciones de las reformas tipificadas, su codificación y la documentación precisa para su tramitación. Este Manual estará disponible para consulta de los solicitantes de una reforma en todas las Estaciones de ITV. El Manual será actualizado cuando se modifique la tipificación de las reformas o los criterios reglamentarios en materia de vehículos, tanto de carácter nacional como de la Unión Europea.”

La aplicación de la Disposición Transitoria quinta debe entenderse como que, si el usuario puede acreditar que la reforma es anterior al 14 de enero de 2011, la diligencia se podrá realizar en el plazo máximo de seis meses o en la próxima inspección técnica reglamentaria que le corresponda al vehículo.

Se debe entender que una modificación, sustitución, actuación, incorporación o supresión efectuada en un vehículo y que no cambie las características por las que un vehículo puede ser definido, o que no afecta a ninguno de los actos reglamentarios aplicables ni a las prescripciones contenidas en las Directivas 2002/24/CE, 2003/37/CE y 2007/46/CE, marcos, no debe ser considerada como reforma del vehículo.



MANUAL DE REFORMAS DE VEHÍCULOS

PREÁMBULO

Fecha de aplicación de la sexta revisión del Manual de Reformas de Vehículos:

- De forma general:
 - o Obligatoria a partir la entrada en vigor de la Orden ICT/155/2020, de 7 de febrero, por la que se regula el control metrológico del Estado de determinados instrumentos de medida.
- Específicamente, para CR 8.30, será obligatoria a partir del 8 de mayo
- Podrá utilizarse de forma voluntaria, a petición del interesado, desde el 8 de mayo para los CR 2.13, 2.14 y 8.70.

ESTRUCTURA DEL MANUAL

Este manual establece los criterios, procedimientos y requisitos que se deben cumplir para la tramitación de las reformas de vehículos. Para este propósito se ha dividido en cuatro secciones:

- VEHÍCULOS DE LAS CATEGORÍAS M, N y O.
- VEHÍCULOS DE CATEGORÍAS L, QUADS Y UTV.
- VEHÍCULOS AGRÍCOLAS.
- VEHÍCULOS DE OBRAS Y/O SERVICIOS.

De conformidad con el anexo I del Real Decreto 866/2010, de 2 de julio, de tipificación de las reformas de vehículos, cada una de estas secciones está dividida en las siguientes funciones o grupos:

- Identificación
- Unidad motriz
- Transmisión
- Ejes
- Suspensión
- Dirección
- Frenos
- Carrocería
- Dispositivos de alumbrado y señalización
- Uniones entre vehículos tractores y sus remolques o semirremolques
- Modificaciones de los datos que aparecen en la tarjeta de ITV

Cada una de estas funciones o grupos están divididos en códigos de reformas (en adelante CR) que identifican las modificaciones realizadas sobre un vehículo.

Para la restitución, el nivel de cumplimiento de los actos reglamentarios que le sean de aplicación, serán los correspondientes en la fecha de la matriculación del vehículo. Además, se tramitará por el/los código/s de reforma/s que se vieran implicados en la instalación, salvo casos específicos, que se desarrollaran en los códigos de reformas correspondientes.

La variación de color de los vehículos no tendrá consideración de reforma. En el caso de vehículos de categoría M1, cuando se detecte en la inspección técnica periódica obligatoria, se diligenciará en la tarjeta ITV si el dato ya estaba reflejado en ella, y existe una variación.



MANUAL DE REFORMAS DE VEHÍCULOS

PREÁMBULO

No todos los códigos de reformas aparecerán en las cuatro secciones puesto que no todas las reformas son viables en las distintas categorías de vehículos.

Cada función o grupo está compuesto por fichas pertenecientes a los grupos citados, que incluyen el análisis de las posibles transformaciones efectuadas en el vehículo mediante CR. Cada ficha incluye los siguientes apartados.

1. Grupo.

Identifica de forma general la parte o sistema del vehículo afectado por las posibles transformaciones, enumeradas mediante CR.

2. Descripción.

Se describen las transformaciones que se realizan en el vehículo y que afectan al grupo indicado. Se identificarán según CR.

3. Campo de aplicación.

Se indica por categoría de vehículos en la que puede o no realizarse la reforma (SI/NO).

En todos los casos, la categoría del vehículo se obtendrá del apartado previsto a tal efecto en su tarjeta ITV, según se indica en el anexo XII del Real Decreto 750/2010, de 4 de junio o en su homologación de tipo. Si ello no fuera posible, a efectos de la reforma, se considerará encuadrado en la categoría que le corresponda en el momento de la inspección.

4. Actos reglamentarios (en lo sucesivo AR).

En este apartado se incluye una tabla de los AR aplicables para cada CR, teniendo en cuenta su campo de aplicación y la categoría del vehículo al que se realiza la transformación.

Los AR se aplicarán según columna 3 o requisitos alternativos de la columna 4 del Anexo I del Real Decreto 2028/1986, de 6 de junio, teniendo en cuenta los siguientes criterios de aplicación:

(1) El AR se aplica en su última actualización en vigor, a fecha de tramitación de la reforma.

(2) El AR se aplica en la actualización en vigor en la fecha de la primera matriculación del vehículo, si la homologación del mismo exige el AR incluido en la tabla. En caso que el AR no fuera exigido para la homologación del vehículo en la fecha de su primera matriculación, se deberá aplicar al menos el AR en la primera versión incluida en el Real Decreto 2028/1986, de 6 de junio, como obligatoria (A).

(3) El AR se aplica en la actualización previa a la entrada en vigor de los Reglamentos Delegados y de Ejecución que desarrollan los Reglamentos (UE) N° 167/2013 o 168/2013.

(-) El AR no es aplicable a la categoría del vehículo.

(X) No es posible realizar la reforma al vehículo, coincidiendo en este caso con un NO en el campo de aplicación para esa categoría.

En el caso de que la reforma implique cambio de categoría, los AR no afectados por la/las reforma/s, se aplicarán en la actualización en vigor en la fecha de la primera matriculación del vehículo para la nueva categoría.

El emisor del informe analizará únicamente los puntos del AR que se vean afectados por la reforma.



MANUAL DE REFORMAS DE VEHÍCULOS

PREÁMBULO

En el caso de que la transformación afecte al cumplimiento de varios CR, se aplicará siempre el nivel más restrictivo de los AR implicados en la misma.

Cuando la reforma no afecte al cumplimiento de alguno de los actos reglamentarios especificados en cada uno de los códigos de reformas descritos en el Manual, se especificará explícitamente en el correspondiente Informe de Conformidad que el acto reglamentario no se ve afectado por la misma, indicando el número de informe donde se justifica o el número de la homologación de tipo.

Los AR aplicables se justificarán tal como se establece en el punto 5.3 (informe de conformidad).

5. Documentación exigible.

En este apartado se relaciona la documentación necesaria para la tramitación de la reforma, particularizando para cada una de ellas la información que debe contener.

Toda la documentación, que en cada caso se requiera, se podrá presentar en papel o formato electrónico validado, surtirá efectos de solicitud y, será requisito previo al inicio de tramitación de las reformas. Las fechas de la solicitud y de la documentación aportada deberán cumplir los plazos establecidos en la Ley 39/2015, de 1 de octubre, del Procedimiento Administrativo Común de las Administraciones Públicas

La no correspondencia de la documentación con la reforma efectuada dará lugar a la paralización del expediente hasta que la correspondencia quede acreditada. En tanto no se acredite dicho extremo no se podrá solicitar la legalización de la reforma en otra estación ITV salvo autorización expresa del organismo competente.

Proyecto técnico y certificación final de obra.

Proyecto técnico emitido por técnico/s competente/s y certificación final de obra.

5.1.- Proyecto Técnico

Deberá identificarse: técnico competente, el vehículo (marca, tipo, variante, denominación comercial, número de identificación, matrícula) y las reformas realizadas.

En el caso de correspondencia del vehículo reformado con un tipo homologado en primera o sucesivas fases, se podrá realizar la reforma sin proyecto técnico. Del mismo modo no será necesaria la presentación del proyecto técnico cuando se trate de una restitución/desinstalación de elementos si el vehículo resultante está amparado por una homologación de tipo.

El proyecto debe estar identificado de forma inequívoca en todo su contenido, con todas las páginas numeradas e indicando en todas ellas el número final de páginas, incluyendo los anexos. Los planos del documento podrán acogerse a un sistema de numeración independiente, siempre y cuando se encuentren numerados y se indique el número total de planos.

El proyecto técnico para garantizar que, tanto el taller transformador como el firmante del informe de conformidad, como la estación ITV tengan a disposición la misma versión, debe incluir en el mismo los datos profesionales del titular, incluyendo los relativos a su titulación, indicando además en cada una de las hojas los siguientes datos:

- Número o código de Proyecto técnico, incluyendo el nivel de modificación ("0" para la versión inicial).

El contenido mínimo del proyecto técnico, además de lo que se determine en cada una de las fichas de este Manual, deberá incluir:

 MINISTERIO DE INDUSTRIA, COMERCIO Y TURISMO	REVISIÓN: 6 ^a Fecha: mayo 2020	Preámbulo Página 4 de 10
--	--	---------------------------------

MANUAL DE REFORMAS DE VEHÍCULOS

PREÁMBULO

5.1.1.- Memoria

5.1.1.1.- Objeto

Incluyendo los datos que identifiquen al vehículo.

5.1.1.2.- Antecedentes.

Identificación de acuerdo con el RD 866/2010, de 2 de julio, de la reforma a realizar y, en su caso, motivos que originan dicha realización y normativa aplicable en relación con los AR que puedan verse afectados por la reforma.

5.1.1.3.- Características del vehículo antes de la reforma. (*)

Utilizando el formato de ficha reducida de características técnicas o ficha de características técnicas correspondiente al tipo de vehículo de que se trate contemplado en el RD 750/2010.

5.1.1.4.- Características del vehículo después de la reforma. (*)

Utilizando el formato de ficha reducida de características técnicas o ficha de características técnicas correspondiente al tipo de vehículo de que se trate contemplado en el RD 750/2010.

(*) Solo será necesario identificar el vehículo e indicar las características que cambian antes y después de la reforma, no siendo necesario incluir el formato completo de las descripciones contempladas en el R.D.750/2010.

5.1.1.5.- Descripción de la reforma.

El proyecto técnico deberá recoger los datos necesarios para que el emisor del informe de conformidad pueda evaluar el cumplimiento o no afectación de los AR obligatorios en cada CR, haciendo mención expresa a cada elemento o sistema modificado o añadido.

Describiendo el proceso de realización de la reforma según los siguientes apartados.

5.1.1.5.1.- Desmontajes realizados

5.1.1.5.2.- Variaciones y sustituciones.

5.1.1.5.3.- Materiales empleados.

5.1.1.5.4.- Montajes realizados.

5.1.2.- Cálculos justificativos.

En este apartado deberá justificarse el reparto de masas por eje con la reforma efectuada.

Como norma general deberá justificarse el cálculo del sistema de fijación de cualquier elemento añadido objeto del proyecto técnico y en el caso de sustituciones sólo cuando no se utilicen los sistemas de fijación originales. En el caso de vehículos con bastidor independiente, análisis de esfuerzos sobre el bastidor (cortantes, flectores, etc.) y resistencia del mismo, en el caso de elementos fijados a él.

Cuando el elemento sustituido, añadido o modificado tenga una función específica sobre la seguridad activa o pasiva o el comportamiento sobre la protección al medio ambiente, deberá analizarse de manera integral el resultado de la misma en el vehículo reformado, y deberá comprobarse que se mantienen las condiciones exigibles de dicha función con el nuevo elemento.

5.1.3.- Pliego de condiciones.

5.1.3.1.- Calidad de los materiales empleados.

5.1.3.2.- Normas de ejecución.

5.1.3.3.- Certificados y autorizaciones.



MANUAL DE REFORMAS DE VEHÍCULOS

PREÁMBULO

5.1.4.- Planos.

- Esquema del vehículo y sus características fundamentales antes de la reforma.
- Esquema del vehículo y sus características fundamentales después de la reforma.
- Detalles constructivos.

Cualquier equipo o sistema modificado, sustituido o incorporado, debe ser identificado indicando sus referencias (marca, modelo, número de homologación o marcaje), si éstas existen, en el informe de conformidad, en el proyecto técnico y en el certificado del taller debiendo coincidir con la modificación, sustitución o incorporación que se haya realizado.

5.2 Certificado de dirección final de obra.

Deberá identificarse: técnico competente, el vehículo (marca, tipo, variante, denominación comercial, número de identificación, matrícula y una o varias fotografías del vehículo después de la reforma), reformas realizadas y taller/es donde se ha/n ejecutado la/s reforma/s. Las fotografías deben mostrar el aspecto general del vehículo y los detalles de la reforma realizada.

El certificado de dirección final de obra debe estar identificado de forma inequívoca en todas sus páginas, con las páginas numeradas e indicando en todas ellas el número final de páginas, incluyendo los anexos. Además, hará referencia a la identificación inequívoca del proyecto incluyendo los siguientes datos:

- Datos profesionales del titular, incluyendo los relativos a su titulación.
- Número o código de Proyecto técnico, incluyendo el nivel de modificación ("0" para la versión inicial)".

Se certificará que se han efectuado la/s reforma/s en el vehículo referenciado, de acuerdo al proyecto técnico y la documentación adicional correspondientes.

La fecha del Certificado de Dirección Final de Obra será siempre igual o posterior a la fecha del Certificado de Taller.

5.3 Informe de conformidad.

Si la transformación de un vehículo implica distintas reformas, el emisor del informe deberá identificarlas mediante los códigos de reformas asignados en este Manual.

Respecto a emisiones contaminantes, para vehículos ligeros de categorías M y N, homologados según Reglamento (UE) 2017/1151 o posteriores, el emisor del informe de conformidad deberá comprobar que el AR de emisiones sigue siendo válido en todos los códigos de reforma, según la categoría del vehículo transformado. No será necesario incluir el dato de CO₂, salvo mención explícita en el CR correspondiente.

En el caso de reformas soportadas por más de un informe de conformidad no se admite más de uno en el caso de que su emisión sea de dos servicios de reforma o un servicio de reformas y el fabricante del vehículo. En los casos de instalación de dispositivos de acoplamiento y/o defensas delanteras que dispongan de homologación del componente y de la homologación de la instalación del mismo, será posible la admisión de los correspondientes informes de conformidad del fabricante del dispositivo y otro informe de conformidad para el resto de las modificaciones.

Ejemplo:

Tipificada/s con el/los Código/s de Reforma/s: **8.1 y 8.4**

A los efectos de la firma del informe de conformidad para vehículos completados, se entenderá por fabricante tanto el del vehículo base como el/los fabricante/s del vehículo completado. El



MANUAL DE REFORMAS DE VEHÍCULOS

PREÁMBULO

fabricante del vehículo base informará exclusivamente sobre las reformas que afecten a los AR de los que es titular, pudiendo usar información de Actos Reglamentarios, Conjuntos Funcionales o Informes H de los que no sea titular.

Para vehículos completados, cuando el emisor del informe de conformidad sea el fabricante del vehículo de última fase, se basará en otro/s informe/s emitido/s por el/los fabricante/s de sucesiva/s fase/s o de un Servicio Técnico cuando las reformas afecten AR de los que no es titular. Para la tramitación de las reformas, el usuario presentará ante los órganos de la Administración competente en materia de Inspección técnica de vehículos el informe emitido por el/los fabricante/s de fase/s anterior/es que mantendrá el formato del informe de conformidad establecido en el Anexo II del real decreto 866/2010, de 2 de julio.

En el informe de conformidad, deberán, en todos los casos, describirse los equipos, sistemas modificados, sustituidos o incorporados indicando las características esenciales de cada uno para que permitan identificarlos durante la inspección y en especial, lo indicado para cada CR. Del mismo modo, en el informe de conformidad deberán indicarse expresamente todos los datos del vehículo que varíen de los contenidos en la tarjeta ITV o sea necesario añadir según la "normalización de la anotación de la reforma en la tarjeta ITV" indicada para cada código de reforma.

Cualquier elemento, equipo, dispositivo, sistema, componente o unidad técnica independiente modificado, sustituido o incorporado, debe ser identificado indicando sus referencias (marca, modelo, número de homologación o marcaje), si éstas existen, y de acuerdo con los textos utilizados en el campo "Normalización de la anotación de la reforma en la tarjeta ITV" que aparece en cada CR, en el informe de conformidad, en el proyecto técnico y en el certificado del taller, debiendo coincidir con la modificación, sustitución o incorporación que se haya realizado.

En el caso de ser necesario un proyecto, se identificará el mismo en el informe de conformidad incluyendo los siguientes datos:

- Datos profesionales del titular, incluyendo los relativos a su titulación
- Número o código de Proyecto técnico, incluyendo el nivel de modificación ("0" para la versión inicial)".

Ejemplo:

Especificaciones técnicas afectadas:

En la columna de la izquierda deben identificarse los AR base como aparecen detallados en las fichas del Manual según los códigos de reformas afectados. En la columna de la derecha debe indicarse la contraseña de homologación o número de informe que avale el cumplimiento de la Reglamentación aplicable afectada por las transformaciones realizadas en el vehículo.



MANUAL DE REFORMAS DE VEHÍCULOS

PREÁMBULO

Reglamentación aplicable	Contraseña de homologación o informe que avala su cumplimiento
AR	AR según nota H nº XXXXXX (*)
AR	e2*74/60*2000/4*2578*00 (*)
AR	Informe de ensayo Servicio Técnico nº XXXXXX (**)
AR	Amparado por la homologación de tipo e9*2007/46*0000 (*)
AR	Conjunto funcional Nº XXXXXX
AR	Realizado en base a documentación de la que dispongan, nº de informe XXXXXX (***)
AR	Informe del Fabricante del Vehículo de fases anteriores, (anexo al presente informe) basado en certificaciones/Informes H de los que es titular.

(*) Esta opción sólo podrá utilizarse cuando el informe de conformidad lo emita el fabricante titular de esta homologación.

(**) Informe particularizado al vehículo objeto de la reforma.

(***) Se admitirán informes emitidos por Servicios Técnicos de homologación designados por otros Estados Miembros del Espacio Económico Europeo siempre que el informe cubra explícitamente los Actos Reglamentarios afectados por la reforma, amparado en contraseñas concedidas por la Autoridad de Homologación.

El Informe de Conformidad dejará de tener validez en el momento en que cualquiera de los AR a los que se refiera haya perdido su vigencia.

La fecha del Informe de Conformidad será siempre igual o posterior a la fecha del Certificado de Taller, y en su caso, de la del Certificado de Dirección Final de Obra.

5.4 Certificado de Taller (Según modelo del Anexo III del Real Decreto 866/2010)

Debe especificar en el apartado de Observaciones la identificación de los equipos o sistemas modificados **y especificando antes de su apartado de firma que se garantiza** que se cumple lo previsto en el artículo 6 del Reglamento General de vehículos y, en su caso, en el artículo 9 del Real Decreto 1457/1986, de 10 de enero, por el que se regula la actividad industrial en talleres de vehículos automóviles, de equipos y sus componentes, modificado por 455/2010, de 16 de abril.

Cualquier equipo o sistema modificado, sustituido o incorporado, debe ser identificado indicando sus referencias (marca, modelo, número de homologación o marcaje), si éstas existen, en el informe de conformidad, en el proyecto técnico y en el certificado del taller, debiendo coincidir con la modificación, sustitución o incorporación que se haya realizado.

El certificado de taller, **si procede**, podrá incluir como anexo los esquemas o la información adecuada que sirvan al emisor del informe de conformidad para poder evaluar los actos reglamentarios afectados por la reforma.

Además, en caso de ser necesario un proyecto técnico, debe identificar de forma inequívoca el



MANUAL DE REFORMAS DE VEHÍCULOS

PREÁMBULO

mismo en el certificado de taller incluyendo los siguientes datos:

- Datos profesionales del titular, incluyendo los relativos a su titulación
- Número o código de Proyecto técnico, incluyendo el nivel de modificación (“0” para la versión inicial”).

En caso de ser necesario la redacción de proyecto técnico para la tramitación de reforma, La fecha del Certificado de Taller será siempre igual o posterior a la fecha del Proyecto Técnico

6. Documentación adicional.

Indica la documentación necesaria para completar la información sobre la reforma realizada en el vehículo.

7. Conjunto funcional.

El firmante del informe de conformidad según anexo II verificará que la reglamentación objeto de evaluación del conjunto funcional se encuentra actualizada en la fecha de ejecución de la reforma. En caso contrario, no se autorizará la reforma mientras no se actualice la vigencia de dicho conjunto funcional.

Previo solicitud del fabricante del conjunto funcional, la Autoridad de homologación, previo informe del servicio técnico que realizó los ensayos previos a la autorización inicial, podrá realizar una extensión del conjunto funcional que haya perdido su vigencia, actualizándolo.

En el caso de una reforma amparada por un conjunto funcional autorizado por la Autoridad de Homologación, no será necesaria la presentación del proyecto técnico y la certificación final de obra.

Los kits en los vehículos que hayan sido autorizados por la Autoridad de Homologación y cumplan con los AR marcados en la columna 3 del Real Decreto 2028/1986, de 6 de junio, se actualizarán a conjunto funcional previo informe del servicio técnico, mediante resolución de este Ministerio.

8. Inspección específica. Puntos a verificar.

La estación ITV realizará la comprobación de la correspondencia entre la documentación y el vehículo de acuerdo a lo indicado en la Sección V del Manual de Procedimiento de Inspección de Estaciones ITV vigente.

Respecto a la inspección técnica unitaria, se incluyen los puntos a verificar por la estación ITV y su correspondencia con los capítulos del Manual de Procedimientos de Inspección de las Estaciones ITV.

En todos los casos será obligatoria la identificación del vehículo según capítulo 1 de dicho Manual. Además de la identificación del vehículo, deberán verificarse según los apartados del mismo indicados para cada CR, aquellos subapartados que hayan podido verse afectados por la reforma según el método descrito y aplicando la interpretación de defectos. Si el CR requiere algún capítulo que comporta la utilización de equipo de la línea de inspección, deberá realizarse la prueba correspondiente.

9. Normalización de la anotación de la Reforma en la Tarjeta ITV.

Se incluye la anotación tipo para cumplimentar las tarjetas ITV tras la legalización de la reforma.



MANUAL DE REFORMAS DE VEHÍCULOS
PREÁMBULO

En general, cualquier variación de las características técnicas del vehículo (masas, dimensiones, etc.) que como resultado de la reforma se hayan modificado respecto de los datos indicados en la tarjeta ITV o tengan que incluirse en la anotación de la reforma, deberán indicarse en el informe de conformidad, siendo este documento el que se utilice en la inspección técnica y su información la que se anote en la Tarjeta ITV. Estas indicaciones se adaptarán a los modelos que se especifican, de forma no exhaustiva, en cada uno de los CR.

10. Información adicional.

Aclaraciones o requisitos adicionales a cada CR.



MANUAL DE REFORMAS DE VEHÍCULOS
I.- VEHÍCULOS DE CATEGORÍAS M, N y O
Grupo Nº 2. Unidad Motriz
(2.11)

DESCRIPCIÓN: Modificaciones sobre la configuración de la unidad motriz del vehículo

2.11.- Transformación a Vehículos eléctricos o híbridos y sus modificaciones

CAMPO DE APLICACIÓN

Categorías:

M ₁	M ₂	M ₃	N ₁	N ₂	N ₃	O ₁	O ₂	O ₃	O ₄
SI	SI	SI	SI	SI	SI	NO	NO	NO	NO

ACTOS REGLAMENTARIOS

Sistema afectado	Referencia	Aplicable a:									
		M ₁	M ₂	M ₃	N ₁	N ₂	N ₃	O ₁	O ₂	O ₃	O ₄
Nivel sonoro admisible	70/157/CEE	(2)	(2)	(2)	(2)	(2)	(2)	x	x	x	x
Emisiones	70/220/CEE	(2)	(2)	-	(2)	(2)	-	x	x	x	x
Emisiones (Euro 5 y 6), vehículos ligeros/acceso a la información	Reglamento (CE) Nº 715/2007	(2)	(2)	-	(2)	(2)	-	x	x	x	x
Depósitos de combustible	70/221/CEE	(1)	(1)	(1)	(1)	(1)	(1)	x	x	x	x
Frenado	71/320/CEE	(2)	(2)	(2)	(2)	(2)	(2)	x	x	x	x
Parásitos radioeléctricos (compatibilidad electromagnética)	72/245/CEE	(1)	(1)	(1)	(1)	(1)	(1)	x	x	x	x
Emisiones diésel	88/77/CEE	-	(2)	(2)	(2)	(2)	(2)	x	x	x	X
Neumáticos	92/23/CEE	(1)	(1)	(1)	(1)	(1)	(1)	x	x	x	X
Emisiones (Euro 6) vehículos pesados	Reglamento (CE) Nº 595/2009	-	(2)	(2)	(2)	(2)	(2)	x	x	x	X
Masas y dimensiones (automóviles)	92/21/CEE	(1)	-	-	-	-	-	x	x	x	X
Masas y dimensiones (resto vehículos)	97/27/CE	-	(1)	(1)	(1)	(1)	(1)	x	x	x	X
Seguridad eléctrica (*)	Reglamento CEPE/ONU 100R	(2)	(2)	(2)	(2)	(2)	(2)	x	x	x	x
Equipos especiales para GLP	Reglamento CEPE/ONU 67R	(2)	(2)	(2)	(2)	(2)	(2)	x	x	x	x
Equipos especiales para GNC	Reglamento CEPE/ONU 110R	(2)	(2)	(2)	(2)	(2)	(2)	x	x	x	x
Sistemas especiales de adaptación al GLP o GNC	Reglamento CEPE/ONU 115R	(2)	(2)	(2)	(2)	(2)	(2)	x	x	x	x



MINISTERIO
DE INDUSTRIA, COMERCIO
Y TURISMO

REVISIÓN: 5ª

Fecha: Julio 2019

SECCIÓN: I
GRUPO: 2 (2.11)
Unidad Motriz
Página 1 de 3

MANUAL DE REFORMAS DE VEHÍCULOS
I.- VEHÍCULOS DE CATEGORÍAS M, N y O
Grupo Nº 2. Unidad Motriz
(2.11)

ACTOS REGLAMENTARIOS

Sistema afectado	Referencia	Aplicable a:									
		M ₁	M ₂	M ₃	N ₁	N ₂	N ₃	O ₁	O ₂	O ₃	O ₄
Antirrobo e inmovilizador	74/61/CEE	(2)	(2)	(2)	(2)	(2)	(2)	x	x	x	x
Identificación de los mandos, luces testigo e indicadores	78/316/CEE	(1)	(1)	(1)	(1)	(1)	(1)	x	x	x	x
Mecanismos de dirección	70/311/CEE	(2)	(2)	(2)	(2)	(2)	(2)	x	x	x	x
Dispositivos antihielo y antivaho	78/317/CEE	(2)	-	-	-	-	-	x	x	x	x
Dispositivos limpiaparabrisas y lavaparabrisas	78/318/CEE	(2)	-	-	-	-	-	x	x	x	x
Sistemas de Calefacción	2001/56/CE	(2)	(2)	(2)	(2)	(2)	(2)	x	x	x	x
Resistencia mecánica a la estructura	Reglamento CEPE/ONU 66R	-	(2)	(2)	-	-	-	x	x	x	x

Ver Apartado 4 del preámbulo.

(*):

- Cuando la transformación incluya modificación, adición o cambio de sistema de acumulación de energía recargable, se aplicará el 100R02 o posteriores modificaciones.
- Cuando la transformación no incluya modificación, adición o cambio de sistema de acumulación de energía recargable, se aplicará el 100R02 salvo para aquellos vehículos homologados de tipo de conformidad con el 100R01 y/o vehículos matriculados antes del 15/07/2016 que se aplicará el 100R01.

DOCUMENTACIÓN NECESARIA

Proyecto Técnico	Certificación final de obra	Informe de Conformidad	Certificado del Taller	Documentación adicional
SÍ	SÍ	SÍ	SÍ	NO

- **Proyecto Técnico**
- **Informe de conformidad**

Para la emisión del informe de conformidad será imprescindible que el vehículo transformado disponga de ficha de rescate.

- **Certificado del Taller**

CONJUNTO FUNCIONAL

El titular del vehículo o la persona por él autorizada aportará:

- Copia de la Resolución de la Autoridad de homologación.
- Informe según Anexo II.
- Certificado del taller según Anexo III.

 MINISTERIO DE INDUSTRIA, COMERCIO Y TURISMO	REVISIÓN: 5ª Fecha: Julio 2019	SECCIÓN: I GRUPO: 2 (2.11) Unidad Motriz Página 2 de 3
--	--	---

MANUAL DE REFORMAS DE VEHÍCULOS
I.- VEHÍCULOS DE CATEGORÍAS M, N y O
Grupo Nº 2. Unidad Motriz
(2.11)

INSPECCIÓN ESPECÍFICA.

PUNTOS A VERIFICAR SEGÚN MANUAL DE PROCEDIMIENTO DE INSPECCIÓN DE LAS ESTACIONES ITV (SECCIÓN I)

Capítulo 5. - Emisiones

Capítulo 6. - Frenos

Capítulo 9. - Motor y Transmisión

NORMALIZACIÓN DE LA ANOTACIÓN DE LA REFORMA EN LA TARJETA ITV

___/___/___ Transformación a eléctrico o Híbrido:

Marca: _____

Tipo: _____

Potencia fiscal/real (CVF/kW): _____

Consumo (Wh/km) / Tipo de vehículo eléctrico / Autonomía eléctrica (km): _____

(Firma y sello)

ITV Nº NNNN

INFORMACIÓN ADICIONAL

El campo de aplicación de diésel ligeros o pesados será el establecido en la homologación de tipo del vehículo.

Si esta reforma supone modificación de la potencia máxima, se tramitará además la reforma 2.9.

Los componentes instalados que se encuentren homologados por el Reglamento 67 ó 110, deberán cumplir con la Directiva de compatibilidad electromagnética al nivel indicado en dicho Reglamento, no el que marca el Real Decreto 2028/1986.

Los vehículos que no incorporaban en su construcción original el ESC, podrán ser reformados, aunque la transformación afecte al sistema de frenado, sin el cumplimiento de las exigencias técnicas requeridas en los Reglamentos CEPE/ONU Nº 13 ó 13H para dicho sistema, dado que no es posible técnicamente la incorporación del mismo.

Cuando la transformación afecte al sistema de frenado, los vehículos de categorías M y N que incorporen ESC de serie podrán ser reformados solo cuando, en caso de ser necesaria la adecuada reprogramación del sistema ESC, ésta sea posible.

Para las categorías M2, M3, N1, N2 y N3, sólo se verificará la presencia de dispositivos antihielo y antivaho y limpiaparabrisas y lavaparabrisas adecuados para el vehículo.

Instalación sistema de acumulación de energía recargable (REESS) en el exterior del vehículo deberá cumplir además con el código de reforma 8.52.



MINISTERIO
DE INDUSTRIA, COMERCIO
Y TURISMO

REVISIÓN: 5ª

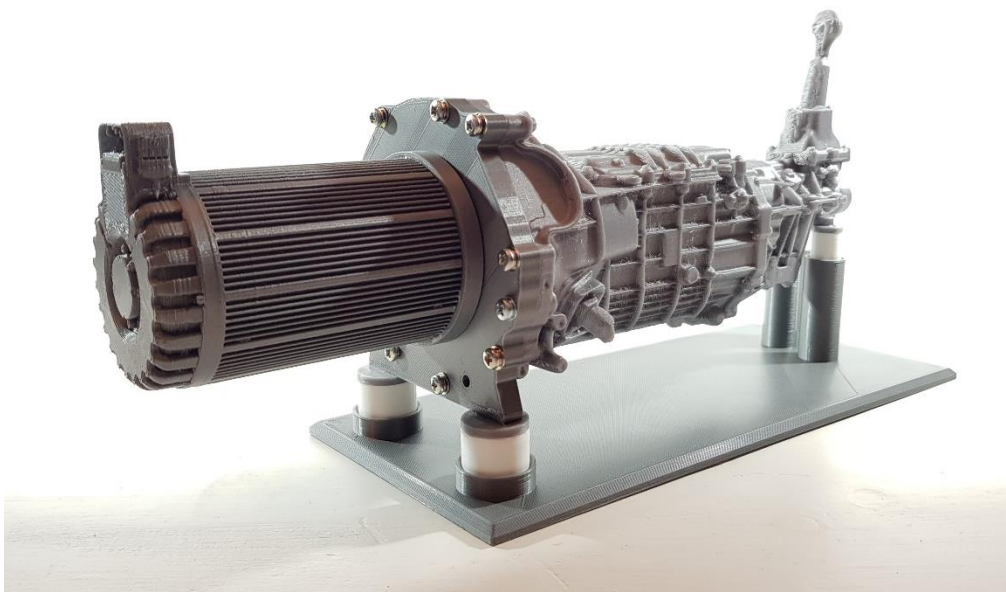
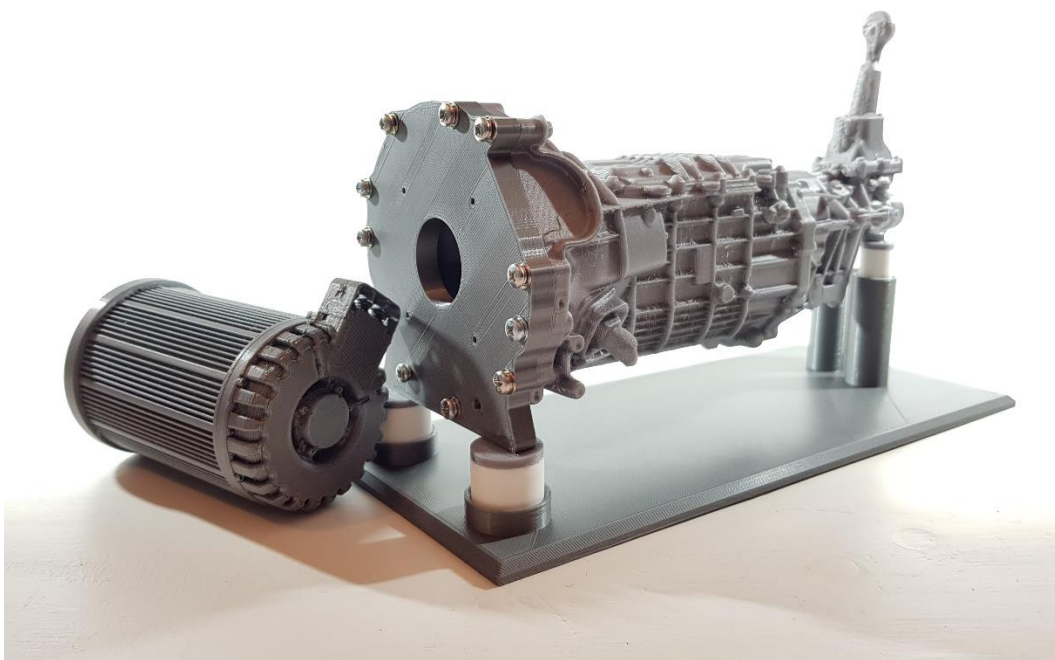
Fecha: Julio 2019

SECCIÓN: I
GRUPO: 2 (2.11)
Unidad Motriz
Página 3 de 3

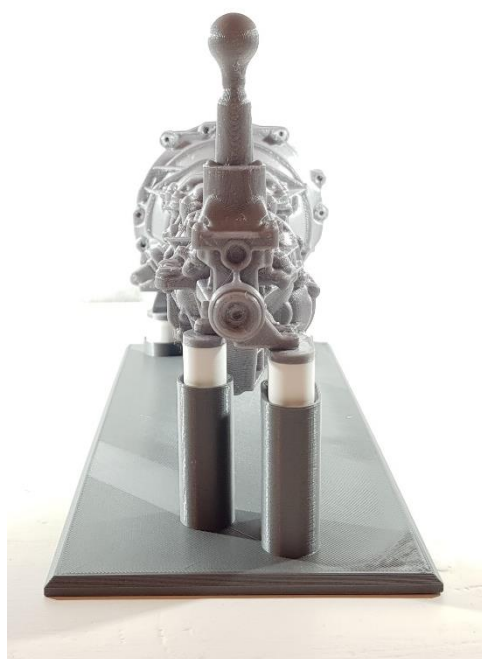
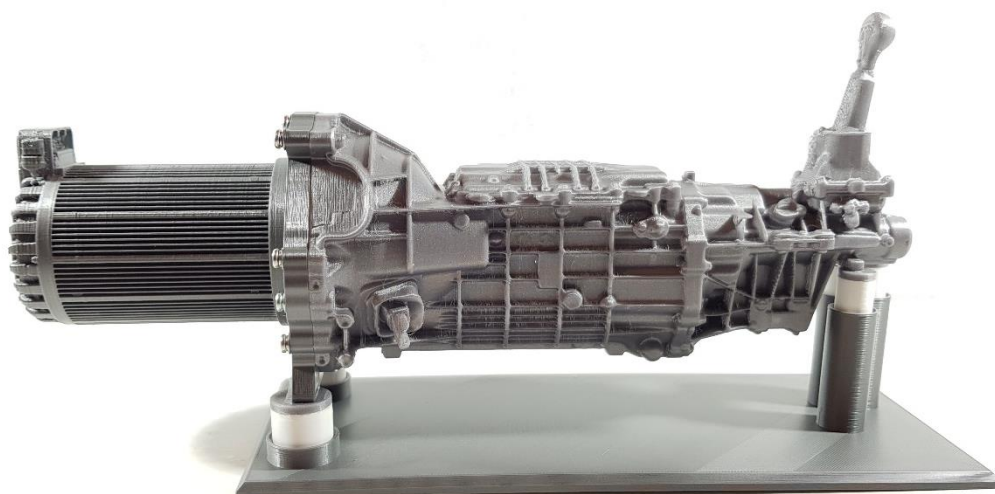
Diseño de los soportes motor y acoples de transmisión para una conversión de Mazda MX5 NB a vehículo eléctrico

ANEXO D: MAQUETA DEL CONJUNTO FINAL

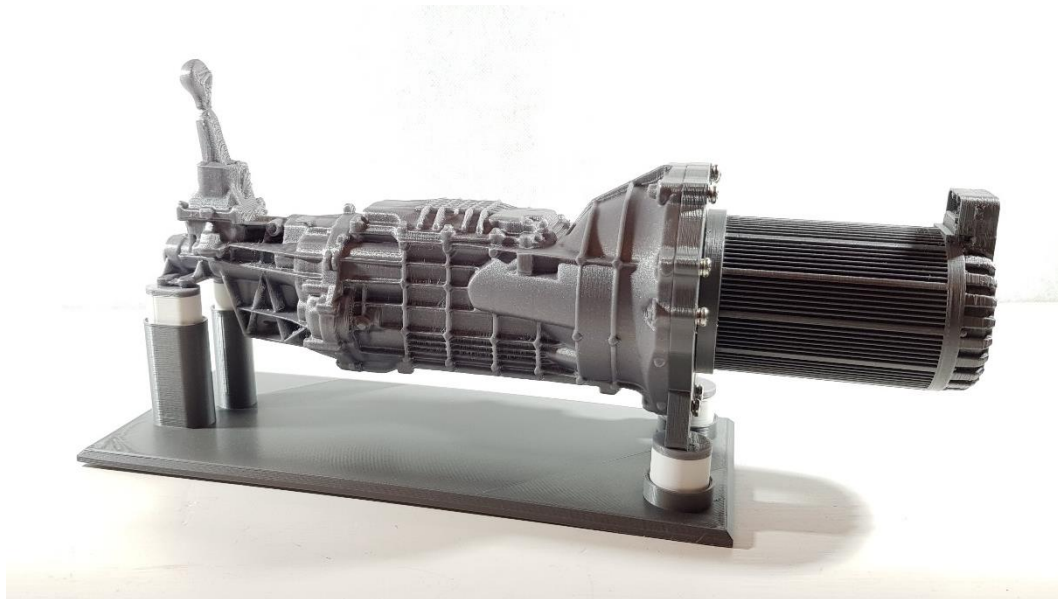
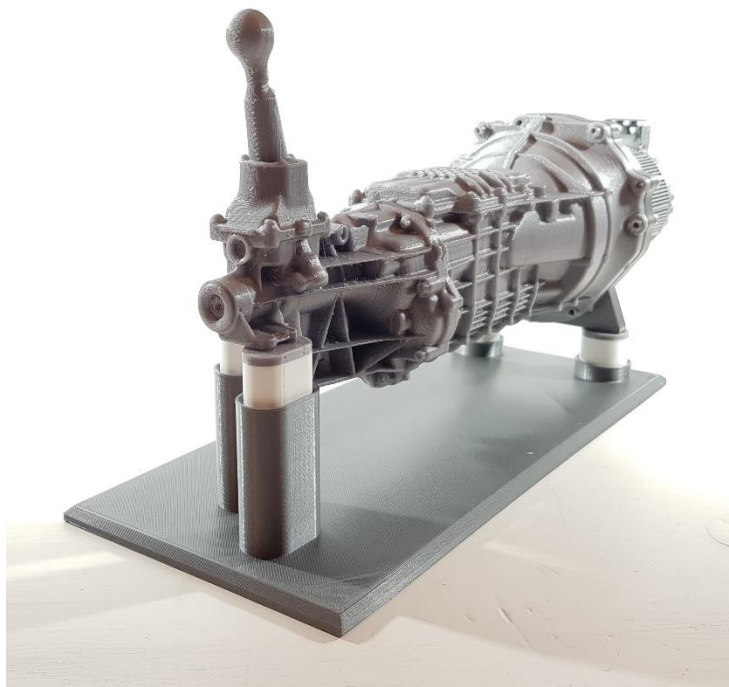
Se ha realizado una maqueta impresa en 3D en diferentes piezas, que se han ensamblado para formar el conjunto diseñado. Las piezas rígidas se han impreso en PLA gris y plata, y el material elastómero de los soportes se ha impreso en Tenaflex blanco, que emula al material flexible del elastómero. La maqueta es completamente desmontable y se ha realizado con fines explicativos de cara a la presentación final del proyecto, de modo que pueda apreciarse mejor la proporción del nuevo motor sobre la caja de cambios y los soportes diseñados para la simulación. El resultado se muestra en las siguientes figuras.



Diseño de los soportes motor y acoples de transmisión para una conversión de Mazda MX5 NB a vehículo eléctrico



Diseño de los soportes motor y acoples de transmisión para una conversión de Mazda MX5 NB a vehículo eléctrico



Diseño de los soportes motor y acoples de transmisión para una conversión de Mazda MX5 NB a vehículo eléctrico