



# MÁSTER UNIVERSITARIO EN INGENIERÍA PARA LA MOVILIDAD Y SEGURIDAD

TRABAJO FIN DE MÁSTER

Preparación de un Vehículo con más de 20 años  
para un Rally Raid.

Autor: Enrique Sánchez Cerviño

Director: Alberto Carnicero

Madrid

Agosto de 2023

Declaro, bajo mi responsabilidad, que el Proyecto presentado con el título

**Preparación de un Vehículo con más de 20 años**

**para un Rally Raid.** en la ETS de Ingeniería - ICAI de la Universidad Pontificia Comillas  
en el

curso académico 2022-2023 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.: Enrique Sánchez Cerviño

Fecha: 30/ 08/ 2023

Autorizada la entrega del proyecto

**EL DIRECTOR DEL PROYECTO**

Fdo.: Alberto Carnicero

Fecha: 31/ 08/ 2023





# MÁSTER UNIVERSITARIO EN INGENIERÍA PARA LA MOVILIDAD Y SEGURIDAD

TRABAJO FIN DE MÁSTER

Preparación de un Vehículo con más de 20 años  
para un Rally Raid.

Autor: Enrique Sánchez Cerviño

Director: Alberto Carnicero

Madrid

Agosto de 2023

## **Agradecimientos:**

En la culminación de este trabajo, quiero expresar mi sincero agradecimiento a aquellos cuya contribución ha sido fundamental para la realización de este proyecto. En primer lugar, a mi compañero de equipo en el rally, Jacobo Zamora, cuya dedicación y esfuerzo compartido han sido un pilar en nuestro camino hacia el éxito.

Asimismo, quiero reconocer y agradecer a Rodrigo Vasserot por su invaluable ayuda y orientación en la preparación del rally. Sus conocimientos y consejos han sido de gran importancia para alcanzar los objetivos planteados.

Extendiendo mi gratitud, no puedo dejar de mencionar a Alejo, quien generosamente me permitió hacer uso de su taller y maquinaria, además de brindar su habilidad en la soldadura de elementos críticos para el vehículo. Su apoyo ha sido esencial en la materialización de las modificaciones necesarias.

Por último, quiero expresar mi reconocimiento a la organización de UniRaid por brindar la plataforma y el entorno propicios para la participación en este rally. Su labor en la planificación y ejecución del evento ha sido fundamental para vivir esta experiencia enriquecedora.



# **PREPARATION OF A VEHICLE OVER 20 YEARS OLD FOR A RALLY RAID.**

**Author: Sánchez Cerviño, Enrique.**

Supervisor: Alberto Carnicero

## **ABSTRACT**

### **Keywords:**

#### **1. Introduction**

Rally, Raid, Modification, Suspension, Protections

#### **2. State of the Art**

Motorsport, Rally, Raid, Modifications, Suspension, lightweight

#### **3. Methodology**

CAD, ANSYS, Manufacturing, Water-cut, Suspension, Engine, Protection.

#### **4. Results**

Testing, Rally, Real competition

The Master's Thesis revolves around the meticulous preparation of a vehicle with over two decades of history to partake in a demanding Rally Raid set in Morocco. Fueled by the engineer's lifelong passion for automotive and motorsport since childhood, the core objective of this Master's Thesis is to elevate and tailor the vintage vehicle's capabilities to conquer the natural and technical challenges characteristic of the rally.

The pivotal goals of this Master's Thesis encompass shielding vital vehicle components through the creation of a bespoke skid plate and the integration of safeguards for critical exhaust points and the fuel tank. Moreover, the endeavor seeks to lighten the vehicle's load by eliminating superfluous components and heighten ground clearance by implementing modifications to the suspension system.

A particularly innovative facet is the design of an automated on-the-go tire inflation and deflation system, thereby facilitating optimal adaptability to diverse terrains. By harnessing technologies like CAD, ANSYS Mechanical Structural, welding, and water cutting, the requisite alterations will be meticulously executed to realize these ambitions.

The Master's Thesis is also situated within the realm of Rally Raid, a discipline characterized by endurance and navigation across heterogeneous terrains. Rigorous vehicle preparation is imperative to meet the trials posed by these competitions. Notable Rally Raid instances like UniRaid and Panda Raid are alluded to, examples that have congregated devotees of classic vehicles and exploration.

# **PREPARACIÓN DE UN VEHÍCULO CON MÁS DE 20 AÑOS PARA UN RALLY RAID.**

**Autor: Sánchez Cerviño, Enrique.**

Director Alberto Carnicero

## **RESUMEN DEL PROYECTO**

**Palabras clave:**

### **1. Introducción**

Rally Raid, Competición, Suspensiones, carter, Modificaciones, Uniraid

### **2. Estado de la técnica**

Rally, Uni Raid, Panda raid, Raid, Competiciones de motor, Modificaciones

### **3. Metodología**

Suspension, fabricación, Corte por agua, CAD, ANSYS, Cubre-carter, Ahorro de peso

### **4. Resultados**

Test, Competición real, rally

El TFM se enfoca en la meticulosa preparación de un vehículo con más de dos décadas de antigüedad para participar en un desafiante Rally Raid en Marruecos. Impulsado por la pasión de un ingeniero apasionado por la automoción y el motorsport desde su infancia, el TFM tiene como objetivo principal mejorar y adaptar el vehículo clásico para enfrentar los desafíos naturales y técnicos del rally.

Los objetivos clave del TFM incluyen la protección de los elementos críticos del vehículo a través de la creación de un cubrecárter personalizado y la implementación de salvaguardias en puntos críticos del sistema. Además, se busca reducir el peso del vehículo eliminando componentes innecesarios y aumentar la altura efectiva del suelo mediante modificaciones en el sistema de suspensión.

Una innovación destacada es la creación de un sistema de hinchado y deshinchado automático de neumáticos en marcha, lo que permitirá una adaptabilidad óptima a diferentes terrenos. A través de tecnologías como CAD, ANSYS Mechanical Structural, soldadura y corte por agua, se llevarán a cabo las modificaciones necesarias para lograr estos objetivos.



## Índice

<b>1. Introducción .....</b>	<b>4</b>
1.1 Motivación .....	4
1.2 Objetivo del Proyecto .....	5
1.3 Resumen de la metodología .....	7
<b>2. Descripción de las tecnologías .....</b>	<b>9</b>
2.1 Diseño Asistido por computadora (CAD) .....	9
2.2 ANSYS Mechanical Structural .....	9
2.3 Maquinaria para la fabricación .....	10
2.3.1 Soldadura TIG .....	10
2.3.2 Corte por agua .....	10
2.3.3 Plegadora .....	11
<b>3. Estado del arte .....</b>	<b>12</b>
<b>4. Objetivos.....</b>	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
<b>5. Desarrollo del Proyecto .....</b>	<b>16</b>
5.1 Protección de elementos críticos .....	16
5.2 Elevación del vehículo .....	20
5.3 Reducción de peso.....	25
5.4 Sistema de hinchado de neumáticos .....	26
<b>6. Análisis de resultados .....</b>	<b>30</b>
<b>7. Conclusión .....</b>	<b>32</b>
<b>8. Bibliografía.....</b>	<b>34</b>
<b>9. ANEXO ODS .....</b>	<b>35</b>

## *Lista de Figuras*

Figure 1: Peugeot 205 en el Dakar Classic 2022 .....	4
Figure 2: Vehículo del Rally terminado .....	8
Figure 3: vehículo en medio de una etapa .....	13
Figure 4: Cubretarter en CAD .....	17
Figure 5: Parte superior del Cubrecarter.....	18
Figure 6: Enganche delantero del cubrecarter .....	18
Figure 7: Prueba de cubrecarter en el vehículo .....	19
Figure 8: Cubrecarter terminado.....	19
Figure 9: Refuerzo de escape.....	20
Figure 10: Suspensión de Mc Pherson .....	20
Figure 11: Taco de suspensión en CAD .....	21
Figure 12: Malla del taco de suspensión .....	21
Figure 13: Condiciones de contorno.....	23
Figure 14: Resultados Ansys .....	23
Figure 15: Resultados Ansys .....	24
Figure 16: Archivo DXF para el corte por agua.....	25
Figure 17: Taco de suspensión .....	25
Figure 18: Vaciado del interior del vehículo .....	26
Figure 19: Diagrama del circuito de presiones .....	27
Figure 20: Compresor.....	28
Figure 21: Pieza Rodoar .....	29
Figure 22: Coche terminado .....	31
Figure 23: Final del Rally .....	32
Figure 24: Etapa maratón en Merzouga, Marruecos .....	33





# 1. INTRODUCCIÓN

## 1.1 *MOTIVACIÓN*

La elección de emprender la realización de mi Trabajo de Fin de Máster centrado en la preparación de un vehículo con más de 20 años de antigüedad para un desafiante Rally Raid a través de Marruecos surge de una pasión arraigada en mí desde temprana edad por la automoción y el motorsport.



*Figure 1: Peugeot 205 en el Dakar Classic 2022*

Como ingeniero, he seguido con dedicación y fervor el desarrollo de la industria automotriz y la emocionante competición en el mundo de las carreras. Mi formación académica en un máster centrado en automoción y seguridad ha nutrido mi comprensión de la importancia crítica de la innovación y la seguridad en este ámbito. Este proyecto representa no solo un

desafío técnico y logístico, sino también una oportunidad de fusionar mis conocimientos adquiridos con mi aspiración personal de incursionar en el campo del motorsport.

A través de este TFM, aspiro a materializar mi sueño de contribuir al mundo de las carreras y, en última instancia, trazar una trayectoria profesional dedicada al apasionante universo del motorsport.

Los objetivos y tareas de este TFM se centran en la preparación minuciosa de un vehículo con más de veinte años de antigüedad para participar en un Rally Raid en Marruecos. El ingeniero, enfocado en el motorsport, busca fusionar su vocación con la realización de este proyecto.

## ***1.2 OBJETIVO DEL PROYECTO***

1. **Protección de elementos críticos:** Uno de los primeros pilares en esta empresa es la concepción y creación de un cubrecárter a la medida, hábilmente diseñado para salvaguardar de manera integral los componentes esenciales del vehículo, y, más aún, para conferir una capa de protección al radiador. Complementando este esfuerzo, la meticulosa realización de soldaduras en puntos críticos del sistema de escape se amalgama con la creación de una salvaguarda dedicada para el depósito de combustible. Estas medidas estratégicas no solamente amplían la longevidad del vehículo ante obstáculos, sino que también refuerzan la garantía de seguridad inherente.

2. **Reducción de peso:** La rigurosa labor de reducir el peso del vehículo, mediante la destilación de materiales y componentes innecesarios que no añaden valor a su funcionamiento esencial, personifica la premisa fundamental de la eficiencia. Este esfuerzo

se traduce, en última instancia, en una mejora apreciable de la agilidad y capacidad de respuesta del vehículo, características cruciales en el contexto riguroso de un Rally Raid.

**3. Elevación de altura efectiva del suelo:** La ejecución de una modificación del sistema de suspensión del coche, encaminada a ampliar de manera discernible la distancia al suelo, emana como un objetivo vital. Este cometido involucra un proceso de diseño ingenieril que implica, de manera inherente, la incorporación de elementos reforzados en la suspensión, con la finalidad de conferirle la capacidad de soportar cargas más considerables. Esta optimización técnica no solo optimiza la maniobrabilidad en terrenos irregulares, sino que también solidifica la integridad y seguridad del conjunto.

**4. Sistema de variación de presiones en marcha:** Un hito destacado en el plano de los objetivos es la concepción y producción de un sistema de hinchado y deshinchado automático de los neumáticos durante la marcha. Esta propuesta exige la creación de bujes con propiedades excepcionales que faciliten el flujo de aire. La concreción de este sistema se proyecta como una contribución emblemática a la adaptabilidad del vehículo ante una variedad de terrenos. Este objetivo se dejará a manos del presupuesto y el tiempo, antes de comenzar el diseño y producción, ya que, a pesar de ser una ventaja en el desierto, al no ser etapas de velocidad, este ahorro de tiempo no supone una mejora sustancial.

### **1.3 RESUMEN DE LA METODOLOGÍA**

A continuación, se describe detalladamente la metodología que se aplicará para alcanzar los objetivos planteados en este Trabajo de Fin de Máster:

#### **1. Investigación**

Se llevará a cabo una exhaustiva revisión de literatura y estudio de fuentes especializadas para adquirir un entendimiento profundo de los requisitos específicos de los vehículos en competencias de Rally Raid y las particularidades de las travesías en Marruecos. Esto abarcará regulaciones técnicas, estándares de seguridad y características geográficas del terreno.

#### **2. Diseño y Planificación**

La fase de diseño se sustentará en las bases establecidas por la investigación previa. A través del uso de herramientas avanzadas de modelado y CAD, se plasmarán las modificaciones requeridas en los componentes del vehículo. Este proceso permitirá un enfoque calculado y preciso en la concepción de las soluciones.

#### **3. Evaluación de Materiales y Componentes**

Con el diseño en su etapa preliminar, se procederá a evaluar cuidadosamente la selección de materiales y componentes para garantizar una construcción robusta y liviana. La elección de materiales duraderos, pero de bajo peso será esencial para mantener la integridad estructural del vehículo y optimizar su rendimiento en condiciones adversas.

#### **4. Implementación y Modificación**

La implementación de las modificaciones diseñadas será realizada con minuciosidad. Expertos en ingeniería automotriz llevarán a cabo las adecuaciones en consonancia con el

diseño, empleando técnicas de fabricación y modificación precisas y de alta calidad para asegurar la coherencia con los objetivos planteados.

## **5. Pruebas en Entornos Controlados**

Antes de enfrentar el desafío del Rally Raid en Marruecos, se ejecutarán pruebas exhaustivas en entornos controlados. Esto incluirá simulaciones de terrenos característicos y condiciones extremas para evaluar el desempeño de las modificaciones bajo variados escenarios.

## **6. Conclusiones y Perspectivas Futuras**

A partir de los resultados obtenidos y su análisis detallado, se extraerán conclusiones sólidas acerca de la efectividad de las modificaciones realizadas. Además, se proporcionarán recomendaciones para mejoras y refinamientos futuros, con el objetivo de continuar optimizando el desempeño del vehículo en futuras competencias de Rally Raid.



*Figure 2: Vehículo del Rally terminado*

## **2. DESCRIPCIÓN DE LAS TECNOLOGÍAS**

Para la realización de este proyecto se utilizarán distintos recursos y tecnologías de diseño y fabricación con las cuales se podrán obtener unos resultados satisfactorios para todas las piezas y modificaciones que se realicen en el coche en cuestión. A continuación, se exponen los recursos y tecnologías que mas destacan en este trabajo:

### **2.1 *DISEÑO ASISTIDO POR COMPUTADORA.***

La tecnología de Diseño Asistido por Computadora (CAD) se erige como un recurso esencial en la concepción y refinamiento de las modificaciones. Mediante el uso de software especializado en modelado tridimensional, se logrará visualizar con precisión cada detalle de las soluciones de diseño propuestas. Esto permitirá a los ingenieros explorar virtualmente diversas alternativas, optimizando los diseños antes de su implementación y asegurando la coherencia con los objetivos trazados.

Esta herramienta se utilizará para el diseño de las piezas a fabricar, ya sea el cubre carter, discos de la suspensión y un posible añadido al buje.

### **2.2 *ANSYS MECHANICAL STRUCTURAL***

La plataforma ANSYS Mechanical Structural desempeñará un papel crucial en la fase de análisis y evaluación. Gracias a simulaciones avanzadas basadas en el método de elementos finitos, los ingenieros podrán modelar con alta precisión las cargas, tensiones y deformaciones que los componentes modificados experimentarán durante el Rally Raid. Esta tecnología permitirá una evaluación detallada de la resistencia estructural, brindando información clave para la toma de decisiones y la optimización de los diseños.

Estas simulaciones serán aproximaciones para asegurar la integridad de las piezas. Debido a las dificultades de encontrar unos esfuerzos a los que se va a llevar la piezas en las etapas de han tomado unos altos esfuerzos para asegurar su integridad.

## **2.3 MAQUINARIA PARA LA FABRICACIÓN**

### **2.3.1 SOLDADURA TIG**

La soldadura se presentará como una técnica fundamental en la unión de los tacos de suspensión reforzados al chasis del vehículo. Se recurrirá a técnicas avanzadas de soldadura, como la soldadura por arco con gas inerte (TIG), que asegura una fusión precisa y resistente entre los materiales. La aplicación experta de esta tecnología garantizará la integridad estructural y la durabilidad de las modificaciones de suspensión.

Los discos para la elevación de la suspensión se soldarán, pero debido a la inexperiencia de soldar y no disponer del material ni infraestructura para soldar, esto se externalizará a un taller.

### **2.3.2 CORTE POR AGUA**

El proceso de corte por agua a alta presión, conocido como waterjet, será empleado para la confección precisa de las piezas de metal requeridas en las modificaciones. Esta tecnología se destaca por su capacidad para lograr cortes precisos y de alta calidad en diversos materiales metálicos. Gracias a su versatilidad, se obtendrán componentes exactos y adaptados a los diseños, optimizando el ajuste y la funcionalidad.

Todas las piezas de chapa ya sean refuerzos, cubrecarter o discos de la suspensión se cortarán mediante este método, para crear las formas exactas requeridas.

### **2.3.3 PLEGADORA**

La plegadora de chapa manual se presentará como una herramienta esencial en la etapa de conformación y modificación de las láminas metálicas. Esta tecnología permitirá el doblado preciso de las piezas, asegurando que se ajusten perfectamente al diseño y a las especificaciones. La manipulación controlada y experta de la plegadora garantizará la obtención de componentes que se integren de manera armónica con el conjunto.

A su vez que los anteriores métodos se externalizara a un externo debido a la imposibilidad de plegar grandes grosores de chapa con los recursos universitarios o debido a los tiempos requeridos por el rally.

### 3. ESTADO DEL ARTE

La última década ha sido testigo de un florecimiento significativo en las disciplinas de rally, con su proliferación tomando forma alrededor del año 2010 y experimentando un crecimiento sostenido y exponencial. De manera destacada, emergen dos eventos de rally que capturan la atención por su singularidad y enfoque: el UniRaid y el Panda Raid. Cada uno de estos rallies encarna una perspectiva particular en términos de solidaridad y profesionalismo, incidiendo en la configuración actual de las competencias off-road.

**UniRaid:** Con sus raíces en 2010, el rally UniRaid se erige como una manifestación con doble propósito: la competición y la solidaridad. La fundación de este evento es atribuida a la asociación UniRaid, compuesta por antiguos estudiantes universitarios de diversas disciplinas. Su misión primordial abarca la fusión armoniosa de la pasión competitiva con la responsabilidad social, promoviendo la ayuda humanitaria y la preservación medioambiental.

El transcurso del rally se despliega a lo largo de varios días, trazando un itinerario intrincado por los paisajes diversos de Marruecos. Los desafíos abarcan desde las vastedades del desierto del Sahara hasta las majestuosas cumbres del Atlas. Al volante de vehículos todoterreno, generalmente con una antigüedad que supera las dos décadas, los competidores se someten a etapas rigurosas y pruebas exigentes que evalúan su capacidad de navegación y resistencia ante los terrenos cambiantes.

**Panda Raid:** En paralelo, el Panda Raid ha labrado su lugar como un evento de singular relevancia desde 2010, resaltando por su devoción a los clásicos y a la aventura. Concebido por la empresa española Siroko, especializada en accesorios y gafas de sol, este rally anual en Marruecos aspira a brindar una experiencia insólita a los entusiastas de los automóviles clásicos.

El nombre del rally encuentra inspiración en el icónico vehículo Fiat Panda, el cual asume el rol protagónico del evento. Los participantes navegan en versiones clásicas del Fiat Panda, en su mayoría manufacturadas hace más de dos décadas, desafiando un trayecto intrépido a través del desierto marroquí. Aunque la ruta se reinventa anualmente, la constante es la oferta de paisajes cautivadores y desafíos técnicos que ponen a prueba la astucia de navegación y la capacidad de resistencia de los equipos participantes.

El entorno de los rallies no ha sido inmune a los vientos de cambio que caracterizan el siglo XXI. En los últimos cinco años, ha surgido un variopinto espectro de disciplinas análogas, abarcando tanto el ámbito amateur como el profesional. Ejemplos de estas disciplinas incluyen Dust Race o Chatarras Race, que promueven una experiencia de competición accesible a una amplia audiencia, y en el plano profesional, se destaca el Dakar Clásico, donde la esencia del rally se mantiene viva.



*Figure 3: vehículo en medio de una etapa*

En el ámbito de las modificaciones vehiculares, se pone de manifiesto la existencia de requisitos mínimos impuestos por las competiciones, cuya intensidad varía en función del

nivel de profesionalismo. Para los rallies ejemplificados, como el UniRaid y el Panda Raid, los requerimientos mínimos reflejan una simplicidad relativa, destacando la instalación de un cubrecarter y la adopción de neumáticos off-road. No obstante, en aras de un enfoque más profundo y de una participación sostenida en múltiples competencias, la preparación o transformación completa del vehículo adquiere un matiz imperativo.

La implementación de un cubrecarter resulta esencial para preservar la integridad del bloque motor, brindando protección integral. Al mismo tiempo, las adaptaciones en la suspensión se tornan cruciales para obtener una altura al suelo efectiva, habilitando la navegación fluida en terrenos heterogéneos. La incorporación de componentes robustos y salvaguardas para elementos críticos, tales como el sistema de escape y el depósito de combustible, se convierte en una recomendación ineludible.

El factor distintivo de la reducción de peso adquiere prominencia en vehículos de competición, ya que incide en el rendimiento global y en la capacidad de afrontar terrenos desafiantes. La manipulación de la presión de los neumáticos se revela como un componente esencial, permitiendo una adaptación dinámica a las condiciones cambiantes del terreno. En consecuencia, la creación de sistemas automáticos de control de presión, originados en prestigiosas competiciones como el Dakar, se posiciona como una práctica estándar y valorada.

Estas son modificaciones obligadas o recomendadas en este tipo de rallies. A su vez dependiendo del presupuesto las modificaciones se van profesionalizando. Existen categorías de Rallies clásicos como el Dakar que es totalmente profesional exigiendo máxima seguridad y homologaciones en materia de Jaula antivuelco, frenos, motor o suspensiones especializadas.

Desde la proliferación de estas categorías, existen empresas de recambios originales o fabricantes de piezas con las mismas categorías para asegurar la integridad de estos vehículos y la posibilidad de contar con recambios. Una empresa a destacar es AutoDoc con recambios

nuevos para todo tipo de vehículo, ya no se depende de desguace ni piezas de segunda mano que siempre se corren más riesgos y más si es una piza con la que se busca rendimiento.

En síntesis, el panorama contemporáneo de las disciplinas de rally atestigua una evolución palpable y una oferta enriquecida de eventos innovadores. Los rallies emblemáticos, como el UniRaid y el Panda Raid, han trascendido la mera competición, convirtiéndose en vehículos para la promoción de valores humanitarios y la celebración de la aventura. Más allá de los desafíos competitivos, estos eventos inspiran el diseño y la aplicación de modificaciones vehiculares especializadas, forjando un equilibrio armonioso entre la tradición y la vanguardia en la era moderna del rally.

## **4. DESARROLLO DEL PROYECTO**

### **4.1 PROTECCIÓN DE ELEMENTOS CRÍTICOS**

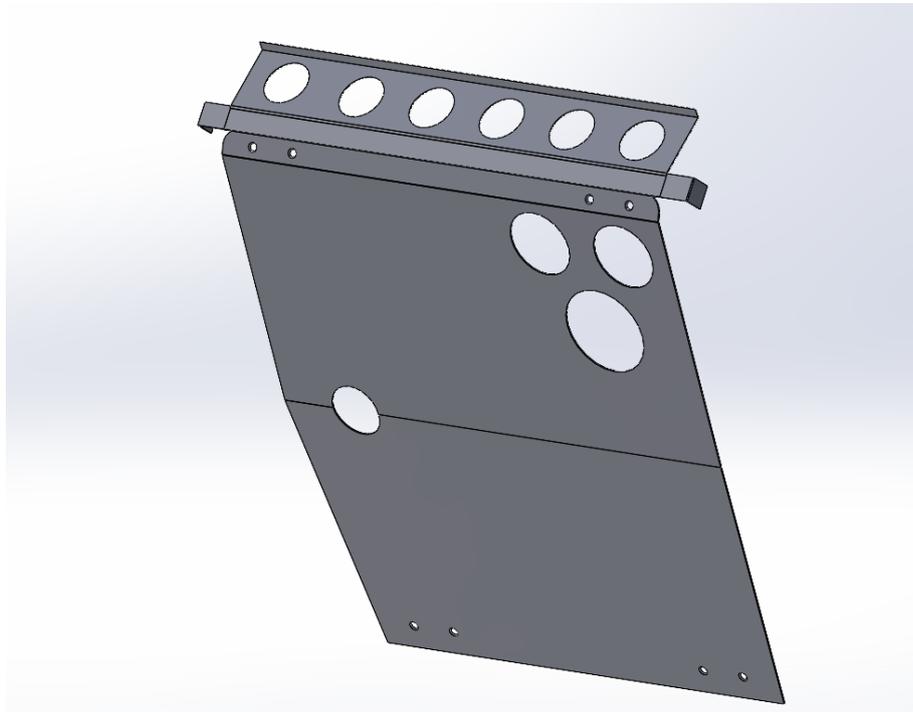
Esta sección se basa en la protección por medio del diseño y fabricación de piezas externas de todos los elementos críticos del coche, por los cuales el vehículo puede sufrir una avería que no permita continuar la etapa o el rally. Estas averías se presuponen al ser un rally raid que vendrán dadas por algún tipo de impacto con agentes externos, como pueden ser piedras socavones, o por interferencias con el terreno como entrada de polvo, arena en circuitos importantes.

Como primera medida se cambiarán todos los manguitos del circuito del motor para no tener ninguno cuarteado, de manera que no haya perdidas y se proteja el circuito del polvo.

A su vez el circuito de frenos fue cambiado por la misma razón y las zonas cercanas a la rueda, se modificaron los manguitos originales a unos más largos y reforzados para aguar un posible impacto o enganche.

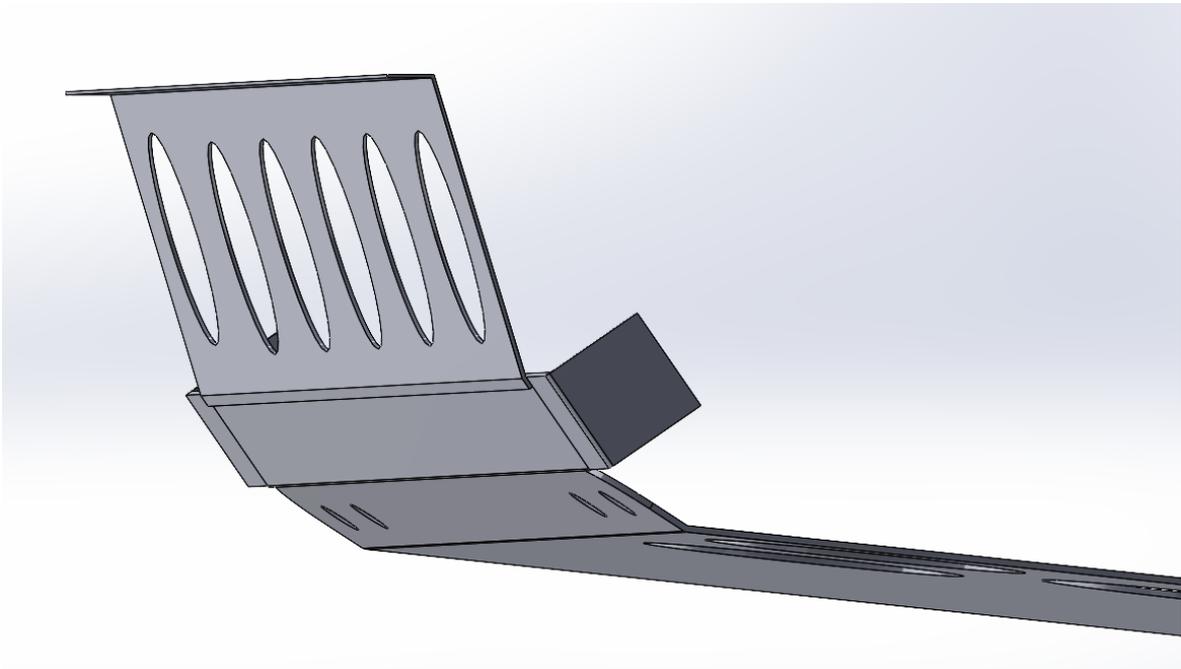
Por otro lado, los elementos a proteger por normativa son el cárter, radiador y se recomienda proteger el depósito y el escape.

Para la protección del motor y radiador se exige un cubre cárter de 3mm de grosor mínimo de Acero. Al no poseer planos o medidas del vehículo se decidió tomar las medidas a mano levantando el vehículo. Posteriormente tras levantarlo y ver las zonas donde se podía enganchar el cubre-carter se procedió al diseño en CAD de la pieza.



*Figure 4: Cubretarter en CAD*

Como se puede ver en la fotografía dispone de 8 orificios para tornillos avellanados de M12 que enganchan la chapa de 12mm. A su vez se ha extendido la protección como se puede observar en la siguiente fotografía de una chapa de 1,5mm para cubrir el radiador.



*Figure 5: Parte superior del Cubrecarter*

A su vez se soldará un perfil como se puede observar en la imagen para sujetar la parte delantera del cubre Carter al chasis, debido a la imposibilidad de acceder a otro tipo de enganche más sencillo que permitan el montaje y desmontaje del sistema.



*Figure 6: Enganche delantero del cubrecarter*

La fabricación del cubre Carter fue externalizada, de manera que se obtuvo la forma de la plancha con los agujeros mediante corte por láser. Por otro lado, se realizó un plano sencillo



**COMILLAS**  
UNIVERSIDAD PONTIFICIA

**UNIVERSIDAD PONTIFICIA COMILLAS**  
ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR DE INGENIERÍA (ICAI)  
MÁSTER UNIVERSITARIO EN INGENIERÍA PARA LA MOVILIDAD Y SEGURIDAD

ICAI ICADE CIHS

*DESARROLLO DEL PROYECTO*

con el que indicar a la empresa los ángulos requeridos de la chapa. A su vez se adjuntó el archivo .step como requerían la empresa externa.



*Figure 7: Prueba de cubrecarter en el vehículo*



*Figure 8: Cubrecarter terminado*

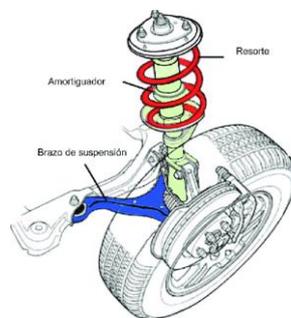
A su vez se han realizado otro tipo de protecciones en el escape, estas no están ensayadas, simplemente se realizaron trabajos de refuerzo con chapa soldada en los enganches del tubo de escape para reforzar su integridad en el coche.



*Figure 9: Refuerzo de escape*

## **4.2 ELEVACIÓN DEL VEHÍCULO**

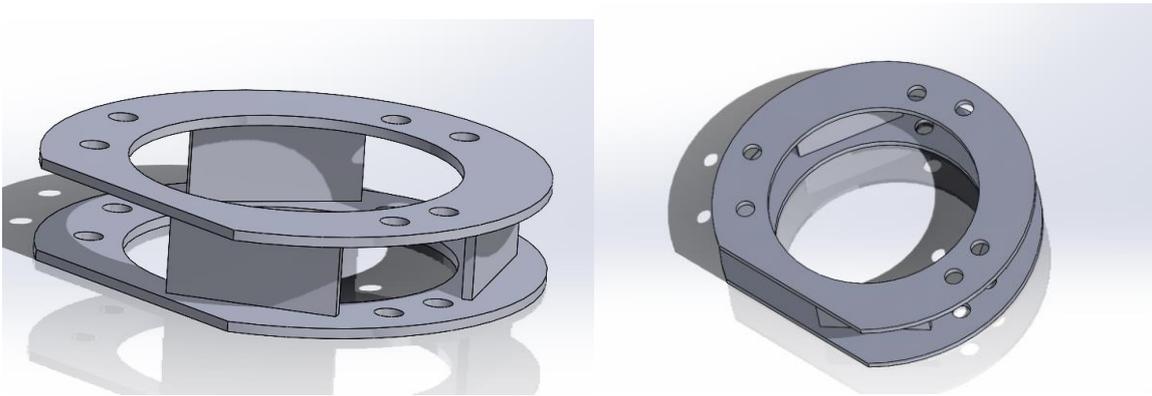
Como medida de protección pasiva, antes de los elementos mencionados y diseñados en el apartado anterior, la elevación el vehículo permite rodar y pasar a mayores velocidades sin correr el peligro de impacto o de rotura de elementos críticos. A su vez permiten el paso del coche por trialeras más complicadas.



*Figure 10: Suspensión de Mc Pherson*

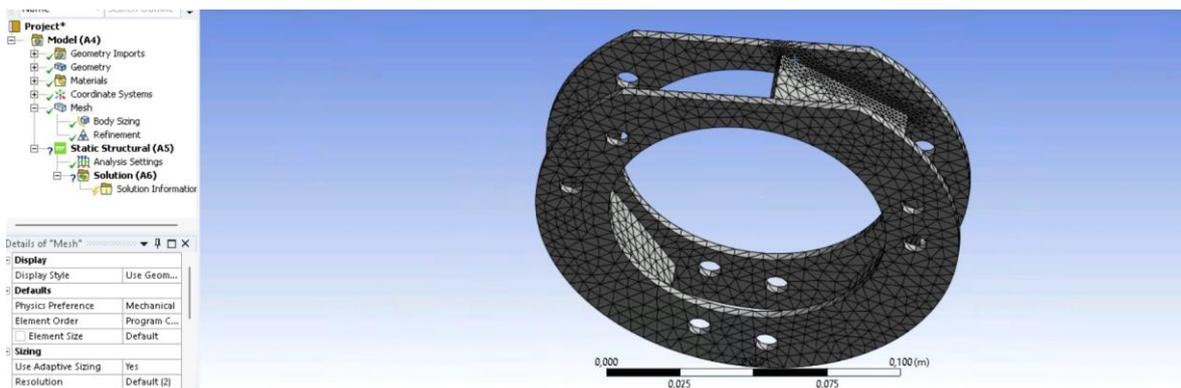
La suspensión delantera se trata de una suspensión Mc Pherson, por lo que para subir esta suspensión se dispone a crear una separación entre la unión superior del amortiguador al chasis. Esta separación se realizará mediante unos tacos de chapa de acero soldados. El espesor conseguido será el máximo que permita la elevación del vehículo sin que el eje o los palieres corran peligro de salirse en el momento de máxima extensión de la suspensión.

El diseño de los disco es el siguiente. Tienen la forma y agujeros iguales que el enganche de la suspensión para que encajen. A su vez se diseñan un pletinas que los separen 30mm que es lo máximo que se puede subir el vehículo con este método. El máximo de 30 mm lo determinan los palieres, ya que más altura supondría que habría que alargar estos por peligro de que se salgan.



*Figure 11: Taco de suspensión en CAD*

A su vez se ensaya en ANSYS para ver que las pletinas aguanten los esfuerzos requeridos a compresión:



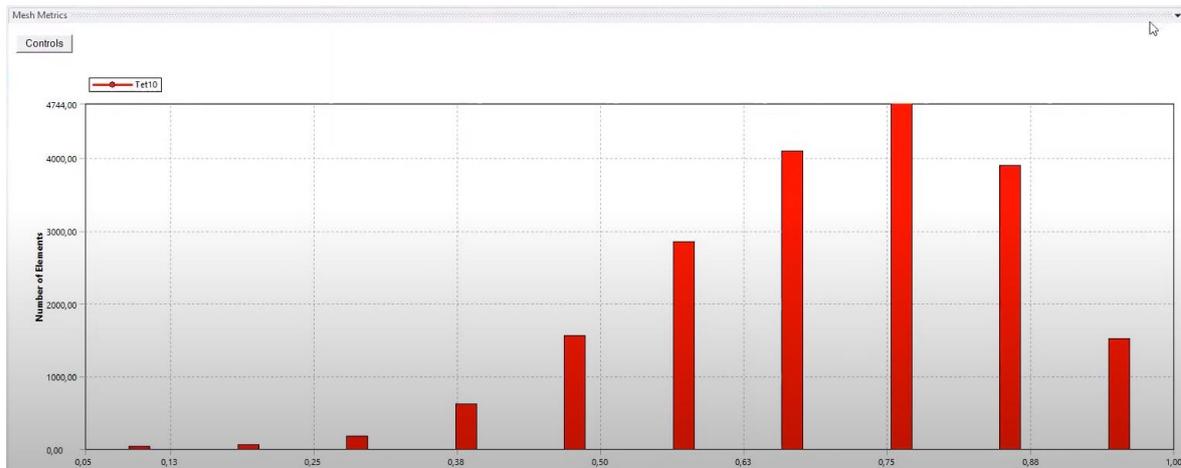
*Figure 12: Malla del taco de suspensión*

Se observa la malla utilizada. Es una malla generada por defecto. A esta se le modificaron las uniones soldadas con las pletinas. Se les ha realizado un refinamiento de 2 niveles para



tener unos resultados más fiables en las zonas más críticos. A su vez se estableció un tamaño máximo de malla de 5 mm.

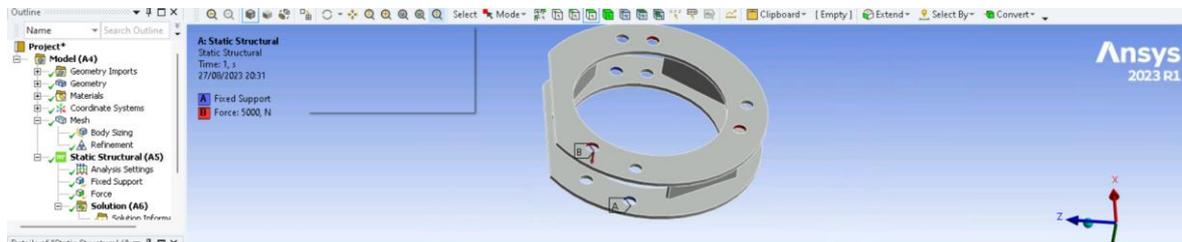
La calidad de la malla es considerablemente alta, estando la mayor por encima de un 0.75 de calidad:



*Figure 13: Calidad Malla*

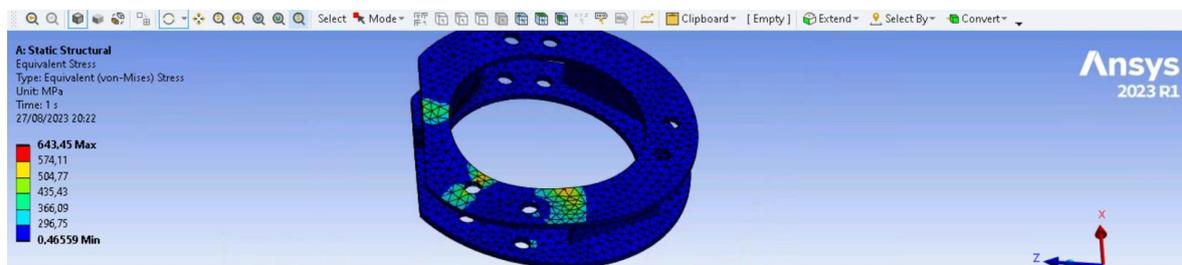
Las condiciones de contorno, se impone en los agujeros utilizó para atornillar al chasis una condición de soporte rígido fijo sin grado de libertad. A su vez los agujeros que irán unidos a la suspensión, al soporte del muelle se le establece las posiciones por donde sufrirá todos los esfuerzos y fuerzas de compresión.

Debido a no tener datos técnicos de las especificaciones de suspensión que tiene el vehículo como puede ser la contante de amortiguación del muelle o el recorrido de la amortiguación, no se puede tener una fuerza estimada que puede sufrir en funcionamiento dinámico el soporte. Para conseguir ensayarlo de alguna manera se ha decidido, calcular su punto de rotura y ver el valor que es.



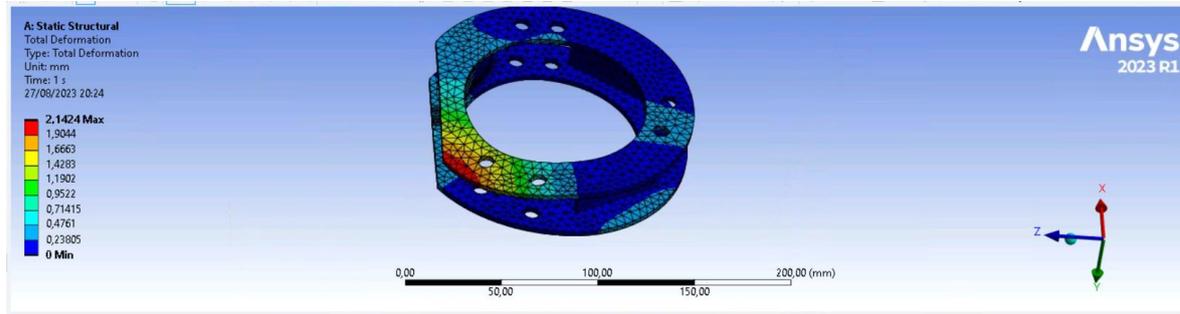
*Figure 14: Condiciones de contorno*

Se ha ensayado a rotura el material, de manera que se pueda ver los esfuerzos máximos que podrá aguantar el taco:



*Figure 15: Resultados Ansys*

Se puede observar que unas fuerzas de compresión de 5000 N, el disco queda al límite de la tensión de rotura de S275 de 410 Mpa, los valores superiores a eso se consideran despreciables ya que como se observa aparecen en las esquinas o uniones. A su vez, la deformación total es de 2mm, se puede considerar un valor alto, pero se ha ensayado de la manera mas critica posible ya que en la realidad como se puede observar en las fotografías a pesar de estar unido por los tornillos, el disco está en contacto en su totalidad con la suspensión y el chasis, por lo que en un esfuerzo puerto los esfuerzos no se concentraran tanto.



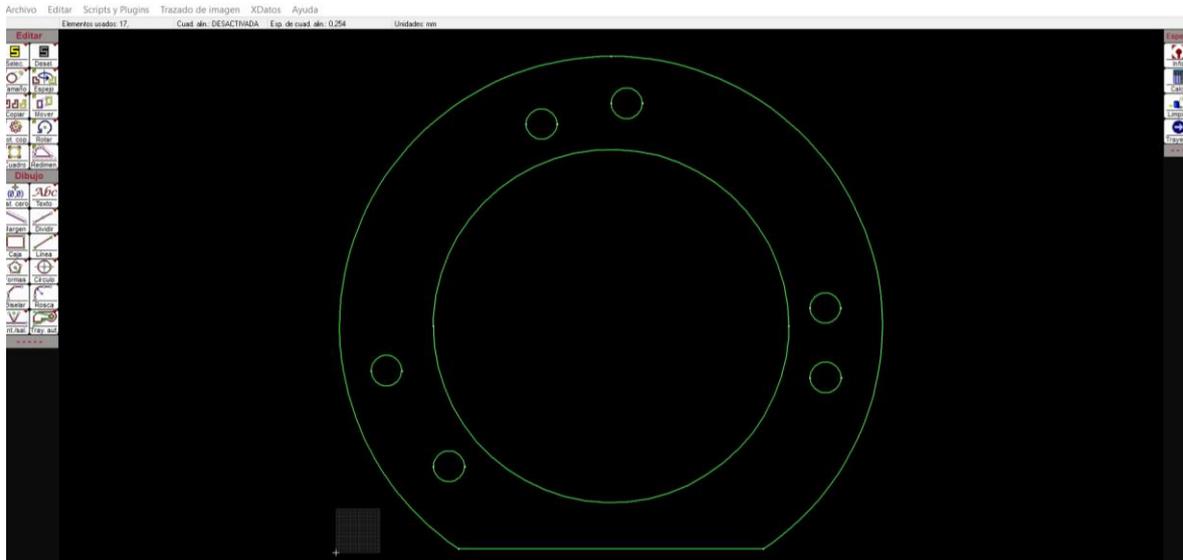
*Figure 16: Resultados Ansys*

Con esto, teniendo en cuenta que el peso total del vehículo con la reducción de peso se estima en 1000kg, teniendo en cuenta una distribución estándar de peso de 60% de peso en el tren delantero, son 300 kg por rueda. Esto supone que el disco en el ensayo más crítico que solo este en contacto con los tornillos aguanta un 66% el peso nominal al que está sometido.

No se ha ensayado a flexión debido a que un esfuerzo a flexión en una suspensión de este tipo, MC Pherson, el esfuerzo se lo lleva el trapecio interior, el esfuerzo a flexión que vería el taco sería mínimo. En caso de rotura del taco también habría una rotura del trapecio, por lo que el problema quedaría oculto por el trapecio.

Por otro lado, la parte trasera al tratarse de una suspensión de barras de torsión, con cambiar la posición de este a la más blanda, se levantó el vehículo. También se cambiaron los neumáticos de 13 a 14 pulgadas para elevar más el vehículo.

Para la fabricación de los tacos de acero, se cortará por láser chapa de acero S275 por láser y posteriormente será soldado con método TIG.



*Figure 17: Archivo DXF para el corte por agua*

Se adjunta en el anexo el plano de soldadura con las posiciones de las pletinas.



*Figure 18: Taco de suspensión*

### **4.3 REDUCCIÓN DE PESO**

La reducción de peso es intrínseca del motorsport, se genera más rendimiento, al tener un ratio mejor de potencia peso. A su vez el vehículo genera menos inercias en curva y como



ultima consecuencia que beneficia el este tipo de competición, al tener menos peso el vehículo se eleva más.

No se realizó por imposibilidad de recursos un estudio de la masa reducida del vehículo, pero como se observa en la fotografía, todo elemento sin función aparente quedo fuera del vehículo. El interior se reducía a los asientos y salpicadero con la nueva electrónica modificada del vehículo.

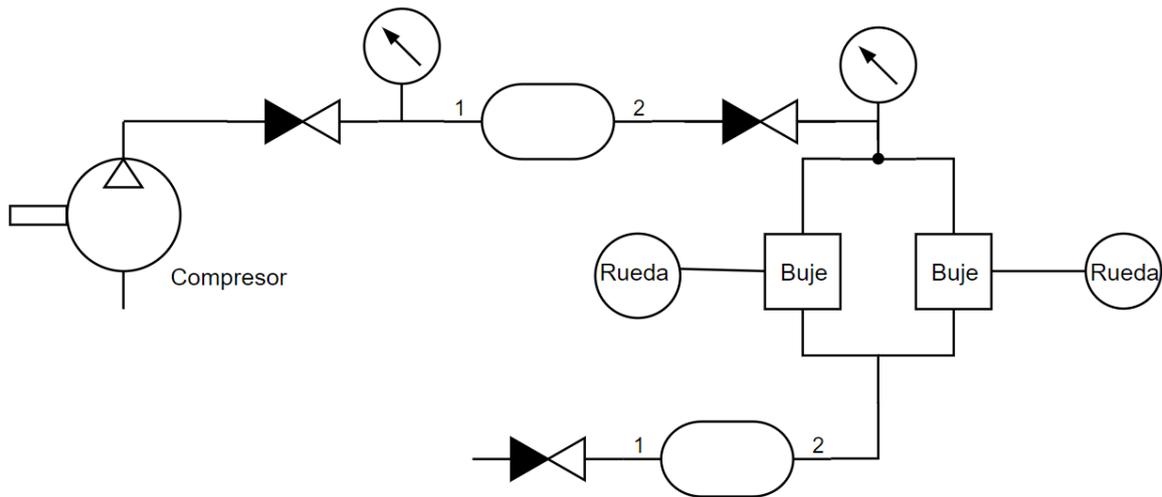


*Figure 19: Vaciado del interior del vehículo*

#### **4.4 SISTEMA DE HINCHADO DE NEUMÁTICOS**

En un rally raid, donde los terrenos por donde se transita son totalmente antagónicos, de arena fina o dunas, barro o trialeras de piedras pequeñas y cortantes. Todas estas distintas superficies requieren de una presión de neumático distintas para evitar atascos o pinchazos que retrasen u obliguen a una retirada.

Un sistema que permita el hinchado y deshinchado en marcha es una ventaja competitiva ya que no obliga a pararse a cambiar las presiones. A su vez aumenta el control de las presiones en caso de notar un pinchazo, se puede activar el sistema para suplir la pérdida de presiones.



*Figure 20: Diagrama del circuito de presiones*

En el contexto de este proyecto, se implementa un sistema basado en un compresor de 12V alojado en el interior del vehículo. Este compresor se complementa con acumuladores, lo que resulta en una configuración análoga a la de un compresor convencional. Dentro de esta disposición, se incorporan elementos sencillos en forma de grifos o pasadores, que desempeñan funciones clave. Un grifo se utiliza para la inflación del neumático, mientras que otro cumple la función de liberar el aire de este.

El compresor elegido, es un compresor sin depósito ya que el sistema va a contar con depósito externo, de 12V. Con una presión máxima de salida de 10,5 Bar y un caudal máximo de 70L/min. La elección del compresor se decidió por precio y no por caudal máximo, ya que para eso se instalaron los depósitos auxiliares.



*Figure 21: Compresor*

La conducción de aire se logra mediante el uso de tubos específicos utilizados comúnmente en sistemas hidráulicos. Estos tubos están fácilmente disponibles en tiendas de suministros neumáticos. En el contexto de las ruedas, se hace referencia a una pieza en particular, la cual es comúnmente utilizada en los remolques de camiones.

La empresa suministradora es Rodoar, de origen brasileña. Fabrica las piezas expuestas a continuación. Estas ancladas a la rueda tienen 2 salidas de aire que giran simultáneamente con la rueda, y una salida / entrada que se encuentra en el eje que se mantiene fija,



*Figure 22: Pieza Rodoar*

Este sistema integral, que opera con componentes estándar y algunos adaptados, ofrece una solución para la gestión de la presión de los neumáticos durante la competición. Al implementar esta tecnología, se busca optimizar la adaptabilidad del vehículo a diversos terrenos y situaciones, añadiendo una dimensión estratégica y técnica a la participación en el Rally Raid.

Se instalarán 2 sistemas independientes de presiones, para el eje delantero y el eje trasero. El compresor utilizado es un compresor de 12 V conectado a la fuente de tensión del vehículo. Por otro lado, como se puede observar en el esquema de la instalación existen válvulas antes de los acumuladores de aire para mantener un sistema de presión cerrado, que consta de la rueda y de los conductos de aire y los depósitos a la entrada y salida del circuito.

## **5. ANÁLISIS DE REUSLTADOS**

Tras la exhaustiva preparación y aplicación de las modificaciones planificadas en el marco de este proyecto, junto con la ausencia de averías durante la competición de Rally Raid, se puede realizar un análisis de resultados que destaca tanto el éxito técnico como la eficacia de las estrategias implementadas.

En primer lugar, la protección de elementos críticos del vehículo, lograda mediante la creación de un cubrecárter personalizado, la aplicación de soldaduras en puntos estratégicos del sistema de escape y la incorporación de salvaguardas para el depósito de combustible, demostró ser efectiva. La ausencia de daños significativos en estas áreas a lo largo del rally subraya la precisión del diseño y la solidez de la implementación, contribuyendo así a la longevidad y a la integridad del vehículo.

La reducción de peso, resultado de la eliminación de componentes innecesarios, proporcionó una mejora palpable en la agilidad y capacidad de respuesta del vehículo. Esta optimización se tradujo en un rendimiento más eficiente y dinámico, lo que permitió al equipo enfrentar los desafíos variados del terreno con mayor soltura y confianza.

La modificación del sistema de suspensión con el objetivo de elevar la altura efectiva del suelo también presentó resultados positivos. La capacidad del vehículo para sortear obstáculos en terrenos irregulares se vio fortalecida, y la resistencia y robustez adicionales de la suspensión permitieron afrontar cargas más considerables sin comprometer la estabilidad y seguridad.

En cuanto al sistema de variación de presión de neumáticos, aunque no fue implementado en su totalidad debido a limitaciones de presupuesto y tiempo, la consideración de su utilidad estratégica se mantuvo. Aunque no pudo ser probado en competición, el enfoque en esta

innovación subraya la mentalidad proactiva y la aspiración de adaptabilidad del equipo ante diversos terrenos.

Es crucial resaltar que la ausencia de averías durante el rally es un testimonio directo de la calidad y el detalle con los que se ejecutaron las tareas de preparación. La interacción exitosa del vehículo con los desafíos del rally indica una planificación y ejecución sólidas, reforzadas por la pasión y el compromiso del ingeniero. El rally se basaba en varias etapas por el Atlas marroquí terminando en el desierto de Merzouga, por lo que los terrenos a los que el vehículo se enfrentó fueron desde trialeras, Oueds y dunas. Todos ellos solventados con facilidad

En última instancia, este análisis de resultados corrobora que las estrategias implementadas en el marco de este proyecto no solo contribuyeron al éxito técnico del vehículo en el Rally Raid, sino que también reflejaron la dedicación y la perspicacia del ingeniero detrás de estas mejoras. La preparación meticulosa, el enfoque en la adaptabilidad y la aplicación efectiva de la ingeniería culminaron en un desempeño sin inconvenientes, marcando así un hito significativo en la trayectoria hacia el cumplimiento del sueño de participar en el mundo del motorsport.



*Figure 23: Coche terminado*



## 6. CONCLUSIÓN

En conclusión, el recorrido de preparación y participación en el Rally Raid ha sido un capítulo emblemático en la carrera del ingeniero detrás de este proyecto. A través de una dedicación incansable, un enfoque meticuloso en la mejora del vehículo y una pasión arraigada en el motorsport y la automoción se ha logrado no solo llevar a cabo una serie de modificaciones técnicas, sino también consolidar un sueño de toda la vida.

Las metas establecidas para proteger los elementos críticos del vehículo se materializaron con éxito, proporcionando un escudo de seguridad y longevidad en los terrenos desafiantes del rally. La reducción de peso no solo optimizó el rendimiento del vehículo, sino que también demostró la agilidad y destreza que se buscaba en un entorno competitivo.

La elevación de la altura del vehículo resultó en una capacidad de enfrentar obstáculos y terrenos adversos con mayor confianza y capacidad, mientras que la consideración de un sistema de variación de presión de neumáticos reflejó una mentalidad orientada a la innovación y adaptabilidad.



*Figure 24: Final del Rally*



**COMILLAS**  
UNIVERSIDAD PONTIFICIA

**UNIVERSIDAD PONTIFICIA COMILLAS**  
ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR DE INGENIERÍA (ICAI)  
MÁSTER UNIVERSITARIO EN INGENIERÍA PARA LA MOVILIDAD Y SEGURIDAD

ICAI ICADE CIHS

*CONCLUSIÓN*

La ausencia de averías durante la competición es un testimonio directo del enfoque y el esfuerzo invertidos en la preparación. Esta travesía ha reafirmado que la combinación de destrezas técnicas y un deseo inquebrantable de explorar los límites del desempeño automovilístico puede dar como resultado un logro notable.



*Figure 25: Etapa maratón en Merzouga, Marruecos*

## 7. BIBLIOGRAFÍA

- Bienvenido a UniRaid, el raid solidario por Marruecos para estudiantes. Nueva categoría para no estudiantes o mayores de 28 años. Inscripciones abiertas. (2013, enero 30). UniRaid. <https://www.uniraid.org/>
- INTRODUCCIÓN A SOLIDWORKS. (s/f). Solidworks.com. Recuperado el 24 de agosto de 2023, de [https://my.solidworks.com/solidworks/guide/SOLIDWORKS\\_Introduction\\_ES.pdf](https://my.solidworks.com/solidworks/guide/SOLIDWORKS_Introduction_ES.pdf)
- Martínez, F. (2021). 04. Stress Concentrations, Stress Singularities and Submodeling. [https://sifo.comillas.edu/pluginfile.php/3325472/mod\\_resource/content/0/2021%20-%2004%20-%20Stress%20Concentrations%2C%20Stress%20Singularities%20and%20Submodeling.pdf](https://sifo.comillas.edu/pluginfile.php/3325472/mod_resource/content/0/2021%20-%2004%20-%20Stress%20Concentrations%2C%20Stress%20Singularities%20and%20Submodeling.pdf)
- Panda Raid – Página Web Oficial. (s/f). Pandaraid.com. Recuperado el 24 de agosto de 2023, de <http://www.pandaraid.com/>
- Soluciones industriales y componentes eléctricos. (s/f). Rs-online.com. Recuperado el 24 de agosto de 2023, de <https://es.rs-online.com/web/>

## **8. ANEXO ODS**

A través de su compromiso con la promoción del bienestar social y económico, así como su dedicación a la sostenibilidad ambiental, este rally contribuye de manera significativa a varios ODS clave.

En primer lugar, el objetivo del rally de brindar asistencia humanitaria aborda directamente el Objetivo 1: Fin de la Pobreza y el Objetivo 2: Hambre Cero. Al utilizar su plataforma para entregar ayuda a comunidades vulnerables, el rally contribuye a aliviar la pobreza y el hambre de manera tangible e inmediata.

Además, el énfasis del rally en la solidaridad y la cooperación se alinea con el Objetivo 3: Salud y Bienestar. Al aprovechar sus recursos para proporcionar servicios y suministros de atención médica esenciales, el rally apoya directamente los esfuerzos para mejorar el bienestar general, especialmente en áreas desfavorecidas.

El enfoque ambientalmente consciente del rally coincide con el Objetivo 13: Acción por el Clima. Al promover prácticas sostenibles y minimizar el impacto ambiental, el rally contribuye a los esfuerzos globales para combatir el cambio climático y garantizar un planeta sostenible para las futuras generaciones.

En términos del Objetivo 17: Alianzas para el Desarrollo Sostenible, la naturaleza colaborativa del rally resalta la importancia de las alianzas intersectoriales para lograr un desarrollo sostenible. Al reunir a diversos actores, incluidos gobiernos, ONG y el sector privado, el rally demuestra la importancia de trabajar juntos para alcanzar metas compartidas en pro del desarrollo sostenible.



**COMILLAS**  
UNIVERSIDAD PONTIFICIA

**UNIVERSIDAD PONTIFICIA COMILLAS**  
ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR DE INGENIERÍA (ICAI)  
MÁSTER UNIVERSITARIO EN INGENIERÍA PARA LA MOVILIDAD Y SEGURIDAD

ICAI

ICADE

CIHS

*ANEXO PLANOS*

---

## 9. ANEXO PLANOS