

**FABRICACIÓN DE UN SISTEMA DE SUJECCIÓN PARA LA COMPRESIÓN
DEL RESORTE DEL SISTEMA DE SUSPENSIÓN MCPHERSON**

SANTIAGO HINCAPIÉ DELGADO

ASESORA

MARIA CAMILA LÓPEZ JARAMILLO

INSTITUCIÓN UNIVERSIARIA PASCUAL BRAVO

FACULTAD DE INGENIERÍA

TECNOLOGÍA EN MECÁNICA INDUSTRIAL

MEDELLÍN

2024

Contenido

1.	Planteamiento del problema	3
1.1	Descripción	3
1.2	Formulación	6
2.	Justificación	7
3.	Objetivos.....	8
3.1	Objetivo general.....	8
3.2	Objetivos específicos	8
4.	Referentes teóricos	9
5.	Descripción técnica del proyecto.....	18
6.	Resultados de la propuesta	29
7.	Metodología.....	32
7.1	Tipo de proyecto	32
7.2	Método	32
7.3	Instrumentos de recolección de información.	33
8.	Recursos.....	34
8.1	Humanos	34
8.2	Técnicos	34
8.3	Presupuesto	35
9.	Cronograma de actividades	36
10.	Referencias bibliográficas	37
11.	Anexos	

Introducción

El sistema de suspensión McPherson es utilizado en los automóviles livianos tanto en ejes delanteros y traseros de manera simultánea, permitiendo la estabilización de la dirección actuando como eje en la rueda. Este sistema se caracteriza por tener un montante telescópico y un triángulo inferior formado por el bastidor y brazo inferior, el muelle y el amortiguador. El sistema de suspensión McPherson ha sido utilizado desde los años 1950, y es uno de los más utilizados en la actualidad ya que cumple con los estándares mecánicos y tecnológicos de los fabricantes automotrices, además de permitir un fácil mantenimiento y reparación. [1]

En los sistemas de suspensión McPherson el cambio del amortiguador debe hacerse con cierta regularidad debido al desgaste de la pieza. A pesar de que el cambio de estos amortiguadores puede realizarse por distintos métodos, el más usado es el de compresión por medio de tornillo, el cual, aunque económico es el más peligroso para el operario, consume mayor cantidad de tiempo y genera más desgaste físico al personal. Los compresores de resortes por mecanismo de tornillo pueden ser convencionales o de banco. El principio de funcionamiento de los compresores de resortes convencionales consta de dos tornillos y ganchos con rosca, los cuales al juntarse entre sí hacen la fuerza necesaria para apretar los ganchos por medio de llaves o copas de impacto y así comprimir el resorte [3].

Actualmente, el laboratorio LIDA de la Institución universitaria Pascual Bravo cuenta con compresores de resortes de amortiguador que funcionan mediante un mecanismo de tornillos. El proceso de comprimir los resortes con este mecanismo, a pesar de ser confiable en términos de duración, es un proceso inseguro para el operario, que requiere tiempo y esfuerzo físico ya que en estos se acumula una gran cantidad de energía potencial que al ser liberada repentinamente se convierte en un riesgo para el operario. La propuesta de este proyecto de investigación consiste en fabricar un nuevo sistema de sujeción que permita usar el gato hidráulico de elevación como método de compresión para que el tiempo de trabajo y el esfuerzo físico a realizar al momento de hacer el cambio del amortiguador en un sistema McPherson sea mínimo, optimizando así los tiempos de operación. El propósito es aprovechar la fuerza del gato hidráulico para hacer con este el esfuerzo requerido para comprimir el resorte sin necesidad de realizar un gran esfuerzo físico por parte del personal, optimizando en gran medida el tiempo requerido para hacer este trabajo. [2]

Según el análisis anterior, el presente, para tal fin se pretende llevar a cabo las siguientes acciones: Realizar los planos de las piezas a fabricar, fabricar el prototipo del sistema de sujeción documentando el proceso de fabricación, y presentar un informe de análisis comparativo de tiempos entre el sistema de compresión disponible actualmente en el laboratorio LIDA y el sistema de sujeción fabricado.

La fabricación de dicho sistema de sujeción va a ser por medio de corte por plasma de platinas, mecanizado en taladro fresador, y soldadura. Se decide emplear estos procesos de manufactura ya que son los más asequibles para una producción de una única pieza y son procesos de manufactura convencionales con gran disponibilidad en la industria.

Finalmente, los resultados esperados de este proyecto son demostrar la eficiencia y eficacia de operación al enfrentar los requerimientos para hacer el mismo trabajo de comprimir el resorte del sistema de suspensión con los distintos métodos disponibles.

Palabras clave: Suspensión McPherson, amortiguador, resorte, gato elevador hidráulico, sistema de sujeción.

1. Planteamiento del problema

1.1 Descripción

El sistema de suspensión en los vehículos es el encargado de mantener las ruedas en constante contacto con la carretera, absorbiendo así cualquier tipo de irregularidad en la misma, y garantizando un viaje confortable para los ocupantes del vehículo, es por esto, que el sistema McPherson es uno de los más usados a nivel comercial

Cuando el amortiguador requiere ser reemplazado en los vehículos, se empieza a percibir en mayor medida cualquier irregularidad en la carretera, se notan ruidos que anteriormente no se notaban al no haber una correcta absorción de los huecos y baches en la vía, generando a grandes rasgos un viaje más incómodo para los pasajeros y el posible desgaste prematuro de piezas que se verían forzadas a trabajar fuera de los parámetros de fabricante. A continuación, en la figura 1 se evidencia un modelo despiezado de un amortiguador McPherson.



Figura 1: despiece de un sistema de suspensión McPherson. [4]

La pieza que falla con mayor frecuencia en los sistemas de suspensión McPherson es el amortiguador, requiriendo que este se separe de la torreta para ser reemplazado. Entre estas dos piezas está el resorte, y para poder hacer el cambio del amortiguador se tiene que comprimir el resorte, aumentando en gran medida la energía potencial.

Para lograr extraer el amortiguador ya desgastado y reemplazarlo, se debe seguir el siguiente procedimiento:

- Elevar el vehículo de forma tal que queden las ruedas libres.
- Extraer las tuercas que sujetan el amortiguador a la torreta.
- Retirar las ruedas.
- Retirar los tornillos de sujeción inferiores del amortiguador.
- Montar el ensamble del amortiguador en el compresor de resorte.
- Comprimir el resorte.
- Extraer la tuerca de sujeción del amortiguador a la base.
- Reemplazar el amortiguador desgastado.
- Volver a ensamblar el amortiguador en la base.
- Apretar la tuerca de sujeción.
- Descomprimir el resorte.
- Montar el ensamble del amortiguador de nuevo al vehículo.

Después de estar en varios talleres analizando el método de cambio de los amortiguadores, se identifica que el método más empleado para hacer este trabajo tiene varias deficiencias en: seguridad del operario, tiempo de operación y esfuerzo físico del personal al realizar el proceso de compresión del resorte. El método más comúnmente usado en los talleres mecánicos al momento de comprimir el resorte es por medio de compresores de tornillo, los cuales deben ser operados manualmente por el personal, lo que pone en riesgo su integridad y la de los elementos del taller a su alrededor ya que el resorte comprimido acumula energía potencial y esta se puede liberar repentinamente.

Actualmente en el laboratorio LIDA se cuenta con dos compresores de amortiguadores por mecanismo de tornillo con torre de soporte, que, a pesar de ser más seguros y eficientes a la hora

de hacer el trabajo, siguen requiriendo gran esfuerzo físico, teniendo aún falencias operacionales y de seguridad. En la figura 2. se presenta el estado de los compresores que están disponibles en el laboratorio LIDA:



Fig. 2: Compresores disponibles actualmente en el laboratorio LIDA. (fuente propia).

Uno de los mayores riesgos al hacer el recambio del amortiguador es que el resorte se descomprima repentinamente, liberando toda la energía potencial que hay acumulada en él pudiendo impactar al operario causando graves accidentes, lesiones personales y/o pérdidas o daños. [5]

1.2 Formulación

¿Es posible mejorar el método empleado actualmente en el cambio de los amortiguadores McPherson, mediante un sistema de sujeción que proporcione mayor seguridad y eficiencia operacional?

2. Justificación

Al momento de hacer el recambio de un amortiguador de un vehículo liviano, se toman varios riesgos en los talleres ya que estos elementos están sujetos a grandes tensiones y de hacerse de forma errónea, se asumen grandes peligros, el primero y más grande es que no esté bien sujeto el resorte al compresor y este libere su tensión repentinamente. Si esto llegase a ocurrir el amortiguador sale disparado cual proyectil pudiendo generar graves accidentes, lesiones o daños a los objetos que pudieran estar cerca en el taller. [5]

El trabajo de reemplazar los amortiguadores, al ser este un elemento tan vital para el correcto funcionamiento de un vehículo debe hacerse de manera precavida, para que no se corran riesgos laborales y tampoco incurrir en un mal montaje por parte del operario. Pero todo esto requiere tiempo, uno de los pasos que más tiempo toma en ejecutarse es comprimir el resorte, reemplazar el amortiguador y volver a ensamblar. [6]

Este trabajo pretende beneficiar tanto a los operarios de taller que se encargan de hacer el recambio de los amortiguadores ya que van a tener menor esfuerzo y se van a disminuir los riesgos. Por otra parte, también se verán beneficiados los gerentes de los talleres ya que, al disminuir los tiempos requeridos para hacer este trabajo y los riesgos operacionales, se puede lograr una disminución en costos, bien sea por las demoras en la ejecución del proceso, o debido a accidentes que puedan representar bajas por incapacidades o daños en el espacio o en los vehículos pudiese haber alrededor del área de trabajo.

3. Objetivos

3.1 Objetivo general

Fabricar un sistema de sujeción para compresión del resorte del sistema de suspensión McPherson que optimice el proceso de cambio del amortiguador.

3.2 Objetivos específicos

- Modelar un sistema de sujeción para comprimir resortes de sistema de suspensión que sea operado por medio del gato de elevación hidráulico.
- Establecer los planos técnicos para la correcta fabricación del prototipo.
- Fabricar un prototipo del sistema de sujeción mediante procesos convencionales de manufactura

4. Referentes teóricos

Los amortiguadores, esenciales en el sistema de suspensión, son mecanismos hidráulicos diseñados para suavizar los impactos y vibraciones que recibe el vehículo. Su principal tarea es transformar la energía cinética producida por irregularidades en la superficie de la carretera en energía térmica, la cual se disipa a través del fluido. Esta función resulta crucial para el confort y la seguridad de los ocupantes, así como para mantener la estabilidad y la correcta alineación del vehículo durante su desplazamiento.[8]

Los muelles helicoidales están formados por un cable enrollado en forma de espiral. Este tipo de resorte se somete a torsión al aplicar una compresión a lo largo de su eje central. Generalmente, el alambre utilizado para estos resortes, a menudo referido como 'hilo', tiene una sección transversal circular, aunque existen variantes con secciones elípticas o rectangulares. Además, el tamaño de la sección transversal del hilo puede mantenerse uniforme o variar, disminuyendo progresivamente a lo largo de su extensión.

La firmeza del muelle se presenta de manera lineal y es directamente proporcional a su elongación longitudinal, lo que implica que tiene una constante de firmeza. Esta constante varía en función de factores como la cantidad de vueltas, el diámetro de estas, el grosor del alambre y el tipo de material utilizado para su fabricación. Las características principales de este muelle se pueden observar en la figura 3.

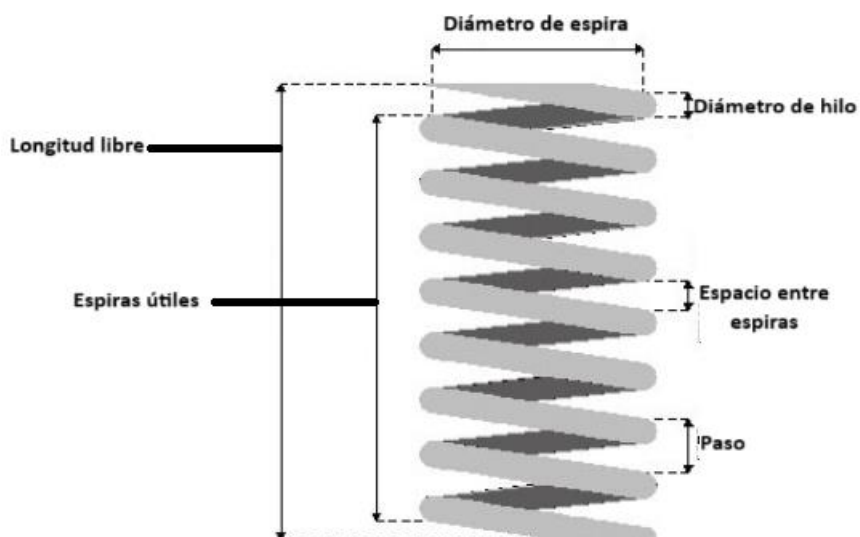


Fig. 3. Esquema de un resorte helicoidal.[7]

Un resorte helicoidal tiene una forma y requerimientos de desplazamiento que lo hacen apto para ser acoplado muy próximo, cuando no de forma concéntrica, a un amortiguador telescópico. Su poder de absorción elástica de energía es, en esencia, idéntico al de una barra de torsión, con la ventaja de no presentar pérdida por fricción en los cojinetes, dado que no los necesita, al poder ser simplemente apoyado en su asiento. Es uno de los sistemas más ligeros, y la mitad de su masa se considera no suspendida. Por otra parte, este sistema resulta inútil para posicionar la rueda, no tiene rigidez estructural suficiente para actuar como miembro de la suspensión.

Se pueden producir resortes helicoidales que presenten una rigidez ajustable principalmente a través de dos técnicas: disminuyendo de manera gradual el diámetro del alambre utilizado o la distancia entre las vueltas consecutivas del resorte.

El sistema McPherson se caracteriza por una unión inferior diversa entre el chasis y la rueda, que puede ser a través de un brazo transversal, longitudinal o incluso triangular, cuyo propósito es manejar las fuerzas laterales y longitudinales. En la parte superior, se encuentra un soporte telescópico que engloba tanto el amortiguador como el resorte en una configuración concéntrica, conocida como 'coil-over', aunque existen variantes donde el resorte se sitúa en otro lugar. Este soporte se fija firmemente al 'knuckle' en el lado de la rueda. La conexión del soporte con el chasis se realiza en un punto alto para que se mantenga vertical o lo más cercano posible a esta posición. A continuación se ilustra un sistema de suspensión McPherson en la figura 4.



Fig:4. Esquema de suspensión tipo McPherson. [7].

Este sistema resulta económico y sencillo, además de requerir un espacio reducido tanto lateral como longitudinalmente, siendo así ideal para vehículos de tracción con motores montados transversalmente y, en particular, para aquellos con estructura monocasco. No obstante, su principal limitación es la necesidad de un amplio espacio vertical, lo que puede restringir el diseño en la zona del capó. Generalmente se implementa en el eje frontal, donde la rueda suele girar alrededor del puntal superior. A pesar de que el punto de anclaje superior del puntal debe alinearse con la proyección del eje de pivote de la dirección, no es imprescindible que ambos ejes coincidan exactamente.

Es posible lograr un centro de balanceo reducido y estabilizar adecuadamente su movimiento, lo que puede resultar en una experiencia de conducción confortable. Sin embargo, este sistema ofrece poca mejora en la caída negativa durante el recorrido de la suspensión y puede causar inconvenientes con el 'scrub radius' al intentar montar neumáticos más anchos.[7]

El sistema de suspensión actúa como un intermediario entre el chasis del vehículo y sus ruedas, con el propósito de suavizar el impacto de las imperfecciones del camino. Este mecanismo asegura que las ruedas mantengan una conexión constante con la carretera. Por consiguiente, es crucial

realizar un diagnóstico y reparación oportunos cuando se detecta desgaste en estos componentes, para mantener la integridad y seguridad del automóvil. Algunos de los síntomas más comunes que evidencian la necesidad de cambiar estos componentes son:

- El carro rebota: cuando se le ejerce una fuerza que lo desbalancee hacia algún lado y este se queda rebotando es un claro síntoma ya que quiere decir que los amortiguadores han cedido mucho y ya no disipan con la misma eficiencia las energías del movimiento.
- El carro está desnivelado: si notamos que el carro tiene una mayor inclinación hacia alguna de las ruedas, quiere decir que ese amortiguador ya está cedido y requiere ser reemplazado.
- Hay que corregir la dirección: si constantemente al manejar hay que estar corrigiendo la dirección del vehículo ya que este tiene a desviarse, es importante realizar un diagnóstico de suspensión ya que uno o más elementos de esta (incluido el amortiguador) puede estar fallando.
- Desgaste irregular de los neumáticos: la banda de rodadura de los neumáticos empieza a tener un desgaste irregular, ya sea por alguno de los costados o por el centro del mismo, indicando una clara desalineación del mismo posiblemente causada por desgaste de los elementos de la suspensión. [9]

En la actualidad, los sistemas de suspensión de vehículos se benefician principalmente de los amortiguadores hidráulicos. Estos dispositivos aprovechan la velocidad para regular la energía disipada.

A lo largo de la historia, se han utilizado diversos modelos de amortiguadores hidráulicos, incluyendo versiones giratorias y de pistón. Sin embargo, los modelos telescópicos son los predominantes hoy en día. Están compuestos por un pistón que se desplaza dentro de un cilindro lleno de aceite. El pistón cuenta con dos variedades de válvulas, una que se abre según el área y otra según la presión, las cuales facilitan el flujo del aceite de un lado a otro del cilindro cuando la presión alcanza un umbral predefinido en el diseño. En las siguientes figuras (5, 6) se hacen ilustraciones de amortiguadores con sistemas de válvulas de apertura por área y válvula de apertura por presión.



Fig. 5. Esquema de un amortiguador hidráulico con sistema de válvula de apertura por área.[7]



Fig.6. Esquema de un amortiguador hidráulico con sistema de válvula de apertura por presión.[7]

Las válvulas de área fija controlan el flujo de fluido y solo cambian su apertura en amortiguadores ajustables, mientras que las válvulas de presión se abren con la fuerza aplicada y su apertura se incrementa con la presión. A bajas velocidades, el aceite fluye a través de las válvulas de área fija ya que las de presión están cerradas. Sin embargo, cuando la presión del aceite es suficiente, las válvulas de presión se abren permitiendo el paso del aceite.

Las válvulas de extensión y compresión suelen ser distintas, lo que permite que la compresión sea menos intensa a igual velocidad, una característica deseable en vehículos de carretera para minimizar el impacto de fuerzas compresivas grandes cuando las ruedas encuentran obstáculos.

En el ámbito de los amortiguadores hidráulicos telescópicos, se distinguen principalmente dos variantes: aquellos que cuentan con un diseño de doble tubo, conocidos también como bitubo, y los que poseen una estructura de tubo único, referidos comúnmente como monotubo. Ambos desempeñan un papel crucial en la absorción de impactos y la mejora de la comodidad de conducción, aunque difieren en su construcción y funcionamiento interno.

En la actualidad, los amortiguadores de doble tubo representan el diseño más utilizado, existiendo en variantes presurizadas y no presurizadas. Los modelos presurizados contienen tanto gas como aceite, a diferencia de los no presurizados que solo incluyen aceite. Estos dispositivos están compuestos por dos compartimentos principales: una cámara interna y una cámara de reserva. Además, poseen válvulas tanto en el pistón como en la base, las cuales son esenciales para su funcionamiento adecuado. Se demuestra en la figura 7 el esquema básico de un amortiguador bitubo.

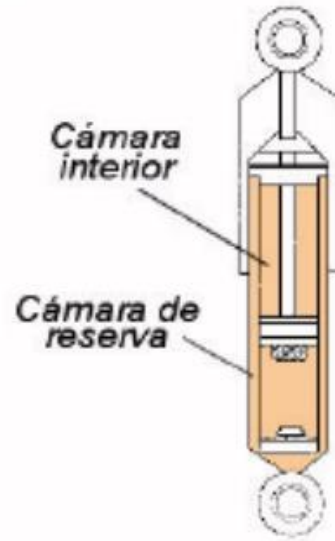


Fig. 7. Esquema básico de un amortiguador bitubo.[7]

Ambos sistemas operan de manera parecida y se caracterizan por dos fases distintas. En la fase de compresión, el aceite de la cámara interna se desplaza libremente a través de los orificios y una válvula unidireccional hacia el área opuesta al pistón cuando este se mueve hacia adentro. Al mismo tiempo, el aceite es empujado por el volumen que ocupa el vástago, pasando obligatoriamente por otra válvula hacia un compartimento de reserva con aire o nitrógeno presurizado. La resistencia que esta válvula ofrece al flujo de aceite determina la fuerza de amortiguación. Durante la fase de extensión, al extraer el vástago, el aceite sobre el pistón se comprime y fluye a través de las válvulas en el pistón, generando la fuerza de amortiguación de extensión. El aceite de la cámara de reserva regresa a la cámara principal sin resistencia para equilibrar el espacio que deja el vástago.

Los sistemas no presurizados presentan el inconveniente de que, durante situaciones como el traslado horizontal previo a la instalación o el enfriamiento y contracción del aceite, es posible la creación de bolsas de aire que, si se presentan, crean puntos muertos de la amortiguación, comprometiendo el sistema y restando efectividad del mismo. Este fenómeno puede provocar que el aire sea absorbido hacia la cámara principal del sistema.

Los amortiguadores presurizados, están diseñados para superar el rendimiento de los amortiguadores convencionales de doble tubo. Esto se logra mediante la incorporación de una cámara de gas a baja presión, que no afecta la fuerza de compresión generada por la válvula de pie, permitiendo así que la fuerza de extensión del amortiguador en su estado de reposo sea mínima. Estos amortiguadores ofrecen varias mejoras en comparación con los modelos no presurizados, incluyendo una respuesta más fina de la válvula ante movimientos leves, un aumento en el confort durante la conducción, una amortiguación más eficaz bajo condiciones extremas, una disminución del ruido hidráulico y la capacidad de seguir funcionando incluso después de una pérdida de gas.

Los amortiguadores de tipo monotubo están diseñados con dos compartimientos principales: uno para el aceite y otro para un gas bajo presión, los cuales están divididos por un pistón móvil. Generalmente, se utiliza nitrógeno como el gas en estos sistemas, ya que mantiene sus propiedades estables frente al calor producido y no interactúa químicamente con el aceite. Este diseño permite que los amortiguadores funcionen eficientemente, absorbiendo las irregularidades del terreno y mejorando la experiencia de conducción.

En la explicación de los amortiguadores monotubo, se distingue su funcionamiento en dos fases principales. Durante la compresión, el amortiguador monotubo, a diferencia del bitubo, carece de cámara de reserva. Esto se compensa con una cámara de volumen adaptable, donde un pistón flotante divide el interior en una sección de aceite y otra de gas a presión (entre 20 y 30 bares). Cuando el vástago se presiona hacia adentro, el aceite empuja al pistón flotante, comprimiendo el gas y elevando la presión. Esto obliga al aceite a fluir a través de las válvulas del pistón, generando la fuerza de amortiguación.

En la fase de extensión, al extraer el vástago, el aceite sobre el pistón se ve forzado a pasar por las válvulas de este, encontrando resistencia que se traduce en la fuerza de amortiguación durante la extensión. Este proceso asegura una respuesta eficiente del amortiguador ante las variaciones de carga y movimiento. Cada que se disminuye la presión en la cámara el pistón flotante retoma su posición original para compensar el volumen que desocupó el vástago.

Al momento de hacer el recambio del amortiguador se ven involucradas varias fuerzas sobre el elemento a cambiar.

Al comprimir el resorte con los compresores de tornillo tradicional, se ejerce un torque rotacional sobre uno de los tornillos a la vez, dando no más de un centímetro de compresión por vez en cada lado para poder hacerlo de una manera balanceada.

Una vez se tenga comprimido el resorte, este tiene una gran cantidad de energía potencial y por ello se recomienda hacer un amarre de este para evitar su repentina descompresión, ya que esta podría generar accidentes, lesiones o daños al operario y al entorno del taller.

5. Descripción técnica del proyecto

Luego de hacer un análisis de las oportunidades de mejora en el proceso de compresión del resorte de un amortiguador del tipo McPherson, se encuentra que los apartados que más se pueden desarrollar son la seguridad del trabajador al momento de hacer el recambio y el tiempo requerido para hacer esta operación.

El método tradicional de hacerlo con 2 compresores de tornillo tiene un par de ventajas las cuales son el bajo costo de los compresores y el no requerir ningún tipo de herramienta especializada.

El tiempo requerido normalmente para hacer un recambio de 2 amortiguadores cuando se cuenta con la experiencia es de aproximadamente 2 horas, lo cual es un tiempo considerable ya que ocupa un lugar, un operario y unas herramientas; y todo esto se tiene que cuantificar al momento costear el proceso del recambio. A continuación, se demuestra en la figura 8 el montaje de los compresores de tornillo en un amortiguador.



Fig. 8. Montaje de compresores de tornillo en resorte de amortiguador. [10]

Los riesgos asumidos por el operario al momento de hacer este trabajo son demasiado altos ya que por un error al comprimir el resorte (mal montaje de las uñas de agarre, apriete desparejo de los tornillos compresores, etc.) o un pequeño desliz al momento de retirar la tuerca, la energía potencial acumulada en el resorte será liberada repentinamente, causando así un posible accidente laboral o daños a los vehículos circundantes o infraestructura del taller.

Muchos operarios al momento de hacer este trabajo, como medida preventiva a cualquier accidente suelen amarrar con cuerdas o correas plásticas las espiras del resorte para que este no se descomprima en caso de que se pierda el agarre con una de las uñas de compresión o se suelte la tuerca retenedora de la parte superior. El anterior procedimiento se ilustra en la figura 9.

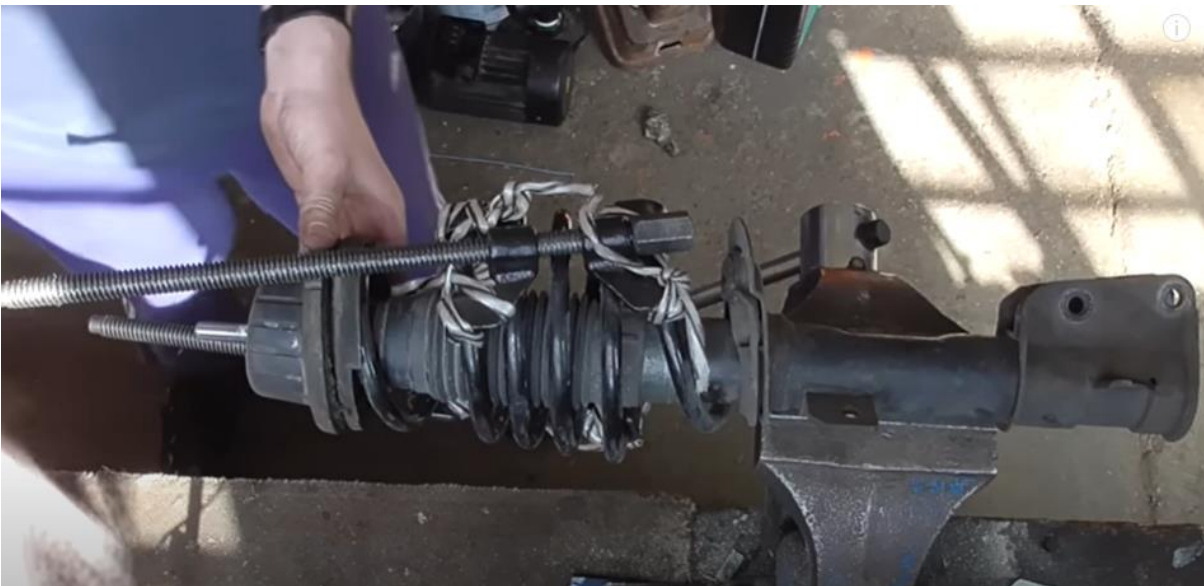


Fig. 9. Resorte comprimido y amarrado por seguridad del operario [10]

El compresor disponible en el taller LIDA de la Institución Universitaria Pascual Bravo, a pesar de hacer una gran mejora en el apartado de la seguridad del operario, sigue fallando en el esfuerzo requerido para hacer la compresión del amortiguador, ya que aplica el mismo principio de comprimir con torque el resorte. Esto se demuestra en la figura 10.



Fig. 10: Compresores disponibles actualmente en el laboratorio LIDA. (fuente propia).

Al ver todas estas oportunidades de mejora en el proceso de comprimir el resorte para hacer el recambio de un amortiguador, se empieza por analizar ¿Con qué elementos disponibles en la mayoría de los talleres podemos mejorar el proceso? Se encuentra que el mejor y más efectivo de los elementos en los talleres es el elevador hidráulico ya que, si tiene la fuerza requerida para elevar un vehículo, tiene de sobra la requerida para comprimir un amortiguador.

Dado lo anterior, se procede a hacer una toma de medidas en el taller para establecer en donde y en qué posición se puede adaptar un prototipo de compresor para los amortiguadores y se decide realizar en la parte trasera del lateral izquierdo, ya que este es el espacio más despejado del taller LIDA y permitiría adaptar en teoría fácilmente un elemento adicional en este costado. Se evidencia la ubicación teórica en la imagen de la figura 11.



Fig. 11. Ubicación teórica del prototipo a fabricar. [fuente propia]

Al momento de estar tomando estas medidas se encuentra que esta parte del elevador hidráulico es un perfil de tubo cuadrado de 60mm X 80mm con un espesor de 4mm y del cual son aprovechables los últimos 800 mm ya que hacia atrás están los rieles que llevan las balinas guías del elevador. Se evidencia que es un perfil en C en la imagen de la figura 12.



Fig. 12. Imagen del perfil del elevador [fuente propia]

En este perfil se planea montar el compresor propuesto, ya que es un elemento con buena rigidez estructural, Este se modela en el software Autodesk Inventor, de tal forma que sirva de referencia para definir, según sus perforaciones, donde se anclará el soporte diseñado en este proyecto. A continuación, se demuestra donde iría ubicado en la figura 13.

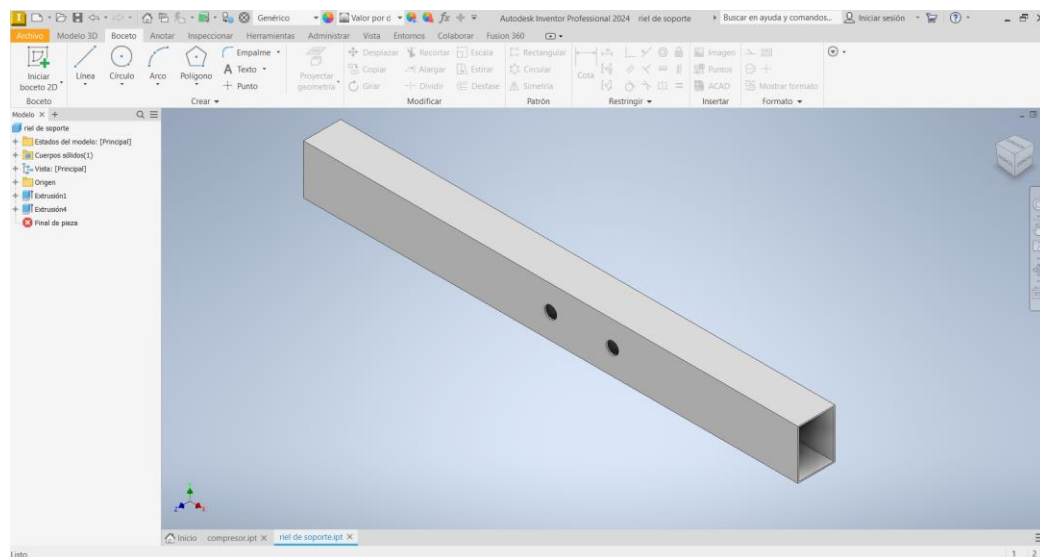


Fig. 13. Modelado del riel de soporte [fuente propia]

Se tomaron las distintas medidas del amortiguador disponible en el laboratorio LIDA y se diseñó un boceto con las medidas que más nos podían limitar o afectar al montaje del compresor de amortiguadores. A continuación, en las figuras se evidencia la toma de las medidas más relevantes para el diseño del modelo



Fig. 14. Evidencia de la toma de medidas del amortiguador [fuente propia]

Luego de tener todas las medidas que pudiesen afectar el diseño o la fabricación del compresor, se hace un modelado 3D básico del amortiguador para poder basar en el mismo el prototipo de compresor. El modelo del esquema de referencia del amortiguador se presenta en la figura 15.

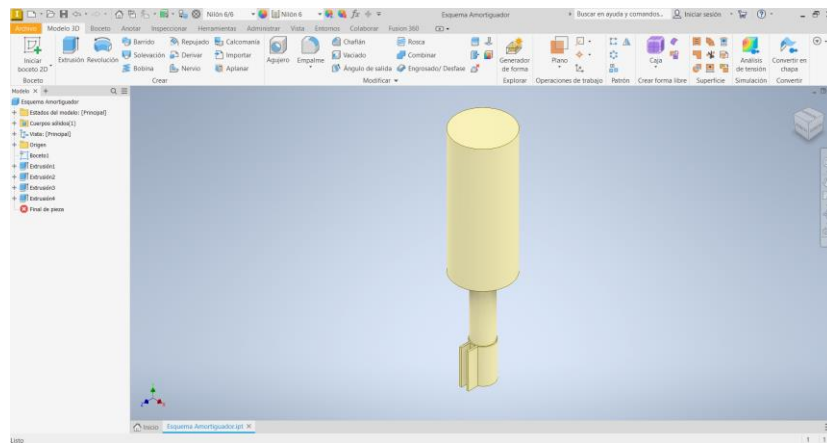


Fig. 15. Esquema básico del amortiguador [fuente propia]

Con todas las medidas del entorno y del amortiguador se procede a hacer un diseño de 3 piezas para sujetar el amortiguador al gato elevador y al piso del taller para restringir el movimiento del mismo, de forma tal que se adapte con el espacio disponible y se usen los elementos del taller. El ensamble de los elementos diseñado y modelados, se presentan en la figura 16.

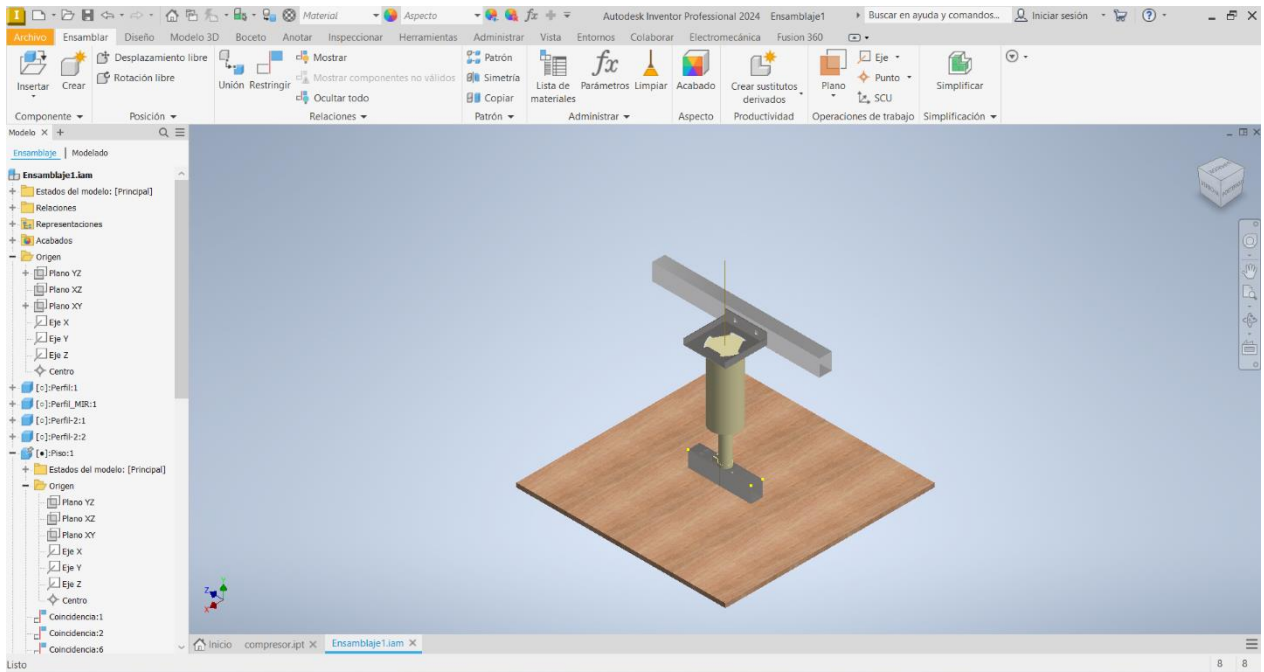


Fig. 16. Esquema del ensamblaje teórico de los elementos diseñados.

A cada uno de los elementos propuestos se le hizo un modelado 3D y planos del mismo para su construcción y fabricación de los elementos del proyecto propuesto. Y en base a estos se hizo una compra de materiales que fuera suficiente para su manufactura. Los materiales comprados fueron:

- Plancha de 250mm X 250mm x 4mm.
- Plancha de 1" x 500 mm X 4mm.
- Plancha de 2" x 500 mm X 4mm.
- Tubo de 3" X 1 ½" x 1000mm.

Se aprovechan los espacios de la Institución y se hace la fabricación de las distintas piezas del elemento propuesto, se empieza por cortar el material a medida. A continuación, se presenta de manera secuencial cada uno de los procesos que se llevaron a cabo para la fabricación y ensamble del sistema diseñado.

- Se preparó la materia prima, rectificando sus medidas, y cantidad disponible, se marcan las medidas en las cuales se deben cortar cada uno de los elementos y se corta con la tronadora del taller de soldadura, se ilustra en la figura 17.



Fig. 17. Ilustración de corte de la materia prima. [fuente propia]

- Se corta y se deja a medida el material para la fabricación del prototipo, las platinas de 1" se cortan 2 de 194mm, la de 2" se corta a 200mm y se cortan 4 trozos del tubo de 3" X 1 ½" a 150mm, se ilustra en la figura 18.



Fig. 18. Material para fabricación del prototipo cortado a medida [fuente propia]

- Se hace la marcación de los cortes y perforaciones de cada uno de los elementos del prototipo para tener una mejor referencia al perforar con la broca de $\frac{1}{2}$ " y cortar con la pulidora, se evidencia en la figura 19.



Fig. 19. Trazado de los cortes y perforaciones [fuente propia]

- Se sueldan con proceso MIG, todas las piezas del prototipo que lo requieren, se dejan todas según plano. Se dejan evidencias en la figura 20 del proceso realizado.



Fig. 20. Proceso de soldadura del prototipo [fuente propia]

6. Resultados de la propuesta

Luego de haber aplicado un método de análisis de las falencias de diseño y funcionamiento de los compresores de resortes actualmente disponibles, se logra diseñar un prototipo que en teoría es más eficiente, se sacan unos planos técnicos para su posible fabricación o réplica en serie de este y se fabrica este prototipo de forma tal que sea visible el desarrollo del mismo.

Luego de haber terminado la fabricación de todos los componentes del prototipo, se eliminan rebabas y se pule para terminación de las piezas, se deja en evidencia en la figura 21.



Fig. 21. Prototipo fabricado. [fuente propia]

Se verifica que las piezas se puedan montar de manera correcta en el elevador y coincidan, ya que no se puede perforar el gato elevador ni el piso del taller se hace un montaje con una prensa en C lo cual se ilustra en la figura 22 y 23.



Fig. 22. Montaje final del prototipo en el gato elevador. [fuente propia]



Fig. 23. Montaje final del prototipo en el gato elevador. [fuente propia]

Habiendo terminado el prototipo, lo único que haría falta para demostrar su eficiencia operacional sería obtener la autorización de la Institución Universitaria Pascual Bravo para hacer perforaciones tanto en el gato elevador hidráulico como en el piso del taller LIDA para anclar el prototipo en su posición y hacer ensayos de este para demostrar sus ventajas frente a los métodos actualmente disponibles.

Hacer estas perforaciones es necesario ya que, la parte superior del compresor va anclada por medio de 2 pernos de $\frac{1}{2}$ " al gato elevador y este es el elemento que transmite la fuerza de compresión del gato al amortiguador. Los soportes inferiores están diseñados para restringir el movimiento del amortiguador mientras es comprimido ya que este podría resbalar y causar un accidente; estando estos soportes, se limitaría mucho el desplazamiento, evitando completamente el posible accidente laboral y/o daños materiales.

7. Metodología

7.1 Tipo de proyecto

Este proyecto por las distintas fases de investigación y modelado de las piezas se trata de un desarrollo experimental ya que se tomaron distintas medidas en el taller LIDA, se hizo una exhaustiva investigación de la teoría de los distintos tipos de amortiguadores y las fuerzas involucradas al momento de hacer un recambio del mismo y en base a esto se hace el diseño y la fabricación de un prototipo de un sistema que nos permita comprimir los sistemas de suspensión McPherson con la asistencia mecánica del gato elevador hidráulico.

7.2 Método

Se hace una evaluación de la problemática y se verifican las posibles soluciones. Se hace una investigación a profundidad de la teoría implicada en los elementos a trabajar y las fuerzas involucradas en el elemento al momento del recambio.

Esto se logra investigando en distintas bases de datos, artículos de ingeniería, talleres y fabricantes de estos elementos los cuales son fuentes muy confiables, donde se asegura el uso de estos elementos en la industria y los riesgos asumidos por los operarios al hacer esta operación.

Se modela en el software Autodesk Inventor los distintos elementos involucrados en el prototipo y se establecen una serie de planos técnicos con las medidas de los elementos a fabricar.

Se procede a la fabricación de los elementos del prototipo en base a los planos realizados en el punto anterior y al ensamble teórico del mismo

7.3 Instrumentos de recolección de información.

Se ha usado fuentes propias para el diseño y análisis de los elementos a fabricar y las falencias en el método convencional para hacer el recambio de los amortiguadores McPherson. Toda la teoría e historia de los amortiguadores, sus tipos, ventajas de estos elementos y uso de los mismos han sido sacadas de diferentes artículos creados por fabricantes de amortiguadores, talleres especialistas y asociaciones de ingenieros automotrices que trabajan a diario con estos elementos. Los cuales han sido citados en cada uno de los casos que correspondiese.

8. Recursos

8.1 Humanos

Todo el talento humano en el proceso de investigación, modelado, diseño y fabricación del proyecto ejecutado fue propio, yo (Santiago Hincapié Delgado) ejecutaba las distintas acciones requeridas durante el proyecto y la asesora (Maria Camila López Jaramillo) le da el visto bueno a cada una de las etapas del trabajo realizado.

8.2 Técnicos

Para ejecutar este trabajo se requirieron varios de los recursos encontrados en los distintos laboratorios de la Institución Universitaria Pascual Bravo:

- Taller LIDA (bloque 4).
 - Elevador hidráulico.
 - Módulo de compresor de amortiguador McPherson.
- Laboratorio de soldadura (bloque 17).
 - Pulidora de 4 ½”.
 - Tronzadora.
 - Soldador MIG.
- Laboratorio de manufactura mecánica (bloque 15).
 - Taladro de banco.

Adicional a lo anteriormente mencionado, se requirieron ciertos elementos para su completo desarrollo:

- Computador. (3'000.000.00)
- Acero 1020.
- Discos de corte para pulidora.
- Broca de ½”.
- Elementos de protección personal.

- Pintura en aerosol.

8.3 Presupuesto

Presupuesto del proyecto.

Actividad	Humanos	Físicos	Subtotal
Investigación de la problemática	480.000.00	1'500.000.00	1'980.000.00
Toma de medidas de los espacios y elementos del taller	36.000.00	-	2.016.000.00
Modelado 3D y elaboración de planos	120.000.00	1'515.000.00	3'651.000.00
Consecución de materia prima para la fabricación	24.000.00	73.000.00	3'748.000.00
Fabricación del prototipo	960000	90.000.00	3'934.000.00

- Se deja valor promedio de hora de un tecnólogo mecánico en 12.000.00 COP

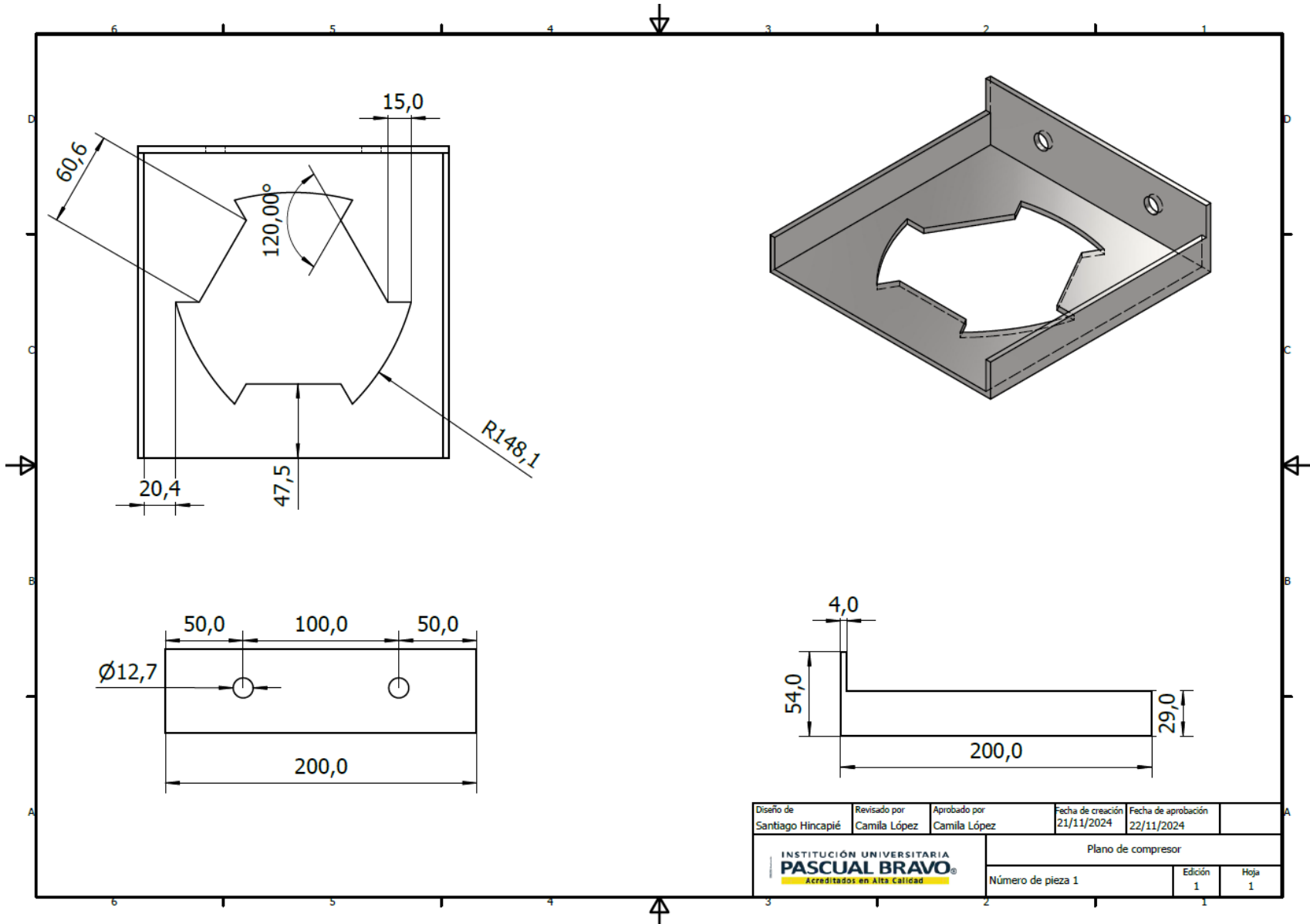
9. Cronograma de actividades

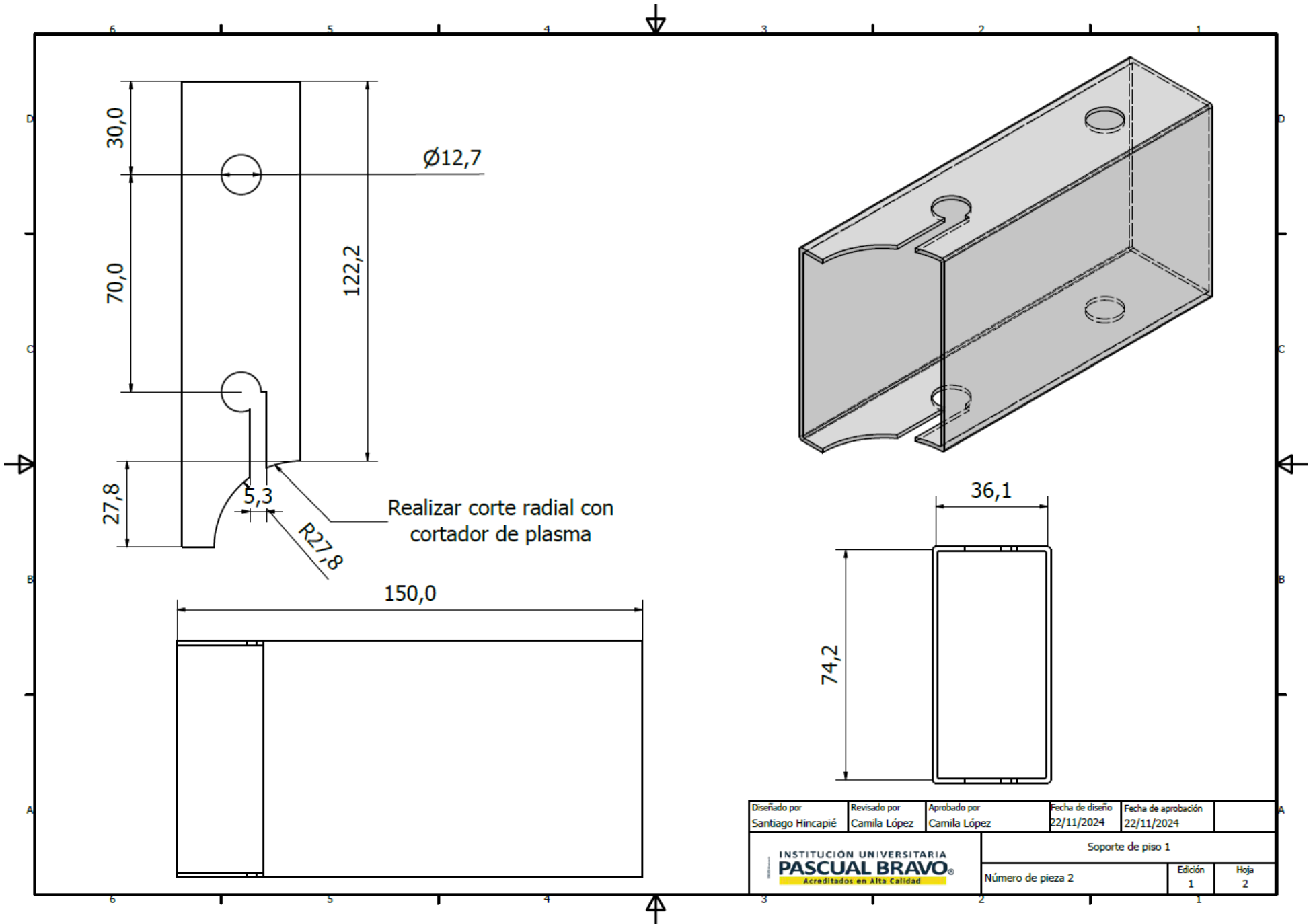
Actividad	Descripción de la actividad	Mes 1	Mes 2	Mes 3	Mes 4
Investigación de la teoría	Se toman datos de los elementos involucrados en el proyecto	X			
Dimensionamiento de las piezas a modelar.	Se toman medidas del espacio disponible para la instalación del prototipo	X			
Modelado del mecanismo de sujeción en CAD	Se modela definitivamente las partes del sistema de sujeción		X		
Planeación del proceso de manufactura	Se definen materiales y espacios para la fabricación del prototipo		X		
Fabricación y documentación gráfica del proceso.	Se fabrican las piezas y se toma evidencia audiovisual del proceso				X

10. Referencias bibliográficas

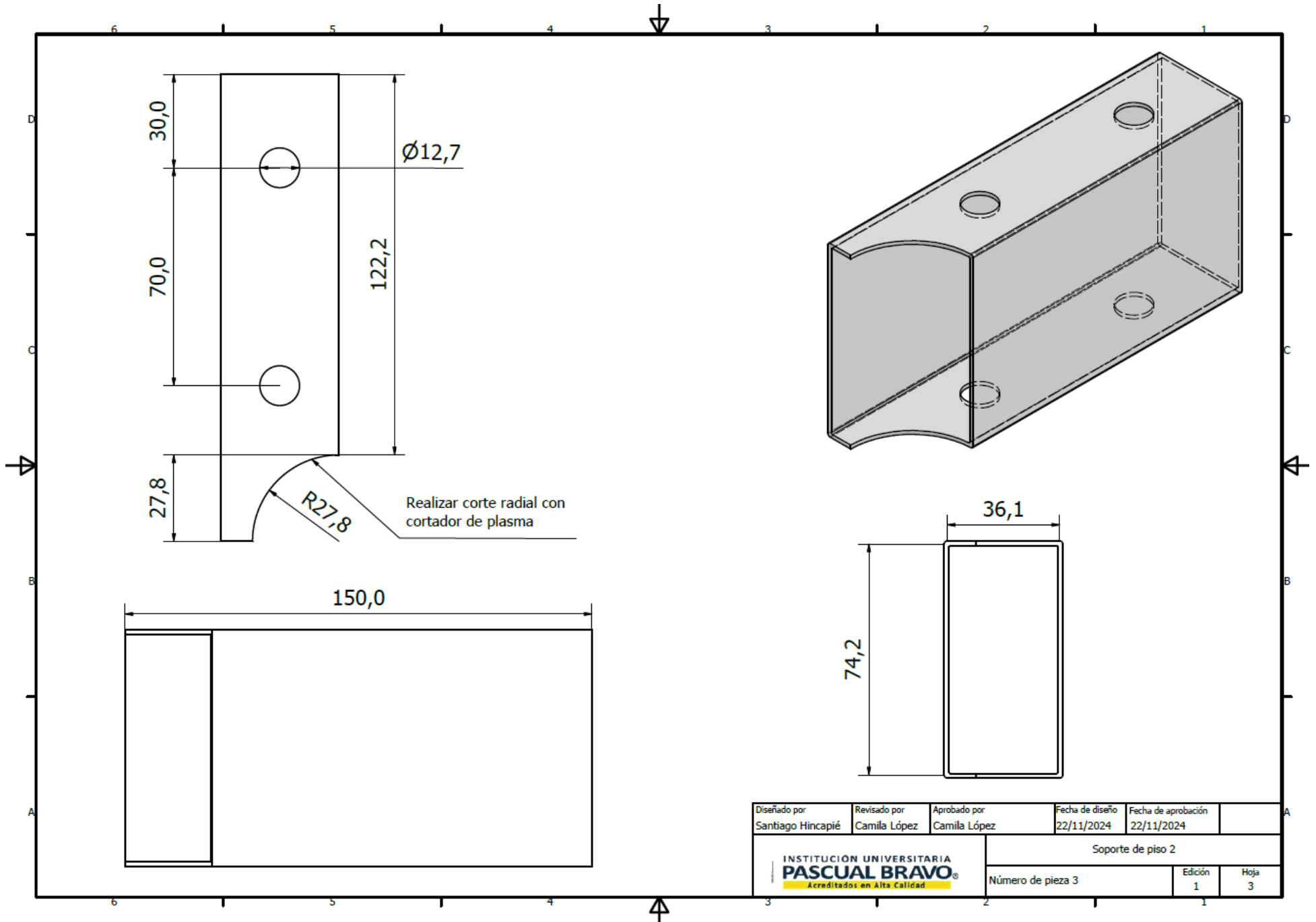
- Revista Motor, (2024) ¿Qué o quién es MacPherson?, Colombia. Información encontrada en: [¿Qué o quién es MacPherson? \(motor.com.co\)](https://motor.com.co)
- Futurity Machines (2023) Elevador hidráulico para autos, Perú. Información encontrada en: [Elevador hidráulico para autos - Trax Park](#)
- Tecnotalleres, (2019) Compresor de resortes de espirales sencillo, Colombia, Información encontrada en: [COMPRESOR DE RESORTES DE ESPIRALES SENCILLO - TECNOTALLERES](#)
- Oliva Domínguez, Rubén (2011) Suspensiones vehiculares, España. Información encontrada en: [Microsoft Word - PFC RUBÉN OLIVA DOMÍNGUEZ 18 DE NOVIEMBRE 2011 \(ingemecanica.com\)](#)
- AG Suspensiones, (2023) Recomendaciones y Precauciones al Cambiar un Resorte de Suspensión, Argentina. Información encontrada en: [Recomendaciones y Precauciones al Cambiar un Resorte de Suspensión – AG](#)
- Recambios Punto Red (2022) ¿Cuánto tiempo se tarda en cambiar los amortiguadores y cuál es el proceso?, España. Información encontrada en: [¿Cuánto tiempo se tarda en cambiar amortiguadores y cuál es el proceso? - Recambios Punto Red](#)
- Ruiz Pérez, Christian-Israel (2009) Caracterización dinámica del comportamiento de un amortiguador en un banco de ensayos, España. Información encontrada en: [Caracterización dinámica del comportamiento de un amortiguador en un banco de ensayos \(uc3m.es\)](#)
- Exxon Mobil Corporation, (2024) ¿Qué es y para qué sirve un amortiguador?, México. Información encontrada en: [¿Qué es y para qué sirve un amortiguador? | Mobil México](#)
- Fast Repro (2024) Los peligros de reparar una avería de suspensión en un taller sin experiencia, España. Información encontrada en: [✓✓ Los peligros de reparar avería suspensiones en un taller sin experiencia - Taller Fastrepro \(fast-repro.com\)](#)
- El taller de Roldansoft (2016) Como cambiar los amortiguadores delanteros de tu coche, España. Información encontrada en: [Como cambiar amortiguadores delanteros de tu coche - Facil - DIY](#)

11. Anexos

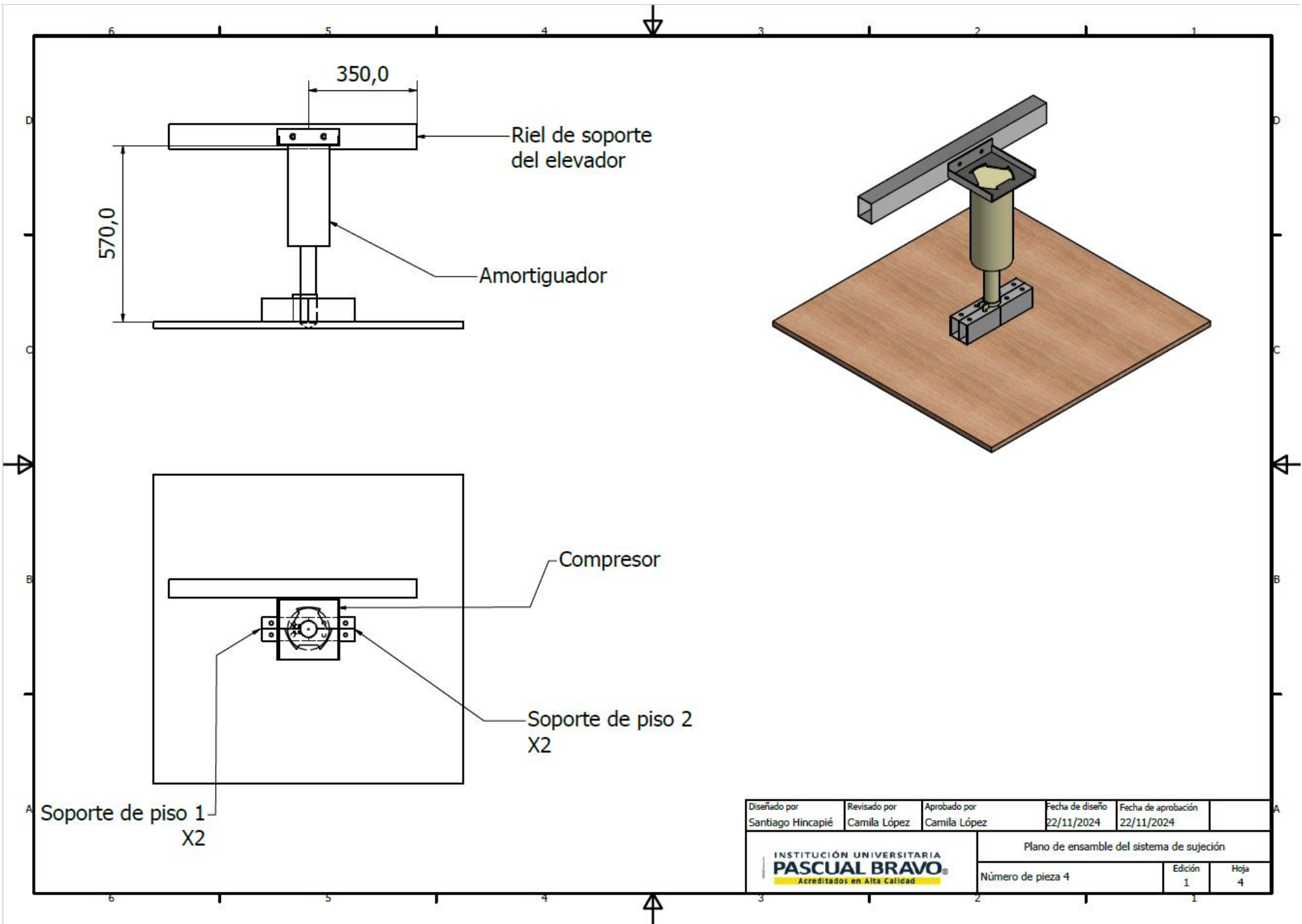




Diseñado por Santiago Hincapié	Revisado por Camila López	Aprobado por Camila López	Fecha de diseño 22/11/2024	Fecha de aprobación 22/11/2024	
INSTITUCIÓN UNIVERSITARIA PASCUAL BRAVO Acreditados en Alta Calidad			Soporte de piso 1		
			Número de pieza 2	Edición 1	Hoja 2



Diseñado por Santiago Hincapié	Revisado por Camila López	Aprobado por Camila López	Fecha de diseño 22/11/2024	Fecha de aprobación 22/11/2024	
INSTITUCIÓN UNIVERSITARIA PASCUAL BRAVO <small>Acreditados en Alta Calidad</small>			Soporte de piso 2		
Número de pieza 3			Edición 1	Hoja 3	



Diseñado por Santiago Hincapié	Revisado por Camila López	Aprobado por Camila López	Fecha de diseño 22/11/2024	Fecha de aprobación 22/11/2024
INSTITUCIÓN UNIVERSITARIA PASCUAL BRAVO® Acreditados en Alta Calidad			Plano de ensamble del sistema de sujeción	
			Número de pieza 4	Edición 1