

PROYECTOS DE INVESTIGACIÓN 2014

MEMORIA DEL PROYECTO Nº SV-14-GIJON-01-03

1. DATOS DEL PROYECTO

Título: Montaje y test de moto-laboratorio de prueba de suspensiones.

Investigador responsable: Álvaro Noriega González

Tfno: 98 518 2469

E-mail: noriegaalvaro@uniovi.es

Otros investigadores:

David Blanco Fernández, Daniel Álvarez Mantaras

Empresas o instituciones colaboradoras.

Talleres RPM

2. MEMORIA DESCRIPTIVA DEL PROYECTO

2.1 Resumen ejecutivo (modifique y complete según corresponda)

Durante los años 2012 y 2013, el investigador principal de este proyecto desarrolló una metodología novedosa de síntesis de suspensiones y la utilizó para diseñar suspensiones progresivas para vehículos, específicamente para motocicletas.

Durante el año 2013, se ha trabajado en un proyecto, con ayuda del IUTA, en el que se realizó el diseño de un chasis modular para moto laboratorio que permita probar distintos tipos de suspensiones traseras progresivas diseñadas con la metodología anterior. Dicho chasis ha sido desarrollado con las especificaciones de la categoría Pre-Moto3 que se utilizan en las categorías de promoción del motociclismo de velocidad a petición de la empresa colaboradora con el objetivo de poder aprovechar las geometrías y conclusiones que se extraigan de las pruebas en el desarrollo de un nuevo modelo comercial de motocicleta para copas de promoción.

El presente proyecto es una continuación del anterior y tiene como objetivo construir la moto-laboratorio diseñada en el proyecto anterior. Durante el desarrollo del mismo se han mecanizado componentes y se han ensamblado para formar el chasis de la moto-laboratorio. Esta tarea fue subcontratada y su periodo de realización se ha alargado considerablemente, retrasando todas las demás del proyecto. También se ha comprado un grupo motopropulsor comercial y todos sus sistemas auxiliares (escape, alimentación, refrigeración,...) y se han instalado en el chasis ya montado.

Actualmente, se está verificando la seguridad del chasis mediante pruebas estáticas y se está trabajando en su sensorización. También se han diseñado una serie de pruebas dinámicas a realizar (curva lenta, slalom, frenada,...) que se utilizarán para medir las reacciones de la moto-laboratorio. Dado que la moto construida está equipada con neumáticos lisos, se ha decidido retrasar esta última actividad a la primavera de 2015 por razones de seguridad del piloto.

En base a los resultados y conclusiones que se extraigan de esas pruebas, la empresa colaboradora podrá escoger el sistema de suspensión trasera que

considere más adecuado, así como valorar el comportamiento de la geometría del chasis propuesto y proponer posibles modificaciones para la versión de serie a comercializar en el futuro.

Por su parte, el grupo de investigación ha publicado un artículo en el XX Congreso Nacional de Ingeniería Mecánica sobre el ajuste virtual de las suspensiones de la moto-laboratorio y tiene en revisión en la revista JCR "Multibody System Dynamics" un artículo sobre la síntesis dimensional de suspensiones de moto. Con los resultados de los test de la moto-laboratorio se podrá validar experimentalmente la metodología de puesta a punto base de suspensiones que se ha estado desarrollando y publicado. Se espera que esta validación experimental genere alguna publicación en congreso y en revista JCR ya que el tema de diseño y puesta a punto de suspensiones de moto es un campo casi virgen en las publicaciones científicas. Dichas publicaciones podrían tener un elevado interés para los ingenieros de pista en formación de las competiciones de moto ya que, hasta ahora, la metodología de puesta a punto de cada equipo es secreta y el conocimiento real se encuentra en la experiencia de los ingenieros senior, los cuales suelen ser reacios a compartirlo.

Finalmente, se prevé que el modelo de chasis se utilice para desarrollar una futura moto eléctrica para copas de promoción. Para ello, sobre la moto-laboratorio fabricada, se adaptará un motor eléctrico y se diseñará una transmisión ajustándose al espacio disponible y teniendo en cuenta la volumetría, peso y situación de la batería. También se desarrollará el sistema de control para este nuevo grupo propulsor.

2.2 Objetivos iniciales del proyecto y grado de consecución (modifique y complete según corresponda)

El objetivo inicial de este proyecto era el montaje, sensorizado y test de una moto laboratorio para el ensayo, tanto de tipos de suspensión como de metodologías de puesta a punto de las mismas.

Sin embargo, la tarea de fabricación de los componentes mecánicos ya estaba retrasada en el anterior proyecto y ha debido ser realizada en los primeros meses del año 2014. Además, algunas piezas se tuvieron que retocar y/o rediseñar para solucionar problemas de acople a piezas comerciales que se compraron como alternativa a las originalmente supuestas dada la no disponibilidad de las mismas en los distribuidores. La fabricación de estas piezas se alargó hasta Junio de 2014.

Entre los meses de Junio y Octubre-Noviembre se ha estado ajustando el sistema motopropulsor, siendo necesario más trabajo del planificado para hacer esto dada la mala calidad de algunos componentes de origen asiático y la recepción de piezas erróneas tras los pedidos.

La tarea de sensorizado se está realizando durante el mes de diciembre de 2014 y se prevé realizar los test dinámicos durante la primavera de 2015 cuando las condiciones climatológicas lo permitan.

La consecución de los dos objetivos secundarios:

- Para la empresa colaboradora: Disponer de un prototipo real para poder probar la geometría del producto

- Para el grupo de investigación: Validar experimentalmente la metodología de puesta a punto de suspensiones

se ha retrasado hasta analizar los datos de las pruebas que se realizarán en la primavera de 2015.

2.3 Tareas realizadas

Durante la ejecución del este proyecto se han realizado las siguientes tareas:

Tarea 1. Fabricación y montaje del prototipo

Fabricación de piezas mecanizadas

Se han mecanizado algunas piezas metálicas que componen el chasis diseñado como las vigas laterales del bastidor. Esta tarea se realiza se ha subcontratado al área de IPF del Departamento de Construcción e Ingeniería de Fabricación de UniOvi.

También se han cortado distintas chapas con el equipo de laser del área de IM del Departamento de Construcción e Ingeniería de Fabricación de UniOvi que van desde garras para cambio de muelles de suspensión como orejetas, plantillas de soldadura o soportes de motor, entre otras. Esta tarea ha sido realizado por el técnico de laboratorio de IM-IPF y ha necesitado de un rediseño de algunas piezas previo a su ejecución (por ejemplo, las garras) que han realizado los becarios Borja y Jairo del Blanco. En la Figura 1 se pueden ver algunas de esas piezas.



Figura 1. Garras y copas para el cambio de muelles y piezas para la plantilla de soldadura

Soldadura de elementos

Las tareas de soldadura de orejetas al eje trasero del bastidor se han realizado en la empresa Talleres Casi, en Llanes. Las tareas de soldadura del soporte delantero del motor se han realizado en la empresa colaboradora Carrocerías Peña Corada en Avilés. Ambas piezas se pueden ver en color gris oscuro en la Figura 1.

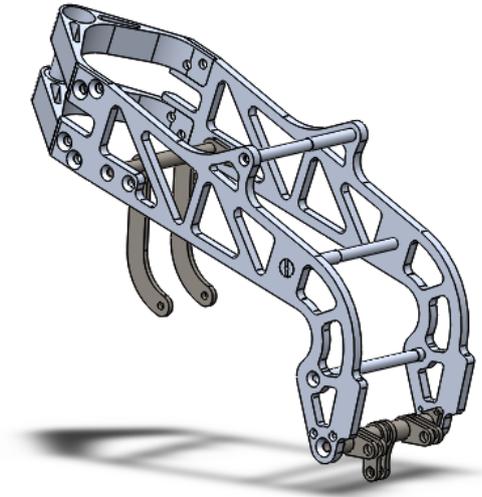


Figura 1. Bastidor de aluminio atornillado (gris claro) con conjunto de acero mecanizado y soldado (gris oscuro)

Montaje del prototipo

El montaje del bastidor se ha realizado en los laboratorios del área de IM del Departamento de Construcción e Ingeniería de Fabricación de UniOvi reutilizando piezas de la moto con la que compitió el equipo MS2 Uniovi en el concurso Motostudent 2012, como por ejemplo, horquilla, rueda y equipo de frenos delantero. Los becarios Borja y Jairo del Blanco se encargaron de realizar este montaje. En la Figura 2 se puede ver el bastidor montado a la espera de colocar el grupo motopropulsor. En la Figura 3 se puede ver el motor colocado en el bastidor.



Figura 2. Bastidor sin el grupo motopropulsor (retirado para la puesta a punto del motor)



Figura 2. Bastidor con el grupo motopulsor

Posteriormente, el prototipo se llevó a los talleres de la empresa JVQuad en Posada de Llanera que se encargó de poner a punto el motor.

Tarea 2. Verificación del prototipo

Se han definido las pruebas dimensionales (puntos de medida y tolerancias) y de resistencia estática (cargas a aplicar, deformaciones a medir y tolerancias) para verificar la correcta fabricación y montaje del prototipo. Dichas pruebas tienen por objeto comprobar que el prototipo es seguro para el piloto de cara a las pruebas en circuito. Las pruebas estáticas a pasar están basadas en las verificaciones técnicas previas a las competición Motostudent.

Tarea 3. Sensorización del prototipo

Actualmente (finales de Noviembre y principios de Diciembre de 2014), se está instalando la unidad de seguimiento GPS junto con el inclinómetro y el acelerómetro triaxial. Posteriormente, se instalarán unos sensores para medir la carrera de las suspensiones. Se probará el correcto funcionamiento de todos estos dispositivos cuando estén montados. Esta tarea la está realizando el becario Jairo del Blanco con la supervisión del investigador Daniel Álvarez.

Tarea 4. Pruebas dinámicas del prototipo

Se ha diseñado una batería de pruebas dinámicas a baja velocidad y se han obtenido los ajustes óptimos para las mismas mediante simulación virtual.

Estos ajustes se implementarán en el prototipo construido y se realizará dichas maniobras de manera real, midiendo el comportamiento de la moto con los sensores instalados. Para ello, se solicitará permiso para el uso de algún aparcamiento del campus universitario de Gijón, preferentemente, el situado junto a la escuela de Marina Civil del Campus de Gijón ya que dispone de suficiente espacio para realizar dichas maniobras.

Esta tarea se realizará en primavera de 2015.

Tarea 5. Pruebas en circuito

Se probará el comportamiento de la moto en un circuito de karting real (circuito Fernando Alonso o circuito de Asturias). El objetivo es comprobar el comportamiento real de la misma antes solicitaciones límite. En esta tarea, se contará con la colaboración de un piloto profesional.

La realización de esta tarea dependerá de la existencia de un piloto profesional colaborador y de fondos que cubran el desplazamiento y alquiler del circuito así como los consumibles gastados.

2.4 Resultados obtenidos

A finales del año 2014, ya se dispone de una moto-laboratorio funcional y solo está pendiente su ensayo experimental cuando las condiciones climatológicas lo permitan. En función de los resultados de dichos ensayos:

- 1) La empresa colaboradora podrá valorar de manera experimental el comportamiento de la geometría de chasis que se ha desarrollado. Su experiencia en competición les permitirá identificar posibles defectos en el comportamiento y proponer soluciones en el caso de que sean consecuencia de errores en el ajuste de la moto (transmisión, motor,...). Se espera que todo esto le ayude a conseguir un chasis mejor para la moto que se pondrá a la venta.
- 2) Los investigadores podrán validar experimentalmente la metodología propuesta de puesta a punto base de suspensiones. Se ha detectado un nicho en la línea investigadora sobre suspensiones de moto ya que es un tema sobre el que existe muy poca información publicada y puede dar lugar a una línea fuerte de publicaciones.

2.5 Trabajos o necesidades futuras

Se prevé que el modelo de chasis se utilice para desarrollar una futura moto eléctrica para copas de promoción. Para ello, sobre la moto-laboratorio fabricada, se adaptará un motor eléctrico y se diseñará una transmisión ajustándose al espacio disponible y teniendo en cuenta la volumetría, peso y situación de la batería. También se desarrollará el sistema de control para este nuevo grupo propulsor. Ya se ha contactado con investigadores del Máster en Conversión de Energía Eléctrica y Transporte Sostenible y se ha propuesto un Trabajo Fin de Master en esa línea. También se ha contactado con la Universidad de Nottingham, la cual dispone de un

equipo de competición en motos eléctricas en las series mundiales TTXGP y que se ha mostrado interesada en colaborar en este proyecto.

Por otro lado, se prevé la difusión a medio plazo (1-2 años) de los resultados experimentales de este proyecto a través de artículos en revista JCR o en congreso. Con los resultados obtenidos, se prevé escribir:

- Un artículo sobre la aplicación de la metodología de síntesis a la suspensión trasera de motocicletas incluyendo el efecto del amortiguador. Las revistas objetivo para este artículo son Mechanism and Machine Theory y International Journal of Vehicle Design.
- Un artículo sobre la validación experimental del modelo de suspensión diseñado para enviar a Vehicle System Dynamics o International Journal of Vehicle Design.

2.6 Divulgación de los resultados (publicaciones, artículos, ponencias...)

Se han realizado las siguientes actividades divulgativas:

- 1) Ponencia en el XX Congreso Nacional de Ingeniería Mecánica celebrado en Málaga los días 2, 3 y 4 de Octubre de 2013. La ponencia se tituló “ Metodología de ajuste de suspensiones de motocicleta basada en experimentación virtual” y ha sido publicada como en el libro “Anales de Ingeniería Mecánica”. En las Figuras 4 y 5 se ve la portada del libro y la última página del artículo (con los agradecimientos a este proyecto y a los anteriores).



XX CONGRESO NACIONAL DE INGENIERÍA MECÁNICA

Málaga, 24-26 Septiembre, 2014



Anales de
Ingeniería Mecánica
Revista de la Asociación Española de Ingeniería Mecánica

Año 19 | Málaga | Septiembre 2014

Figura 4. Portada del libro

Tabla 3: Recomendaciones de puesta a punto.

	Recomendaciones
Paso por curva lento	Disminuir rigidez de los muelles en la horquilla delantera
Paso por curva rápido	Disminuir rigidez de los muelles en la horquilla delantera Aumentar amortiguamiento en extensión para la suspensión trasera Disminuir amortiguamiento en compresión en ambas suspensiones
Paso por dos curvas enlazadas (slalom)	Disminuir rigidez de los muelles en la horquilla delantera Aumentar rigidez de los muelles en la suspensión trasera Disminuir amortiguamiento en compresión para la horquilla delantera Aumentar amortiguamiento en extensión para la horquilla delantera Aumentar amortiguamiento en compresión para la suspensión trasera
Prueba de frenado	Aumentar precarga de los muelles delanteros Aumentar rigidez de los muelles delanteros Disminuir amortiguamiento en compresión para la horquilla delantera Disminuir amortiguamiento en extensión para la horquilla delantera Rebajar la suspensión de la moto

5. Conclusiones

Cabe destacar en primer lugar la enorme complejidad existente en la simulación dinámica virtual de un vehículo de dos ruedas, dado el gran número de factores que intervienen en el proceso (movimientos del piloto, efectos giroscópicos, etc.), y que es un sistema intrínsecamente inestable. De esto se desprende que un controlador PID es demasiado elemental para realizar un control adecuado del vehículo, especialmente en condiciones de competición. Debido a esto, se propone el desarrollo de un modelo de piloto externo, desarrollado en *Simulink*, donde se defina el comportamiento del piloto, empleando *ADAMS* como software de simulación, únicamente. No obstante, es destacable que esto no invalida la metodología desarrollada, puesto que su aplicación y desarrollo serían completamente análogos, con independencia del modelo de control empleado.

Adicionalmente, se detecta que el reglaje óptimo obtenido está situado cerca de la frontera del espacio de trabajo considerado, lo que hace pensar que empleando este punto como nuevo punto central, para un nuevo espacio de trabajo, podría dar como resultado un nuevo reglaje óptimo que podría proporcionar unos mejores resultados. No obstante, se considera poco interesante el estudio de sucesivos espacios de trabajo, debido a que el objetivo fundamental de este trabajo es el ahorro de tiempo en la puesta a punto de una moto de competición, objetivo que no se cumpliría si se aplicase de forma indiscriminada esta metodología, pudiendo además darse el caso de que el reglaje óptimo obtenido no fuese alcanzable por las piezas empleadas. Adicionalmente, se busca con la aplicación de esta metodología la obtención de un punto de partida para su prueba en circuito, y no de un reglaje óptimo en términos absolutos.

Finalmente, parece confirmarse que los esfuerzos invertidos por los fabricantes y equipos de competición en el empleo de sistemas de suspensión cada vez más complejos está justificado, dado que se ha comprobado que la suspensión Unit Pro-Link parece, en términos generales, tener una ventaja competitiva frente a los otros dos tipos de suspensión considerados, especialmente comparándolo con el sistema más elemental, el sistema Cantilever.

6. Agradecimientos

Los datos de partida de este trabajo se han obtenido gracias al soporte financiero del PPI – Proyectos de investigación singulares EXPLORA 2012 de la Universidad de Oviedo (Proyecto UNOV-12-MC-2) y del IUTA y el Ayuntamiento de Gijón (proyectos SV-13-GIJON-1 y SV-14-GIJON-1). También se agradece la colaboración brindada por los becarios Jairo y Borja del Blanco Jardón por la información proporcionada sobre la moto laboratorio.

7. Referencias

- [1] T. Foale. *Motocicletas, Comportamiento dinámico y diseño de chasis*. Ed. Tony Foale, 2003.
- [2] A. Noriega, D.A. Mantaras, D. Blanco. Kinetostatic benchmark of rear suspension systems for motorcycle. *New advances in Mechanisms, Transmissions and Applications, Proceedings of the Second Conference MetrApp 2013*. Springer (2013). ISBN 978-94-007-7484-1.

Figura 5. Última página del artículo y agradecimientos

- 2) Se ha escrito un artículo sobre la metodología de modelización y síntesis de mecanismos planos titulado “Síntesis dimensional de mecanismos planos compuestos exclusivamente por pares R con condiciones de posición, velocidad y aceleración”. Desde Junio de 2014, se encuentra en proceso de revisión en la revista JCR (Q1) “Multibody System Dynamics”.

- 3) El becario Jairo del Blanco Jardón está ultimando su Proyecto Fin de Carrera titulado “Diseño, construcción y ensayo de chasis para moto laboratorio” que trata sobre el diseño, fabricación, montaje y test de la moto-laboratorio objeto de este proyecto de investigación.

3. MEMORIA ECONÓMICA

Financiación		Personal	Inventariable	Fungible	Otros gastos
IUTA	SV-14-GIJÓN-1.	1.500 €			
Otras fuentes	Referencia proyecto/contrato				
Personal Becario	Nombre	BORJA DEL BLANCO JARDÓN			
	Tareas				
	Período	1 AL 30 DE ABRIL			
Personal Becario	Nombre	JAIRO DEL BLANCO JARDÓN			
	Tareas				
	Período	1 AL 30 DE JUNIO			

4. OTROS PROYECTOS O ACTIVIDADES FORMATIVAS CON FINANCIACIÓN EXTERNA

Título del proyecto	
Referencia	
Investigador/a/es principal/es	
Equipo investigador	
Periodo de vigencia	
Entidad financiadora	
Cantidad subvencionada	