



UNIVERSITAT  
POLITÈCNICA  
DE VALÈNCIA

  
ETSI Aeroespacial y Diseño Industrial

UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE VALÈNCIA

Escuela Técnica Superior de Ingeniería Aeroespacial  
y Diseño Industrial

Análisis de un sistema de adquisición de datos en una  
motocicleta de competición

Trabajo Fin de Grado

Grado en Ingeniería Mecánica

AUTOR/A: Pérez Almiñana, Miguel

Tutor/a: Plá Moreno, Benjamín

CURSO ACADÉMICO: 2023/2024



UNIVERSITAT  
POLITÈCNICA  
DE VALÈNCIA



ETSI Aeroespacial y Diseño Industrial

UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE VALÈNCIA

Escuela Técnica Superior de Ingeniería Aeroespacial  
y Diseño Industrial

Análisis de un sistema de adquisición de  
datos en una motocicleta de competición

Trabajo de fin de Grado

Grado en Ingeniería Mecánica

AUTOR/A: Pérez Almiñana, Miguel

Tutor/A: Plá Moreno, Benjamín

CURSO ACADÉMICO: 2023-2024

# **Resumen**

Este Trabajo Fin de Grado consiste en analizar un sistema de adquisición de datos de una motocicleta de competición, mediante el software Race Studio 2 y se estudiarán de manera exhaustiva los parámetros más importantes para entender el funcionamiento tanto de la motocicleta como del piloto en pista y así, se darán las claves para optimizar su rendimiento. Se explicará brevemente el concepto de telemetría, cómo funciona el análisis de datos en el motociclismo, la importancia de los técnicos que llevan la labor de analizar los datos conjuntamente con las sensaciones del piloto y el software utilizado en este proyecto. Se conocerá la motocicleta utilizada, la comparación con prototipos similares y toda la preparación necesaria para la competición. También se indagará en la configuración de suspensiones, cambio, geometría y neumáticos. Una vez se conocen la motocicleta y su configuración, se estudiarán los parámetros característicos que serán analizados en una vuelta a un circuito: velocidad de GPS, recorridos de las suspensiones delanteras y traseras, porcentaje de gas, revoluciones por minuto del motor y el sensor Lambda que muestra la mezcla aire combustible en cada momento. A continuación de la realización de este análisis, se comparará el pilotaje de dos competidores con la misma motocicleta, donde a partir de analizar parámetros como el porcentaje de gas, revoluciones del motor y velocidad en cada punto de la pista, se podrá obtener suficiente información de qué estilo de pilotaje es el más adecuado para conducir este tipo de motocicletas y donde están las diferencias en pista entre los dos pilotos. Después de haber estudiado a través del programa software todos los datos, se procederá a intentar optimizar el rendimiento de la motocicleta a partir del conocimiento obtenido durante la realización del proyecto gracias a la experiencia del equipo de competición Cuna de Campeones del Circuito Ricardo Tormo de Cheste. Una vez realizado este estudio, se procederá a la creación de un nuevo canal para la obtención de nuevos datos para una posible optimización del análisis realizado anteriormente y se explicará paso a paso. Este nuevo canal, permitirá calcular la marcha engranada en cada momento. Por último se recogerá la información necesaria para elaborar un presupuesto de todos los sensores que se necesitan para realizar este tipo de análisis y se llevará a cabo la redacción de las conclusiones del proyecto.

# ***Índice general***

<b>I - Memoria</b>	<b>7</b>
<b>1. Introducción</b>	<b>8</b>
1.1 Concepto de telemetría	8
1.2 Cómo funciona el análisis de datos en motociclismo	9
1.3 La importancia de los técnicos y las sensaciones del piloto	10
1.4 Software utilizado para el análisis de datos	11
<b>2. Objetivos</b>	<b>13</b>
2.1 Viabilidad	13
<b>3. Motocicleta de competición</b>	<b>14</b>
3.1 Diferencias principales entre MIR PreMoto3 y Moto3	15
3.2 Elementos principales de la MIR Premoto3	18
<b>4. Análisis vuelta rápida en circuito de competición</b>	<b>26</b>
4.1 Características del Circuito de Jerez-Ángel Nieto	26
4.2 Settings de partida	28
4.3 Parámetros característicos	33
<b>5. Comparación entre pilotos con la misma moto</b>	<b>49</b>
<b>6. Cambios a realizar para mejora de rendimiento</b>	<b>57</b>
6.1 Suspensiones	57
6.2 Relación de cambio o desarrollo	71
6.3 Mapa motor	80
6.4 Ideal time	86
<b>7. Creación de nuevo canal para optimización de análisis</b>	<b>87</b>
<b>8. Conclusiones</b>	<b>91</b>
<b>9. Bibliografía</b>	<b>94</b>
<b>I I - Pliego de Condiciones</b>	<b>96</b>
<b>1. Pliego de condiciones</b>	<b>97</b>
<b>I I I - Presupuesto</b>	<b>100</b>
<b>1. Presupuesto</b>	<b>101</b>

# Índice de figuras

1.1 Menú Race Studio Analysis AIM	12
1.2 Visión general análisis de datos	12
3.1 MIR PreMoto3 Cuna de Campeones Visión Frontal	14
3.2 MIR PreMoto3 Cuna de Campeones Visión Trasera	14
3.3 MIR PreMoto3 Cuna de Campeones Visión General	15
3.4 Moto3 del Mundial de motociclismo	16
3.5 Motor MIR Premoto3	18
3.6 Embrague antirrebote STM	19
3.7 Número de chasis MIR Premoto3	20
3.8 Discos de freno NG	21
3.9 Pinza de freno Brembo	21
3.10 Bomba de freno y maneta Brembo	21
3.11 Latiguillos Brembo	21
3.12 Llantas Marchesini Racing de aluminio	22
3.13 Cartuchos delanteros Showa Kit Andreani	23
3.14 Amortiguador trasero Gubellini Racing	23
3.15 Escape Turbokit especial MIR Premoto3	24
3.16 Amortiguador de dirección Fast Race Performance	24
3.17 Neumáticos Dunlop KR Moto3	25
4.1 Mapa Circuito de Jerez - Ángel Nieto	26
4.2 Temperatura ambiente Circuito Jerez	32
4.3 Visión general Race Studio 2 Técnico Profesional	33
4.4 GPS Speed	35
4.5 GPS Speed Curva 11	36
4.6 Análisis Lambda recta trasera	38
4.7 RPM Máx,med,min	39
4.8 Throttle position system	40
4.9 TPS Curva 12	41
4.10 Recorridos suspensiones delanteras	45
4.11 Recorridos suspensiones traseras	46
4.12 Frenada con invertido durante la carrera del mundial de MotoE en Barcelona	47
4.13 Análisis tabla de medias	48
5.1 Gráfico general comparación pilotaje	50
5.2 Gráfico diferencia T3-T4	51
5.3 Comparativa contrarrecta	52
5.4 Comparativa T6 y Sector 3	54
5.5 Comparativa Sector 4, T11-T12	55
5.6 Piloto de MotoE con su técnico	56

6.1 Tabla de medias SuspF-SuspR	58
6.2 Setting delantero propuesto 1	61
6.3 Setting delantero propuesto 2	62
6.4 Setting delantero propuesto 3	63
6.5 Setting delantero propuesto 4	63
6.6 Setting delantero propuesto 5	64
6.7 Setting trasero propuesto 1	66
6.8 Setting trasero propuesto 2	67
6.9 Setting trasero propuesto 3	68
6.10 Setting trasero propuesto 4	69
6.11 Piñón MIR Premoto3	71
6.12 Corona MIR Premoto3	71
6.13 RPM Mínimas	72
6.14 RPM Máximas	72
6.15 Datos neumático/llanta	73
6.16 Datos fabricante motor	73
6.17 Objetivo velocidad por marcha	74
6.18 Desarrollos MIR Premoto3	74
6.19 Opción desarrollo 1	75
6.20 Opción desarrollo 2	76
6.21 Opción desarrollo 3	77
6.22 Diferencia longitud de basculante	78
6.23 Comparación velocidad objetivo con opciones 1,2,3	79
6.24 Lambda <50% TPS	81
6.25 Lambda >50% TPS	81
6.26 Mapa motor actual	82
6.27 Selección valores TPS <50%	83
6.28 Incremento 5%	84
6.29 Incremento 3%	85
6.30 Vueltas sesión por parciales	86
7.1 Cálculo marcha	87
7.2 Reinicio calibración marcha	88

# **Índice de cuadros**

<i>3.1 Información general MIR Premoto3</i>	15
<i>3.2 Información general Moto3</i>	17
<i>4.1 Canales Principales</i>	34
<i>6.15 Datos neumático/llanta</i>	74
<i>6.16 Datos fabricante motor</i>	74
<i>6.17 Objetivo velocidad por marcha</i>	75
<i>6.18 Desarrollos MIR Premoto3</i>	75

Parte I

Memoria

# 1 | Introducción

## ***1.1 Concepto de telemetría***

En este proyecto se va a analizar lo que vulgarmente se le llama telemetría de la motocicleta, pero este término no es correcto en el mundo del motociclismo.

Según la Real Academia Española (RAE) la telemetría es el “conjunto de técnicas para la medida a distancia de magnitudes físicas”. En otras disciplinas de motor como la Fórmula 1 sí se utiliza la telemetría y los datos registrados en el coche se pueden leer en tiempo real desde el box, pueden ser analizados mientras el piloto está en pista, pudiendo incluso realizar modificaciones en el monoplaza para optimizar su rendimiento en esa misma sesión.

En el motociclismo de competición no está permitido el uso de telemetría, por lo que, se realiza un registro y análisis de datos mediante sensores en puntos específicos de la motocicleta. Así pues, cuando el piloto realiza una parada en boxes, toda la información que tienen los sensores es recogida por el ordenador y es analizada por los técnicos especialistas mediante programas software de análisis de datos.

## ***1.2 Cómo funciona el análisis de datos en motociclismo***

Todo lo que sucede en una moto de competición es recogido por una serie de sensores, que graban a través de canales informáticos datos acerca de la temperatura del motor y sus líquidos en todas las partes interesantes para los ingenieros, al igual que las presiones en el interior de los airbox y en los conductos de admisión y escape.

Se miden igualmente recorridos de los elementos de amortiguación; registrando los movimientos, su velocidad, longitud y la frecuencia de ambas ruedas al final de sus sistemas de suspensión. También se miden las velocidades de rotación de las ruedas delantera y trasera, para saber al compararlas si cualquiera de ellas está derrapando, fenómeno muy frecuente en motos de gran potencia y al que se le denomina “spinning”.

También se estudian los ángulos de inclinación en curva, o la manera en que el motor entrega la potencia: se registran las revoluciones por minuto, con lo que se deducen los caballos entregados, y también los parámetros que se corresponden con el propio manejo de la moto por parte del piloto, como la apertura del acelerador, la fuerza aplicada de frenada, etc.

El proyecto se centra en el análisis de datos de motos de potencia reducida empleadas por el equipo Cuna de Campeones del Circuito Ricardo Tormo de Cheste.

### ***1.3 La importancia de los técnicos y las sensaciones del piloto.***

La labor de los técnicos es analizar estos datos para mejorar el rendimiento de la motocicleta en pista, esto implica ayudar a que el piloto pueda ir más rápido y con mayor comodidad, haciendo los cambios de reglaje que consideren oportunos a partir de este análisis de datos y de los comentarios que da el propio piloto.

Esta labor es muy compleja, porque no siempre el análisis de estos datos y los cambios que se tienen en mente concuerdan con los sensaciones del piloto. Esto dificulta mucho su trabajo ya que tiene que decidir si tener más en cuenta los datos que puede ver y analizar en el ordenador o, en cambio, enfocarse más en las exigencias del piloto, que muchas veces su realidad está bastante distorsionada por elementos como la presión, otros pilotos, condiciones del asfalto, viento, tiempos por vuelta... etc. Así que, se considera un técnico con altas capacidades al que combina el análisis con el programa software con las sensaciones en pista del piloto para tomar su decisión a través de su experiencia y el conocimiento que tiene de su piloto.

## ***1.4 Software utilizado para el análisis de datos***

El análisis de datos de la motocicleta se realizará mediante el programa Race Studio 2 de la empresa AIM Sportline. Race Studio 2 es la aplicación debidamente diseñada y desarrollada por AIM para configurar sus sistemas de adquisición y análisis de datos utilizando un PC. Se compone de dos software: Race Studio Configuration y Race Studio Analysis.

Race Studio 2 se ha desarrollado siguiendo la evolución de los sistemas de adquisición de datos AIM y mejorando constantemente sus potencialidades.

Con Race Studio 2 es posible integrar en un sistema flexible y dinámico todos los módulos de expansión externos y los dispositivos innovadores que crea el Dpto. de Investigación y Desarrollo de AIM, así como todos los sensores personalizados que cualquier usuario puede conectar a su sistema de adquisición de datos.

Configurar un sistema de adquisición de datos con Race Studio 2 significa adaptarlo a las necesidades de cada uno, sacándole el máximo partido.

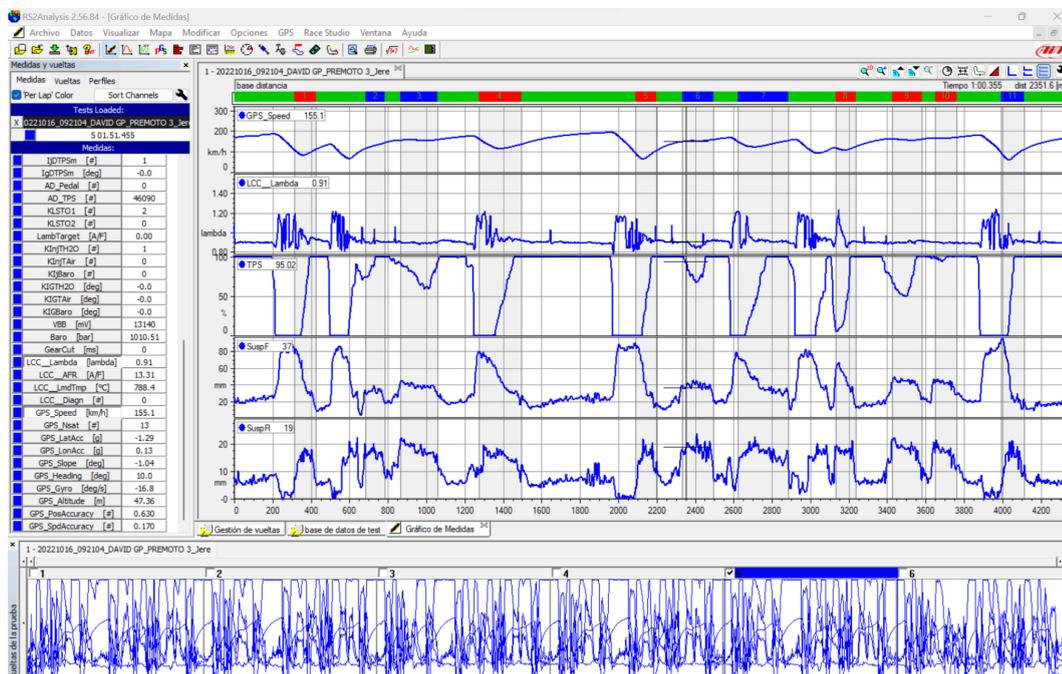
Un adquirente de datos o también llamado Data Logger es un dispositivo que permite capturar las distintas señales enviadas a él por los distintos sensores que tiene instalado el auto. Esta cantidad de sensores va a depender de la cantidad de elementos que se quieran medir.

Los datos son capturados para luego ser procesados por un Software que convierte estos en una interfaz gráfica para el análisis de los mismos.

Después de lograr la adquisición de datos de la motocicleta con un equipo AIM, se pasan los datos a este software para analizar todos los parámetros que inciden en el comportamiento de la moto, de acuerdo a los sensores que tenga el mismo instalado o a través de canales matemáticos creados por el analista. Se necesita conocer bien el funcionamiento del software a fin de utilizar sus funciones y poder interpretar los datos. La adquisición de datos es un radiografía fundamental para saber cómo funciona la moto y como conduce el piloto. Datos desde los cuales se pueden tomar mejores decisiones.



**Figura 1.1 Menú Race Studio Analysis AIM**



**Figura 1.2 Visión general análisis de datos**

## 2 | Objetivos

Los objetivos de este proyecto serán los expuestos a continuación:

- Se aprenderá el comportamiento de una motocicleta de competición a partir del análisis de datos que se recogerán por una serie de sensores y serán mostrados por un programa software llamado Race Studio 2, donde se estudiarán sus parámetros más característicos y más importantes para la optimización del rendimiento de la motocicleta.
- Se entenderán las diferencias de pilotaje entre pilotos de la misma moto y se analizarán todos los detalles que permiten bajar el tiempo por vuelta, ya se vean reflejados en los datos o en otros detalles técnicos dentro de la competición.
- Se procederá a crear un nuevo canal de análisis a partir del conocimiento del programa, aprendido durante la realización de este proyecto.
- Se estudiarán los cambios a realizar para la optimización de la motocicleta, a partir de la evaluación de resultados comparando datos, sensaciones del piloto y tiempos por vuelta.

### **2.1 Viabilidad**

Este trabajo de fin de grado se lleva a cabo en las instalaciones del Circuito Ricardo Tormo de Cheste. El trazado cuenta con una serie de boxes y oficinas modernas donde se ubica el equipo de competición Cuna de Campeones. El equipo cuenta con técnicos especializados en el análisis de datos, motores y suspensiones, además de mecánicos para poner a punto la motocicleta.

El equipo de profesionales del equipo y la infraestructura del mismo donde cuentan con motocicletas, sensores de análisis de datos, software necesario para realizar dicho análisis, camiones para transportar las motos, caja de herramientas y en definitiva, todo el material necesario para competir en un campeonato a nivel nacional permiten que este proyecto se pueda llevar a cabo y que se puedan tener datos muy específicos y relevantes para el estudio del software utilizado.

### 3 | Motocicleta de competición

La motocicleta que se utilizará para este análisis es un prototipo y se le conoce como **PreMoto3**. Las características son muy similares a la Moto3, motocicletas utilizadas en la categoría de menor cilindrada del mundial de motociclismo. La cilindrada de ambas motocicletas es de 250 centímetros cúbicos, las diferencias principales son la calidad y el coste de los componentes. Estas diferencias se explicarán con más detalle durante el desarrollo del siguiente punto.



**Figura 3.1** *MIR PreMoto3 Cuna de Campeones Visión Frontal*



**Figura 3.2** *MIR PreMoto3 Cuna de Campeones Visión trasera*

### **3.1 Diferencias principales entre MIR PreMoto3 y Moto3**

La categoría de Premoto3 está diseñada para pilotos jóvenes entre 12 y 16 años de edad, que pasan de competir en circuitos pequeños (kartings) a circuitos de mayor longitud y envergadura, como pueden ser el Circuito Ricardo Tormo de Cheste o el Circuito de Jerez, donde se disputan pruebas del mundial de motociclismo. Esta categoría está configurada para alcanzar una alta igualdad mecánica y unos costes reducidos, donde el piloto con más talento pueda relucir y tener una base consolidada para poder dar el salto al campeonato de Europa o el mundial de Moto3.

<b>Cubicaje</b>	<b>250cc</b>
<b>Potencia</b>	<b>42 CV</b>
<b>Marchas</b>	<b>5 Manuales</b>
<b>Tipo de motor</b>	<b>Gasolina 4 tiempos monocilíndrico</b>
<b>Motor refrigerado</b>	<b>Aire</b>
<b>Peso</b>	<b>97kg</b>
<b>Precio</b>	<b>25.000 Euros</b>
<b>RPM Máx</b>	<b>12500 rpm</b>

**Tabla 3.1** Información general MIR Premoto3



**Figura 3.3** MIR Premoto3 Visión General

El mundial de Moto3 es la categoría de menor cilindrada de MotoGP. Sustituyó en 2012 a la de 125cc y su organización viene determinada por la Federación Internacional de Motociclismo, al igual que ocurre con sus superiores Moto2 y la propia MotoGP.

El motor de ambas motos tiene el mismo cubicaje, pero la diferencia en caballos de fuerza es bastante significativa, esto es debido a que el reglamento del Campeonato del Mundo de Moto3 permite cambiar ciertos elementos del motor como el pistón, cilindro o la culata. También los motores pueden girar hasta 1500 rpm más.



**Figura 3.4** Moto3 del Mundial de motociclismo

Una diferencia bastante significativa es el cambio, las Moto3 cuentan con 6 marchas lo que les permite optimizar las revoluciones del motor en cada punto del circuito, ya sea una curva lenta para salir con máxima aceleración en primera velocidad o aprovechar la velocidad punta en sexta en los circuitos de largas rectas.

Respecto al tema del peso, las Moto3 cuentan con chasis de mayor tecnología y con materiales de mayores prestaciones, que les permite tener un peso de la motocicleta menor. Algunas marcas como KTM optan por un chasis tubular de acero, mientras que otras marcas como Honda apuestan por el clásico doble viga de aluminio.

Además, las Moto3 utilizan componentes mucho más caros y que proporcionan mayores prestaciones como: suspensiones, frenos, carenados de carbono, llantas aligeradas, escapes. Todo esto, aparte de lo anteriormente dicho, hace que el precio de esta moto multiplique por cuatro el coste de una Premoto3.

La diferencia en tiempo por vuelta entre estas dos motocicletas puede oscilar entre los 5 y 7 segundos por vuelta, dependiendo de la longitud del trazado. Considerando que la Premoto3 es una moto 4 veces menos costosa que la Moto3, los tiempos por vuelta son bastante competitivos.

<b>Cubicaje</b>	<b>250cc</b>
<b>Potencia</b>	<b>55 CV</b>
<b>Marchas</b>	<b>6 Manuales</b>
<b>Tipo de motor</b>	<b>Gasolina 4 tiempos monocilíndrico</b>
<b>Motor refrigerado</b>	<b>Aire</b>
<b>Peso</b>	<b>90kg</b>
<b>Precio</b>	<b>100.000 Euros</b>
<b>RPM Máx</b>	<b>14000 rpm</b>

**Tabla 3.2** Información general Moto3

## 3.2 Elementos principales de la MIR Premoto3

**Motor:** El motor es la parte principal de la motocicleta ya que es el encargado de aplicar la potencia a la rueda. El reglamento del Campeonato de España permite utilizar un motor Yamaha monocilíndrico de inyección de 250 centímetros cúbicos, para reducir costes y aumentar su vida útil se limita mucho la modificación de piezas. Tanto la culata, las válvulas, asientos de válvulas, guías de válvulas, muelles de válvulas, copelas (retenedores) de los muelles, árbol de levas, piñones de los árboles de levas, cilindros, pistones, aros de pistón, cigüeñal, biela, carters motor (tapas de carters de encendido y embrague), bombas de aceite y conductos de aceite deben ser la pieza originalmente montada y homologada sin ninguna modificación permitida.



Figura 3.5 Motor MIR Premoto3

**Transmisión / Caja de cambios:** La caja de cambios será la homologada por el fabricante del motor en todos sus componentes. El número de marchas será el homologado por el fabricante del motor, 5 marchas. Se pueden modificar el piñón, la corona de la rueda trasera, el paso de cadena y sus medidas. Durante el transcurso de este proyecto se explicará la importancia de tener una buena configuración de transmisión con un piñón y corona adecuados.

**Embrague:** El embrague utilizado será el denominado embrague antirrebote, este tipo de embrague es de vital importancia para mejorar los tiempos por vuelta.



**Figura 3.6** Embrague antirrebote STM

El embrague antirrebote es utilizado en la mayoría de motos de competición ya que mejora el rendimiento cada vez que se reduce a una marcha inferior. Es capaz de deslizarse cuando la velocidad de giro del motor es inferior a la velocidad de la moto, hasta igualar ambas velocidades, de manera que se evitan esos incómodos bloqueos y botes, que dificultan la frenada, haciendo que la moto sea más inestable y que pueda provocar coladas o incluso caídas. Así pues, el embrague antirrebote aporta importantes beneficios a la conducción. Entre ellos destacan los siguientes:

- Se evita que en la rueda trasera se produzca un bloqueo que termine dañando a la transmisión.
- El sistema de suspensión trabaja de forma más eficiente, pues al evitar el bloqueo de la rueda también se impide el hundimiento del amortiguador, que reacciona así de forma más estable y predecible.
- Facilita el paso por curva, gracias a una fase de frenada más estable y precisa, lo que implica un menor riesgo de sufrir una caída.

**Chasis:** El chasis se podría definir como el cuerpo de la motocicleta, cumple el objetivo de ofrecer una estructura sólida y rígida capaz de soportar grandes pesos y esfuerzos. La función más relevante del chasis es la de unir el eje de la horquilla de dirección con el eje del basculante trasero.

El chasis utilizado será el MIR Racing de aluminio. Fue creado y desarrollado por el propio equipo Cuna de Campeones, cumpliendo con las especificaciones técnicas.



**Figura 3.7** Número de chasis MIR Premoto3

**Sistema de frenado:** El sistema de frenado, tal y como su nombre indica, es el encargado de reducir la velocidad en las zonas de frenada de manera rápida y eficaz. Se utilizará solamente un disco en la parte delantera, y otro de menor tamaño en la parte trasera. En motocicletas de mayor tamaño se utilizan dos discos en la parte delantera, pero debido al poco peso y la baja velocidad que alcanzan las PreMoto3, es suficiente con un disco.



**Figura 3.8** Discos de freno NG



**Figura 3.9** Pinza de freno Brembo



**Figura 3.10** Bomba de freno y maneta Brembo



**Figura 3.11** Latiguillos Brembo

**Llantas:** Las llantas son un elemento importante en las motos de competición ya que pueden proporcionar una agilidad y precisión en la conducción mayor, si estas son ligeras y de materiales de alta calidad. La MIR Premoto3 cuenta con llantas aligeradas de aluminio, que mejoran el rendimiento en pista de una manera sustancial. A pesar de ser llantas aligeradas, son las de menor calidad dentro de la empresa Marchesini Racing para no aumentar mucho los costes. Una reducción de peso en las llantas de la motocicleta multiplica hasta por 5 veces el efecto que tendría en cualquier otro elemento.



**Figura 3.12** Llantas Marchesini Racing de aluminio

**Suspensiones:** Las suspensiones son los elementos más clave para el correcto funcionamiento y maniobrabilidad de la motocicleta en las frenadas, paso por curva y aceleraciones dentro del circuito de competición, también influyen de forma directa en la adherencia de la moto y, por tanto, en la seguridad del piloto al circular con ella.

La suspensión de la moto debe asegurar el contacto de las ruedas con el suelo en todo momento y ofrecer un grado de comodidad extra. Para ello, disponen de un muelle o resorte y un componente hidráulico.



**Figura 3.13** *Cartuchos delanteros Showa Kit Andreani*



**Figura 3.14** *Amortiguador trasero Gubellini Racing*

**Escape:** El tubo de escape es el encargado de evacuar los gases quemados producidos por la combustión en el motor, también tienen como función reducir o mitigar el ruido generado por dicho proceso. Además de todo esto, es necesario saber que la forma, el diámetro de sus tubos y su longitud, entre otros factores, afecta en buena medida el rendimiento del motor, sobretodo en motos de menor potencia como la Premoto3, donde la correcta elección de este elemento puede ser clave para obtener un correcto aprovechamiento de la potencia de la motocicleta.



**Figura 3.15** *Escape Turbokit especial MIR Premoto3*

**Amortiguador de dirección:** Este elemento que en principio parece residual, es muy importante para la conducción de motocicletas de competición. El amortiguador de dirección evita que el piloto pierda el control de la dirección cuando el tren delantero o trasero pierde el contacto con el suelo. Su función es ofrecer una resistencia cuando el manillar se empieza a mover para paliar esta situación y minimizar sus consecuencias. En motos de menor cilindrada su uso no es de tanta importancia, pero en motos de mayor potencia no se podría ir rápido y seguro en un circuito sin su presencia.



**Figura 3.16** *Amortiguador de dirección Fast Race Performance*

**Neumáticos:** El neumático actúa como único enlace entre la motocicleta y el asfalto, por lo que debe garantizar un equilibrio entre agarre, durabilidad y tracción. Además, los neumáticos de competición permiten que se pueda tumbar la moto a una gran inclinación por la cantidad de goma dispuesta en la parte lateral. Para poder garantizar un alto rendimiento tanto en prestaciones como en durabilidad y en seguridad, se utilizarán neumáticos Dunlop muy similares a los del Mundial de Moto3. En la parte delantera, la medida será de 90 milímetros y en la trasera 115.



**Figura 3.17** *Neumáticos Dunlop KR Moto3*

## 4 | Análisis de los parámetros característicos de la motocicleta en circuito de competición

Se realizará el análisis de la mejor vuelta del piloto de la Cuna de Campeones David González en el Circuito de Jerez-Ángel Nieto con la MIR PreMoto3 en la carrera del campeonato de España 2023 (ESBK). Su mejor giro lo realizó en la vuelta número 5, con un tiempo de 1'51"455.

### 4.1 Características del Circuito de Jerez-Ángel Nieto

El Circuito de Jerez-Ángel Nieto es uno de los trazados más importantes a nivel nacional y mundial en el mundo del motor. Fue inaugurado en 1985 y desde ese momento empezó a albergar pruebas del Campeonato del Mundo de Motociclismo además de otras importantes disciplinas en el mundo del automovilismo.

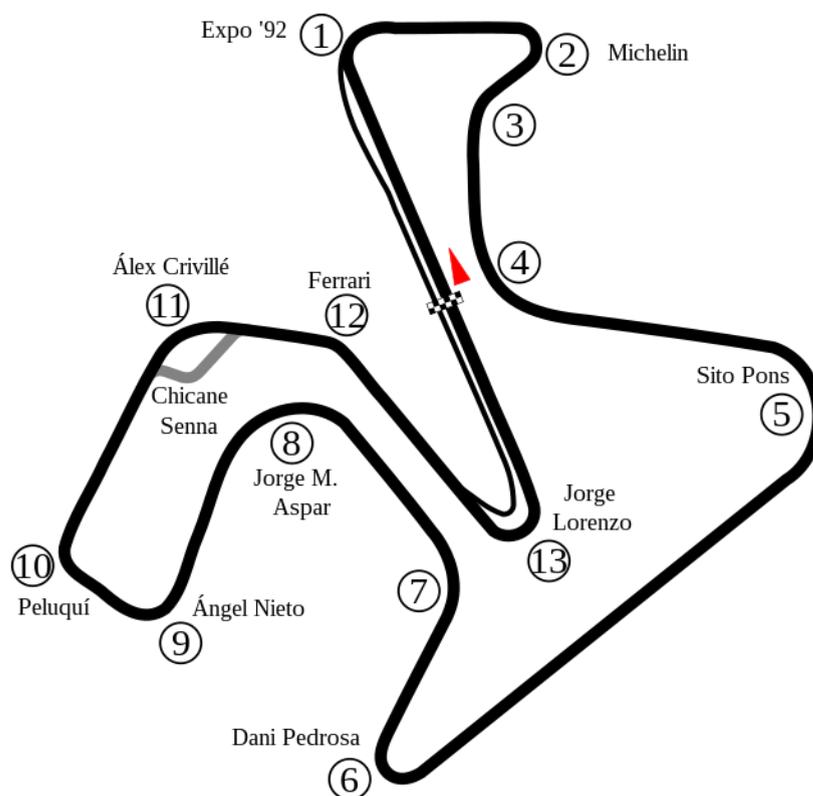


Figura 4.1 Mapa Circuito de Jerez - Ángel Nieto

Se puede observar en la Figura 4.1 como el Circuito de Jerez cuenta con 13 curvas, de las cuáles la gran mayoría están bautizadas con un nombre. Cabe destacar que la longitud del trazado es de 4.423 metros, el ancho de la pista es de 11 metros, cuenta con 8 curvas a la derecha, 5 a la izquierda y se gira en sentido horario.

El circuito cuenta con 2 rectas que destacan por encima de las demás. La primera es la recta principal y la segunda se sitúa entre las curvas 5 y 6.

Además está formado por 4 sectores que se establecen de la siguiente manera:

- Sector 1: Desde la línea de meta hasta la salida de la curva 2 (Michelin).
- Sector 2: Desde la salida de la curva 2 hasta la frenada de la curva 6 (Dani Pedrosa).
- Sector 3: Desde la frenada de la curva 6 hasta la salida de la curva 9 (Ángel Nieto).
- Sector 4: Desde la salida de la curva 9 hasta línea de meta.

Históricamente se comenta que los dos últimos sectores son los más importantes para realizar un tiempo por vuelta competitivo, ya que disponen de un gran número de curvas de alta velocidad.

Las curvas más lentas del circuito o las que se pasan a menor velocidad de paso son la 2 (Michelin), 6 (Dani Pedrosa) y 13 (Jorge Lorenzo), mientras que las curvas más rápidas son la 4, 11 (Álex Crivillé) y 12 (Ferrari).

El récord absoluto de la categoría de Moto3 es 1'44"988.

El récord absoluto de la categoría de Premoto3 es 1'51"167.

## 4.2 Settings de partida

Los settings de partida, también conocido como la puesta a punto de la motocicleta es la configuración de suspensiones, geometría y todos los demás parámetros de la misma. Esta base de reglajes se consigue, en un primer momento, mediante un programa informático capaz de predecir el comportamiento de la motocicleta en pista gracias a una serie de cálculos. Como estos programas no son aún del todo precisos, se recurre a la experiencia del equipo analizando los datos recogidos a lo largo de los años para ajustar esta configuración dependiendo el circuito y el piloto. Una vez se sale a pista en las diferentes sesiones de entrenamientos antes de la carrera, se evalúan los datos, las sensaciones del piloto y se efectúan cambios en consecuencia.

Antes de salir a la carrera del domingo, en un fin de semana del Campeonato de España (ESBK) se disputan entrenamientos libres los jueves y viernes. Los sábados tienen lugar los entrenamientos clasificatorios que conforman la parrilla de salida del domingo.

Después de todas las sesiones de entrenamientos previos, se decide conjuntamente con la opinión del equipo y del piloto salir a carrera con la siguiente configuración:

**Horquilla delantera:** El setting de la horquilla delantera es de gran importancia porque permite al piloto frenar con estabilidad, tener un elevado paso por curva y absorber de manera correcta los baches que pueden haber en el trazado. Junto con los muelles, dentro de la horquilla también se dispone de una suspensión hidráulica que contiene aceite, el líquido que se encarga de la amortiguación en la suspensión delantera. Los parámetros a tener en cuenta serán los muelles a poner en las horquillas y su precarga, que dependen del tipo de frenada del circuito en cuestión y también de la forma de frenar del piloto. También el nivel de aceite que es bastante estándar para este tipo de motos. Por último, los clicks de compresión y extensión de la horquilla que provocan una mayor o menor velocidad de reacción de los muelles en las aperturas de gas o frenadas.

Se utilizarán un muelle de 5'3 KN/mm y otro de 6'3 KN/mm que obviamente se dispondrán en paralelo. Los muelles tendrán una precarga de 4mm cada uno. El nivel de aceite para este tipo de horquillas es de 135mm. Los clicks de compresión y de extensión serán 2 en ambos casos.

**Altura superior tija:** La altura de la horquilla, suponiendo que se habla de la misma horquilla en la misma moto y en la misma tija, incide directamente en la geometría de la moto y el reparto de pesos entre el eje delantero y el trasero. Cuanto más se pueden ver las barras por encima de la tija superior, quiere decir que el ángulo de dirección es más cerrado y que se tiene más peso en el eje delantero. Esta situación favorece a que el ángulo de giro de la moto sea inferior, ganando así algo de agilidad. Por otro lado, cuanto más baja sea la altura de la tija, se consigue un mayor peso en el neumático trasero, este hecho ayuda a que la moto tienda a ser más estable y a levantarse algo menos en las aceleraciones. En función del pilotaje del propio piloto, este parámetro puede variar bastante. La altura superior de la tija será de 5 milímetros.

**Muelle trasero:** La suspensión trasera de las motos, por norma general, está compuesta por un muelle exterior helicoidal y un amortiguador con un sistema hidráulico, que se apoya sobre el basculante, que a su vez va enganchado a la rueda trasera. Un correcto reglaje del amortiguador trasero permitirá frenar con estabilidad, abrir el gas con fuerza, realizar cambios de dirección rápidos y mantener la línea correcta en la salida de las curvas.

Se utilizará un muelle de 80 KN/mm. Tendrá 10'3 mm de precarga. Los clicks de compresión y extensión serán de 4 en cada caso.

**Distancia entre ejes:** La distancia entre el eje de la rueda delantera y la trasera, viene muy condicionado por la longitud del basculante, por lo que una distancia entre ejes larga indicará que se tiene un basculante largo y viceversa. La longitud entre ejes varía con muchos de los cambios de setting que se hacen en la moto, como cambiar las alturas, ángulo y offset de la tija, etc.

La distancia entre ejes de la motocicleta es de 1201 milímetros.

**Longitud de basculante:** Es la distancia entre el pivote del basculante y el eje de la rueda trasera. El basculante es una de las partes de la moto que forman el tren trasero y, entre otras cosas, es el responsable de que la potencia del motor se transmita correctamente a la rueda posterior. Además, sirve de apoyo a la amortiguación trasera y, en gran medida, es el responsable de que el neumático posterior se adapte bien a la superficie por la que circula una moto. De este modo permite que la rueda trasera bascule o pivote en sentido vertical, evitando, al mismo tiempo, movimientos horizontales de esta. De sus formas y longitud depende en gran medida que una moto se comporte de una manera u otra, y que traccione mejor o peor al acelerar desde parado o a la salida de las curvas. Por estos motivos, en motos de altas prestaciones y de competición, la altura del eje en el que pivota puede ser regulada para lograr un mejor comportamiento y/o tracción.

*-Agilidad:* A mayor longitud de basculante o wheelbase, menor agilidad se obtendrá en la moto. En las curvas, la moto necesitará hacer un arco más largo, por lo que habrá menor tendencia a cerrar correctamente la línea.

*-Estabilidad direccional:* Se trata de la facilidad para recuperar la posición después de alguna perturbación.

Agilidad < wheelbase < estabilidad direccional

*-Suspensión trasera:* Una moto con mayor longitud supone un mayor brazo de palanca sobre el amortiguador. A veces se necesita compensar con una suspensión más dura.

*-Transferencia de pesos:* El transfer es más suave conforme aumenta la longitud de la moto. Además los momentos de inercia aumentan, haciendo la moto más perezosa y estable.

Los cambios realmente significativos son aquellos que vienen por una variación de la longitud del basculante. Por ejemplo al cambiar el desarrollo o la cadena.

La longitud del basculante será de 522 milímetros.

**Desarrollo:** Se define como el desarrollo de una moto, a la relación entre el número de dientes del piñón y la corona de la transmisión final de la moto.

El desarrollo es altamente importante en las motos de poca potencia como se expondrá más adelante.

El desarrollo utilizado será el 18/36.

**Neumáticos:** Se ha comentado en el punto número 3 la importancia de los neumáticos. En el Campeonato de España (ESBK) el suministrador de neumáticos es Dunlop para toda la categoría de Premoto3. Es posible elegir entre compuesto blando, medio y duro, dependiendo de las condiciones de temperatura de la pista y la durabilidad que se desee. Normalmente el compuesto blando se utiliza para las clasificatorias, ya que ofrece un agarre o grip superior en las primeras 2-3 vueltas o también en condiciones de mucho calor. El compuesto medio ofrece un rango de temperaturas de funcionamiento más alto, ya que funciona correctamente tanto en frío como en calor y su durabilidad o vida útil es más alta. El compuesto duro, sin embargo, es utilizado para temperaturas de pista bajas, es también elegido mayoritariamente para los entrenamientos libres porque gracias a su alta durabilidad permite dar muchas vueltas a los pilotos sin necesidad de entrar en boxes, a pesar de que las prestaciones a nivel de grip no sean las más altas.

La elección para la carrera serán los neumáticos Dunlop KR Moto3 Medium nuevos. Se utilizará este compuesto por las condiciones de temperatura de la pista que se analizarán a continuación y por su durabilidad casi constante para toda la carrera.

**Presiones neumáticos:** La presión de los neumáticos es clave para poder obtener un alto rendimiento en pista, ya que el neumático es el único punto de la motocicleta que tiene contacto con el suelo. Si esta presión no es correcta aunque cualquiera de los parámetros que se han comentado anteriormente como los setting de las suspensiones o la geometría de la moto sean correctos, el piloto no tendrá buenas sensaciones debido a la falta de funcionamiento óptimo del neumático.

Si se sale a pista con el neumático delantero bajo de presión, la moto se vuelve subviradora o, lo que es lo mismo, que le cuesta ceñirse al interior de las curvas y tiende a salirse hacia el exterior de las curvas trazadas antes de tiempo. También costará más mover la dirección.

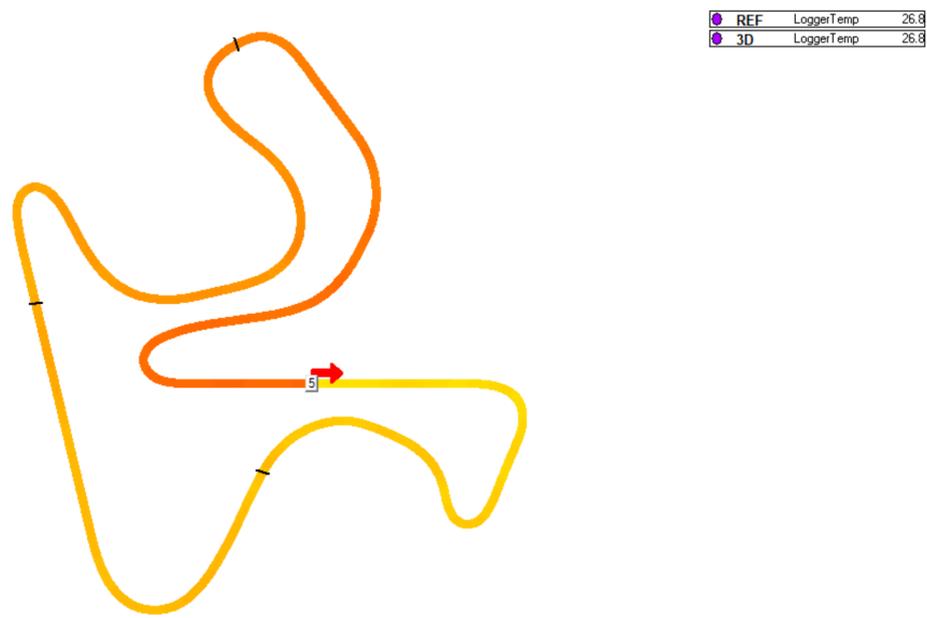
En el caso de que sea el neumático trasero el que tenga la presión baja, la sensación de dificultad a la hora de meter la moto en los virajes será aún mayor, con una dificultad mayor al inclinarla de un lado a otro entre curvas. Si las presiones están bajas en ambos neumáticos, la moto será difícil de conducir y parecerá que va frenada incluso al empujarla sin la ayuda del motor. Del mismo modo, las presiones bajas hacen que los neumáticos se desgasten de manera indebida y que el consumo de gasolina sea superior.

En el caso de que se salga a pista con las presiones más altas de las adecuadas, lo más probable es que no se tenga problemas a la hora de gestionar las curvas o de balancear la moto de un lado a otro. Lo que sí se percibe es que se produce una peor gestión de los baches y otras irregularidades del asfalto. Por otro lado, puede provocar también un mal desgaste de los neumáticos por exceso de temperatura en los neumáticos.

Las presiones utilizadas serán 2'5 bar en el neumático delantero y 1'9 bar en el neumático trasero, que se medirán a una temperatura de 90° centígrados cuando la motocicleta esté con los calentadores puestos antes de salir a pista.

**Gasolina:** Calcular el consumo de gasolina es importante para no cargar con kilos de más a la motocicleta durante la carrera. El consumo aproximado es de 0,4 litros por vuelta, la duración de la carrera es de 10 vueltas. Se tiene que tener en cuenta que por debajo de un litro la moto empieza a tener fallos al no llegar el combustible suficiente a la bomba de gasolina y se dejará un pequeño margen en caso de consumir ligeramente mayor combustible. Se utilizarán 6 litros de gasolina para completar la carrera.

**Temperatura:** La temperatura ambiente y de la pista afectan en gran medida en todos los parámetros de la motocicleta que se han comentado en este apartado. Los neumáticos con sus respectivas presiones se ven altamente alterados por la temperatura. También el consumo de gasolina, el desarrollo y las suspensiones se ven afectados pero en menor medida.



**Figura 4.2** *Temperatura ambiente Circuito Jerez*

El sensor de temperatura en la motocicleta indica que la temperatura ambiente en la pista oscila entre los 26 y 27 grados centígrados, siendo la temperatura media de 26,8°. La temperatura de la pista fue registrada con un detector térmico de infrarrojos en el pitlane y fue de 36,3°.

### 4.3 Parámetros a analizar

Se procede a conocer los canales más importantes para el análisis de la motocicleta. En esta imagen se puede ver de manera completa una vuelta con los parámetros seleccionados, donde los técnicos profesionales son capaces de extraer toda la información necesaria del funcionamiento tanto de la moto como del piloto, para poder optimizar su rendimiento. Para poder explicarlo de una manera más detallada y sencilla, se analizará cada parámetro por separado.

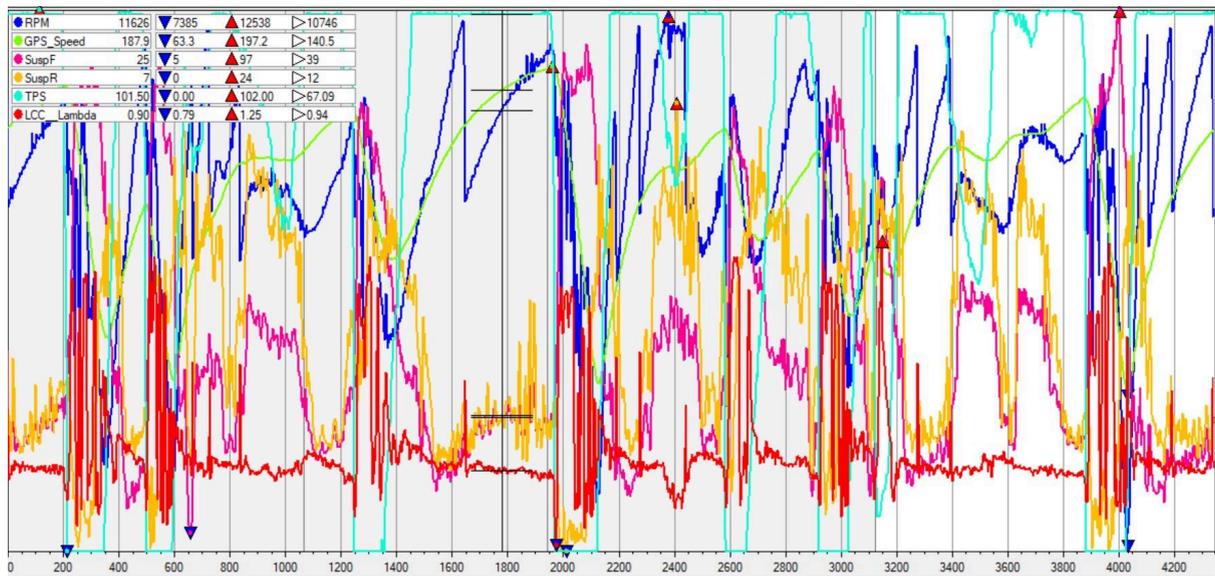


Figura 4.3 Visión general Race Studio 2 Técnico Profesional

En cada figura se observarán las diferentes unidades de medida de los canales principales en el eje vertical y el punto del circuito en el que se encuentran en metros [m] en el eje horizontal. Se recuerda que la longitud del trazado son 4.423 metros.

El software permite la posibilidad de graficar todos los datos de diferentes colores en una misma gráfica. Puede parecer una visión muy saturada en un primer momento, pero cuando se conoce bien el programa y los puntos claves donde se tiene que mirar, el técnico puede analizar de manera eficiente y ahorrar tiempo gracias a esta opción.

Los datos están recogidos en el programa por medio de canales, nombrados a continuación:

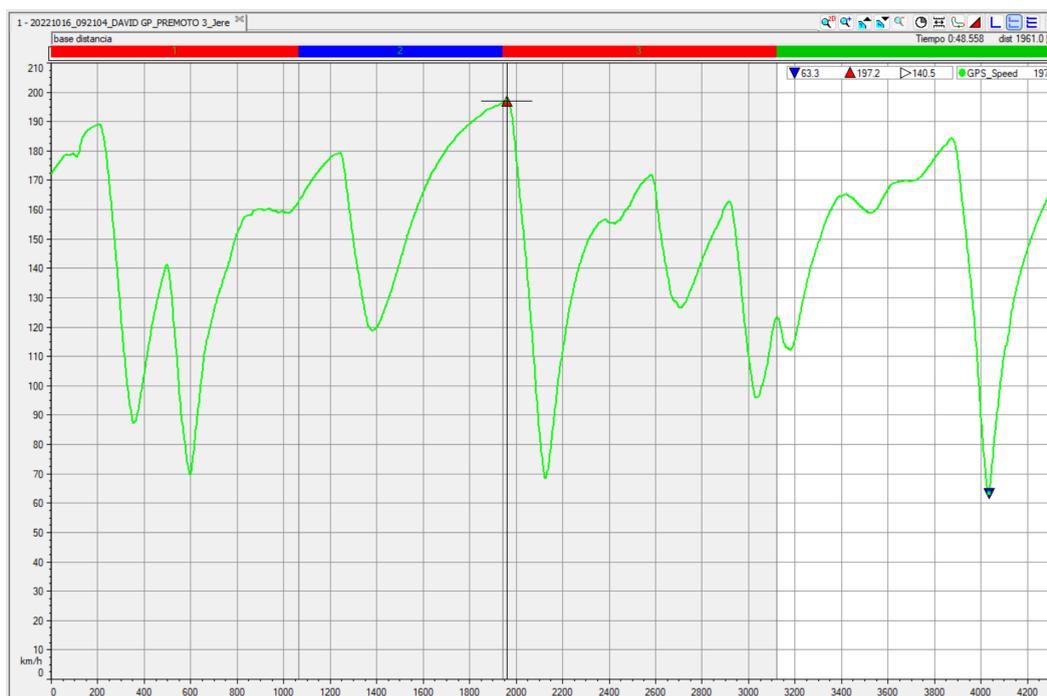
<b>GPS Speed</b>	<b>Velocidad GPS</b>
<b>LCC Lambda</b>	<b>Sensor Lambda</b>
<b>RPM</b>	<b>Revoluciones por minuto del motor</b>
<b>TPS</b>	<b>Throttle position system</b>
<b>SuspF</b>	<b>Suspensiones delanteras</b>
<b>SuspR</b>	<b>Suspensiones traseras</b>

**Tabla 4.1** *Canales Principales*

## -GPS Speed [km/h]:

El GPS Speed muestra la velocidad en tiempo real en cada punto de la pista de la motocicleta. Este parámetro sirve principalmente para observar la velocidad máxima en recta, la velocidad mínima en las frenadas más fuertes y la velocidad de paso por curva en las curvas rápidas.

En el eje vertical se muestra la velocidad en kilómetros por hora [km/h] mientras que en el eje horizontal se muestra la posición en el circuito en metros [m]



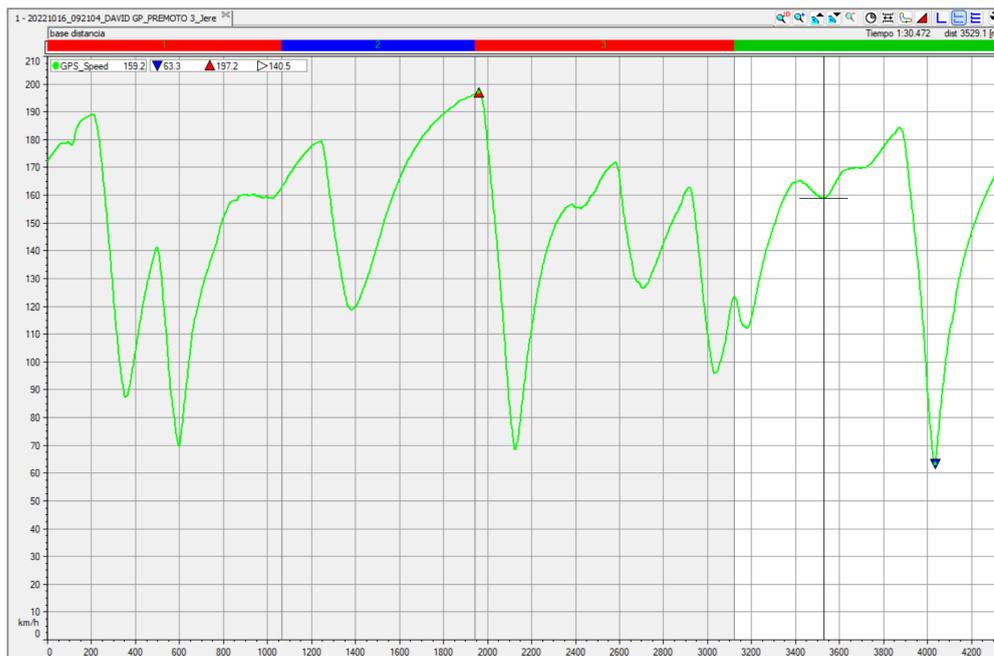
**Figura 4.4 GPS Speed**

La velocidad máxima se alcanza en la recta trasera del circuito situada entre la curva 5 (Sito Pons) y la curva 6 (Dani Pedrosa). El valor de la velocidad máxima es de 197.2 km/h (marcada con el triángulo rojo).

La velocidad mínima se puede encontrar en la última curva del circuito la curva 13 (Jorge Lorenzo) y es de 63.3 km/h (marcada con el triángulo azul).

También es de bastante interés observar que la velocidad media durante toda la vuelta es de 140.5 km/h, lo que muestra que el Circuito de Jerez es un circuito muy fluido, en el que se gira muy rápido y prácticamente no se reduce en exceso la velocidad en ninguna curva.

Se procede a analizar también la velocidad de paso en la curva 11 (Álex Crivillé), la curva más rápida del circuito y una de las más importantes para realizar un tiempo por vuelta competitivo en Jerez. Analizar esta curva se considera importante para extraer información de la calidad del piloto y de su montura.



**Figura 4.5** GPS Speed Curva 11

La velocidad es de 159.2 km/h, un paso por curva del piloto muy bueno para las condiciones de la moto y de la pista.

Para poner en contexto, cabe destacar que el paso por curva que pueden llegar a alcanzar las Premoto3 o Moto3 es, en muchos casos, superior a categorías de mayor potencia como es el caso de MotoGP o SBK con motores de 1000cc. Esto es debido a que, por las características de las motos pequeñas con motores poco potentes y con un peso reducido, es fundamental aprovechar la velocidad de entrada en curva, ya que en este tipo de motos es difícil recuperar la velocidad si se frena demasiado por la escasa potencia del propulsor.

## **-LCC\_Lambda [lambda]:**

El factor Lambda es el que determina la proporción de aire y combustible que debe mezclarse en el cilindro para una óptima combustión en un motor de ciclo Otto. Este factor se compara con la proporción estequiométrica de la mezcla.

También llamada mezcla estequiométrica, es la relación ideal entre el aire y el combustible necesario para que la combustión se realice del modo más eficiente posible. Esta relación se mide en peso, no volumen, generalmente en gramos. En un motor de gasolina la proporción es de 14,7 partes de aire por cada una de gasolina.

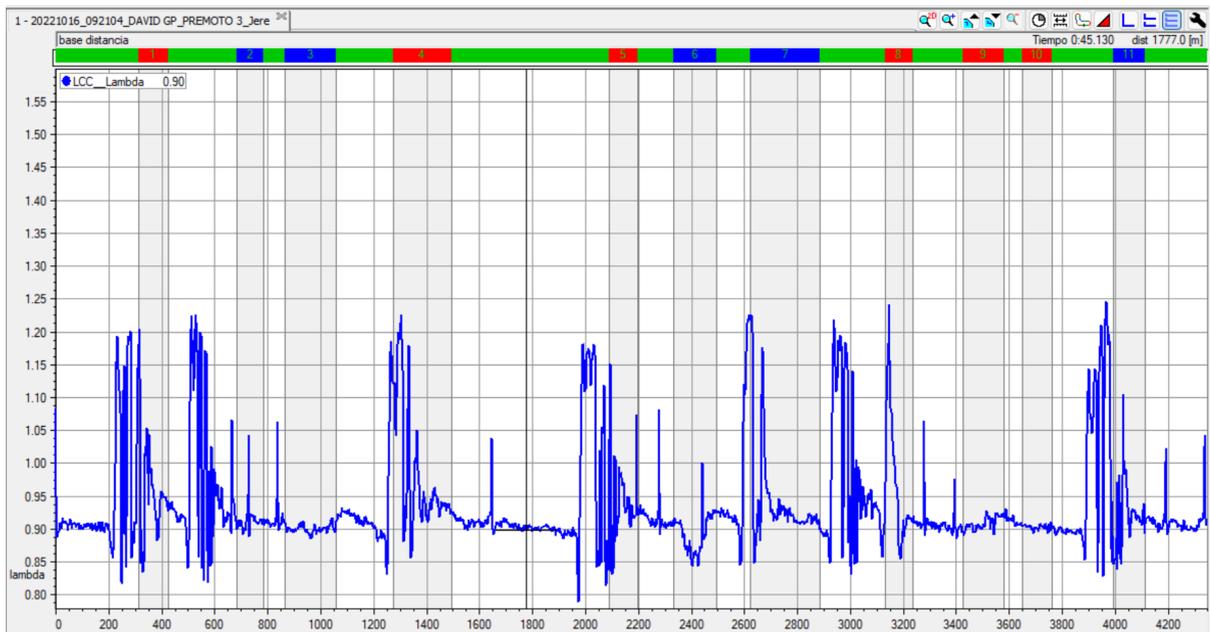
Este valor es diferente para cada motocicleta, ya que algunas funcionan mejor con una mezcla más pobre en gasolina (normalmente las motos con menor potencia) y otras con una mezcla más rica (motos más potentes y de mayor cilindrada), pero en cualquier caso los valores serán menores que  $\lambda = 1$ , por lo que la mezcla siempre será rica para motores de gasolina en competición.

La mezcla rica otorga mayor potencia y par motor, pero también consume más combustible e incrementa la emisión de gases contaminantes.

Aproximadamente en una PreMoto3 el valor que se considera óptimo por la experiencia del equipo, de los pilotos y de los datos recogidos, se sitúa entre 0,87-0,89.

Cuando se obtiene un valor por debajo de 0,87 significa que hay un exceso de gasolina, por lo que se deberá corregir con una mezcla más pobre en el mapa motor. Por el contrario, si se obtiene un valor por encima de 0,89 significa que se tiene exceso de aire y se corregirá con una mezcla más rica en el mapa motor.

En el eje vertical se muestra el valor del parámetro  $\lambda$  [lambda] mientras que en el eje horizontal se muestra la posición en el circuito en metros [m]



**Figura 4.6** *Análisis lambda recta trasera*

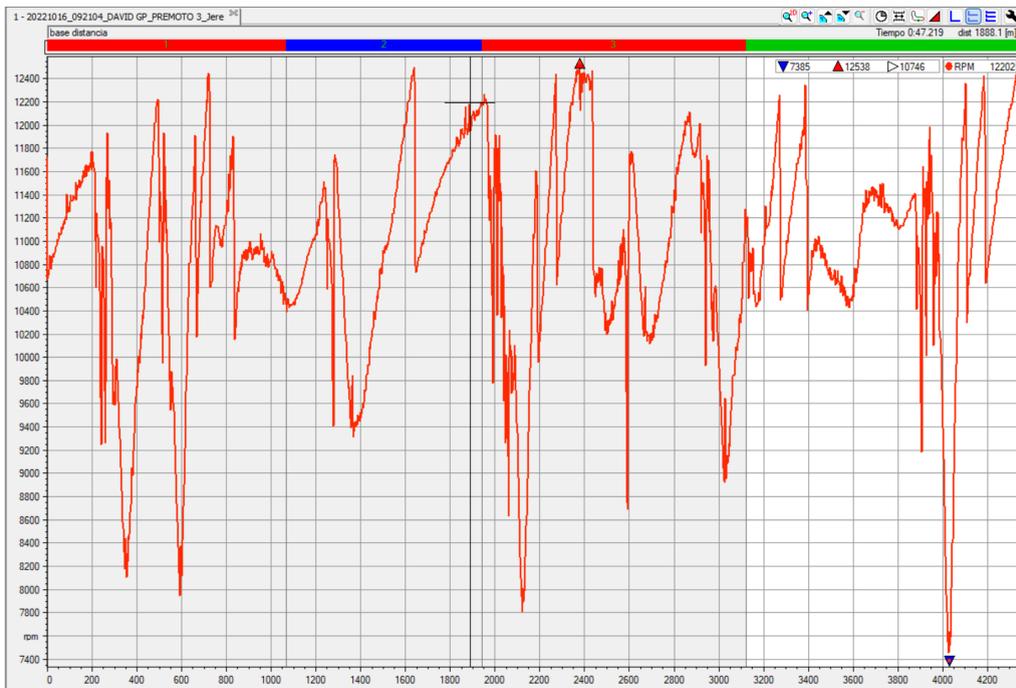
Normalmente en las motos de menor cilindrada como la PreMoto3 (250 centímetros cúbicos) el valor de lambda se analiza con el gas a fondo en las rectas, ya que es el punto concreto donde más se estabiliza y se puede medir con exactitud.

En el Circuito de Jerez, el punto del trazado exacto donde se realiza un análisis de la lambda más preciso, es en la recta trasera, cuando se va la mayor parte del tiempo con el gas al 100%.

Se observa en la Figura 4.6 que el valor está entre 0,91-0,9 durante la mayor parte de la recta, por lo que, se tendrá que modificar el mapa motor para obtener una mezcla más rica y llegar a los valores óptimos que requiere esta motocicleta.

## -RPM [rpm]:

Se procede a analizar las revoluciones por minuto del motor [rpm] (eje vertical) que varían en el rango de 7300 a 12600 a lo largo del recorrido del circuito en metros [m] (eje horizontal).



**Figura 4.7 RPM Máx,med,min**

De la Figura 4.7 se obtiene que las revoluciones por minuto máximas son de 12538 rpm, dato que muestra la gráfica en el triángulo rojo y que se obtiene apurando una marcha de una curva a otra.

Este valor máximo se alcanza básicamente en las rectas, donde se tiene que aprovechar al máximo la potencia del motor. También se puede ver en este gráfico como las revoluciones caen en picado en las frenadas y bajan también cuando se cambia a una marcha superior.

Las revoluciones mínimas se alcanzan lógicamente en la curva más lenta del circuito que es la última. En este tipo de motocicletas el par máximo se obtiene a partir de las 8000-8500 rpm, así que por debajo de este valor, a la moto le costará más tener una buena aceleración.

En el gráfico se observa que las revoluciones del motor mínimas son de 7385 rpm (triángulo azul). Además se alcanzan valores de revoluciones del motor inferiores a los deseados en varios puntos más de la pista, como la curva 1,2,6.

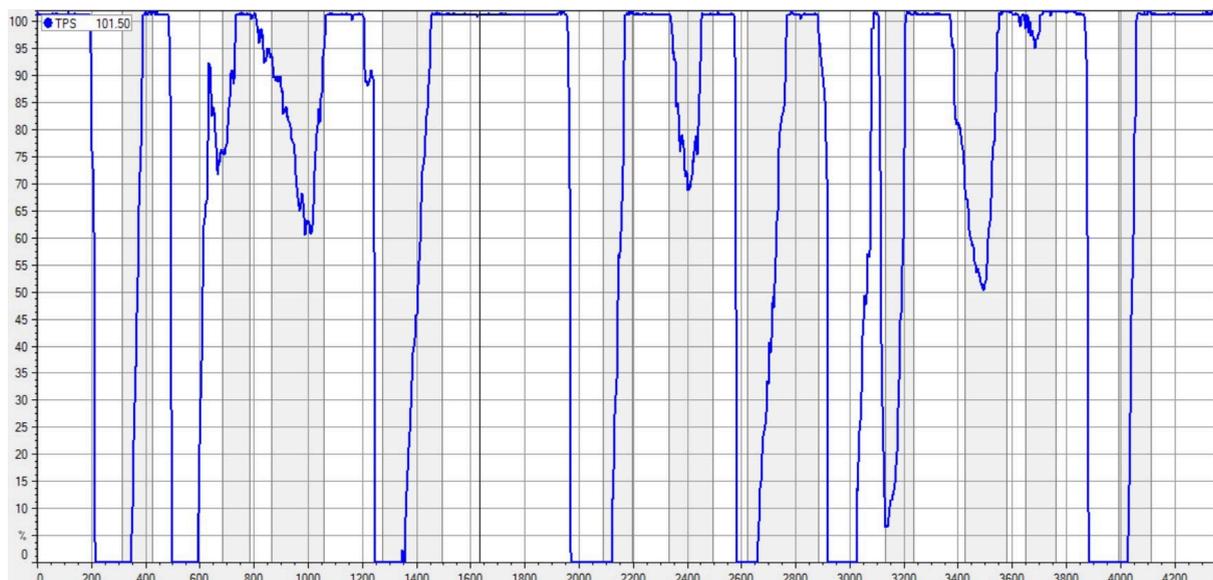
Las revoluciones medias se sitúan en 10746 rpm (triángulo blanco), este dato indica que se produce un aprovechamiento óptimo de las revoluciones del motor durante la mayor parte de la vuelta.

## **-TPS [%]:**

El TPS (throttle position system) indica la posición del acelerador en cada punto del circuito y se mide en porcentaje a partir de su recorrido mínimo y máximo.

Este canal permite ver la gestión del gas del piloto dentro de la pista y es muy importante para realizar el análisis del propio pilotaje del piloto y la reacción de la motocicleta a los distintos cambios en el acelerador, tanto en aceleración como en deceleración.

En el eje vertical se muestra el valor del parámetro TPS[%] mientras que en el eje horizontal se muestra la posición en el circuito en metros [m]



**Figura 4.8** *Throttle position system*

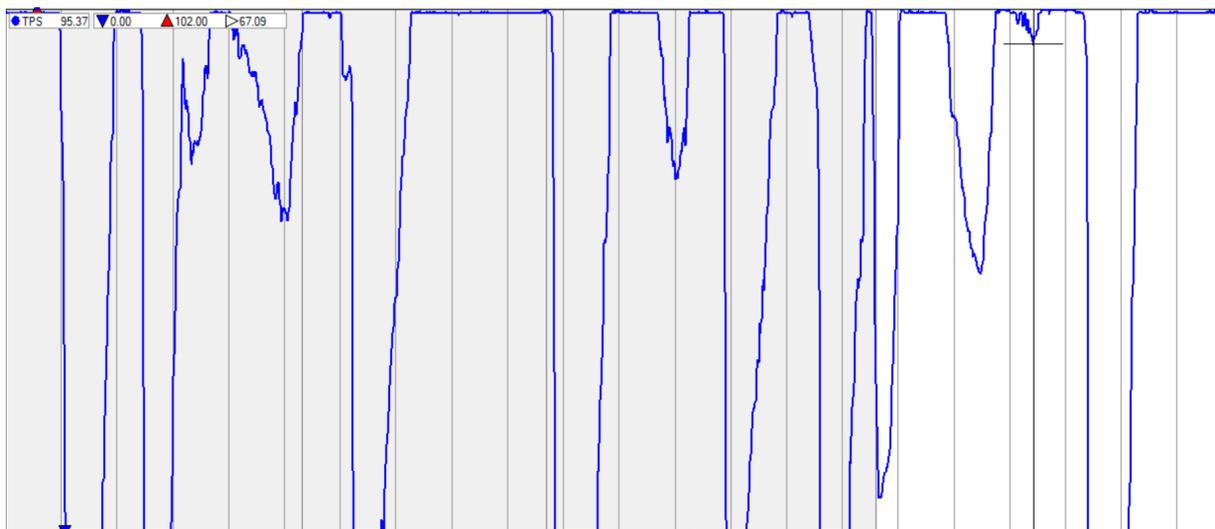
En este gráfico se observa que cuando la gráfica muestra el valor máximo, significa que el piloto va con el gas a fondo, cuando este valor es 0 indica que el piloto está cortando todo el gas y frenando para entrar a la siguiente curva. Por último, cuando el valor no es ni 100% ni 0% significa que el piloto corta un poco de gas para poder enlazar diferentes curvas o está en periodo de aceleración a la salida de estas.

Al ser una moto de pequeña cilindrada, el TPS pasa prácticamente de 0 a 100% en muy poco espacio de tiempo en las aceleraciones (en la gráfica parecen prácticamente líneas rectas) y la mayor parte de la vuelta se pasa al 100%.

El canal TPS es el más importante para corregir errores de pilotaje del piloto ya que se puede ver el punto exacto del gas en cada curva.

A simple vista, se puede analizar que en la curva 12 se da un ligero corte de gas de aproximadamente el 5%, esto es debido al llamado vulgarmente 'factor miedo'. Este hecho ocurre cuando el piloto no se atreve a realizar la curva al 100% y su mente, por el miedo a una salida de pista o una caída, le hace cortar una pequeña fracción del gas, provocando así movimientos en los muelles delanteros y traseros que derivan en inestabilidad de la motocicleta y restan aún más confianza al piloto.

En conclusión, el piloto podría realizar la curva al 100% de gas con un menor movimiento en la moto y ganar unas décimas al tiempo por vuelta, simplemente no es capaz de hacerlo por miedo o falta de confianza.



**Figura 4.9** TPS Curva 12

Seguidamente se va a realizar el estudio de las suspensiones, el elemento con mayor dificultad de análisis y optimización. Su estudio depende en gran medida de las sensaciones del piloto, donde cada uno elige el setting que más se ajusta a su estilo de conducción.

Anteriormente a realizar este análisis se van a explicar diferentes fenómenos dinámicos que ocurren en pista y que ayudarán a entender más a fondo su funcionamiento.

### **-Transferencia de carga o transfer:**

En pista la carga de los neumáticos va variando continuamente. Mediante el sistema de suspensión intentamos que esa carga sea lo más constante posible.

Al acelerar se produce el squat: la moto se hunde en la parte trasera.  
Al frenar ocurre el dive: se hunde la parte delantera.

Por tanto, cuando la carga de uno de los neumáticos, es decir el peso que soporta, se reduce la del otro aumenta.

En función del tipo de moto, esta transferencia será mayor o menor, pero en todas se cumple que la carga vertical total que soportan ambos neumáticos es siempre la misma. La carga que pierde un eje, la soporta el otro.

Tanto la inercia como la aerodinámica básicamente determinan cómo y cuánto se carga o descarga cada uno de los neumáticos, hecho que es clave para el grip o agarre de los neumáticos en el asfalto.

Un caso extremo es un *wheelie* (pérdida del neumático delantero por exceso de peso en la parte trasera) o un *stoppie* (pérdida del neumático trasero por exceso de peso en la parte delantera). Siempre se tiene que tener un compromiso en el setting de las suspensiones para minimizar estos fenómenos.

Un transfer demasiado elevado provoca una geometría muy cambiante en pista, mientras que una moto sin pitching (efecto contrario) no le da suficiente feeling al piloto.

Aparte de todo esto cabe recordar que encima de la moto va un piloto que también afecta de manera importante en el transfer de pesos.

De todas las variables que marcan cómo es el transfer de la moto, realmente se puede actuar sobre dos:

-Altura CdG

-Longitud entre ejes

$$\Delta W = M \cdot a \cdot h / g \cdot L$$

A mayor altura del centro de gravedad y conforme más se acorta la moto mayor transferencia de carga se obtiene.

### **-Reparto de pesos:**

En general, a menor masa total de la moto, mayor es el rendimiento en pista.

Ya que se supone  $F = m \cdot a$

A menor masa se tendrá una respuesta más rápida para cierta potencia, es decir, se tendrá una aceleración mayor. También se tendrá una moto más sensible a cualquier fuerza que haga el piloto.

Es tan importante la masa de la moto como su distribución.

El reparto de pesos en estático es el porcentaje de masa total que soporta cada eje. Y depende mayoritariamente del diseño de la moto.

Esta distribución de las diferentes masas de la moto define la posición del centro de gravedad. Es importante recordar que se debe contar con el efecto que supone el piloto, el cual sube y atrasa el CdG.

Todo esto es clave en el comportamiento dinámico de la moto:

-Agilidad: A mayor masa y altura del CdG, más fácil es romper el equilibrio para tumbar la moto.

-Ángulo de inclinación: A mayor altura del CdG (por ejemplo en un piloto más alto) se necesita inclinar menos la moto para entrar en la curva.

-Transferencia de carga: Este es uno de los aspectos más importantes. A menor masa y menor altura del CdG, se tiene menor transfer.

-Tracción: Es proporcional a la carga que soporta. Si se carga más peso atrás, se mejora la tracción. Tampoco es conveniente descargar demasiado el tren delantero, se puede perder mucha estabilidad y mucho giro.

-Momentos de inercia: La inercia es la resistencia que opone a la moto a modificar su estado. Una mayor inercia requiere un mayor esfuerzo por parte del piloto para que la moto reaccione.

### **-Posición del centro de gravedad (CdG):**

Es el punto donde actúan todas las fuerzas. Tiene una coordenada horizontal y una vertical. Es decir, el CdG tiene una altura respecto al suelo y cierta distancia respecto a la rueda delantera.

En función de su posición la moto reacciona de una forma u otra.

El centro de gravedad de la moto en estático depende altamente del diseño de la moto, ya que la posición del motor es lo más influyente. Pero por otro lado, se puede modificar con el setting de las suspensiones:

- Variando la altura de la horquilla delantera
- Variando la altura del amortiguador trasero
- Alargando o acortando la distancia entre ejes de la moto

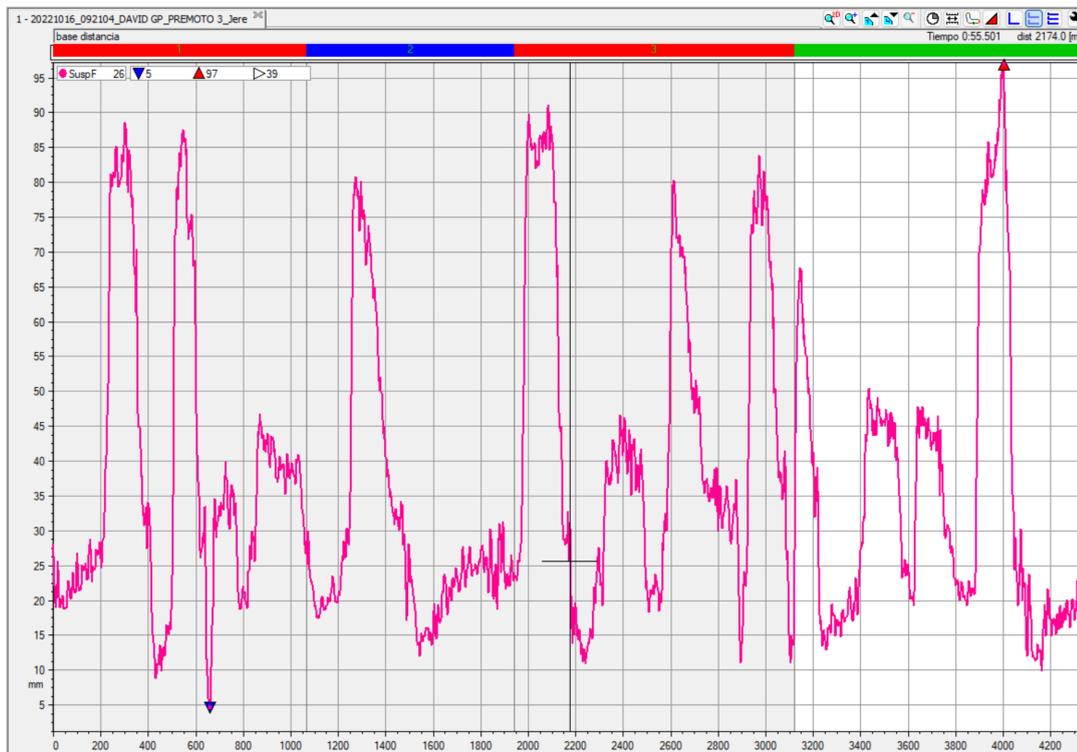
El CdG es fijo, es decir, dinámicamente no cambia ninguna pieza de la moto de sitio. Sólo sufre pequeños cambios por el trabajo de las suspensiones.

Dependiendo de la postura del propio piloto, el CdG del conjunto puede variar bastante, lo cual afecta de forma significativa al comportamiento de la moto.

Posición vertical: La altura influye en la manejabilidad de la moto y la transferencia de carga. Un CdG alto implica un transfer mayor y una mayor agilidad.

Posición horizontal: Influye en las características de la frenada y aceleración de la moto. Cuanto más cerca esté el CdG de uno de los ejes mayor carga será soportada por esa rueda. Un CdG atrasado implica una mayor tracción

## -SuspF [mm]: (recorridos máximos y mínimos)



**Figura 4.10** Recorridos suspensiones delanteras

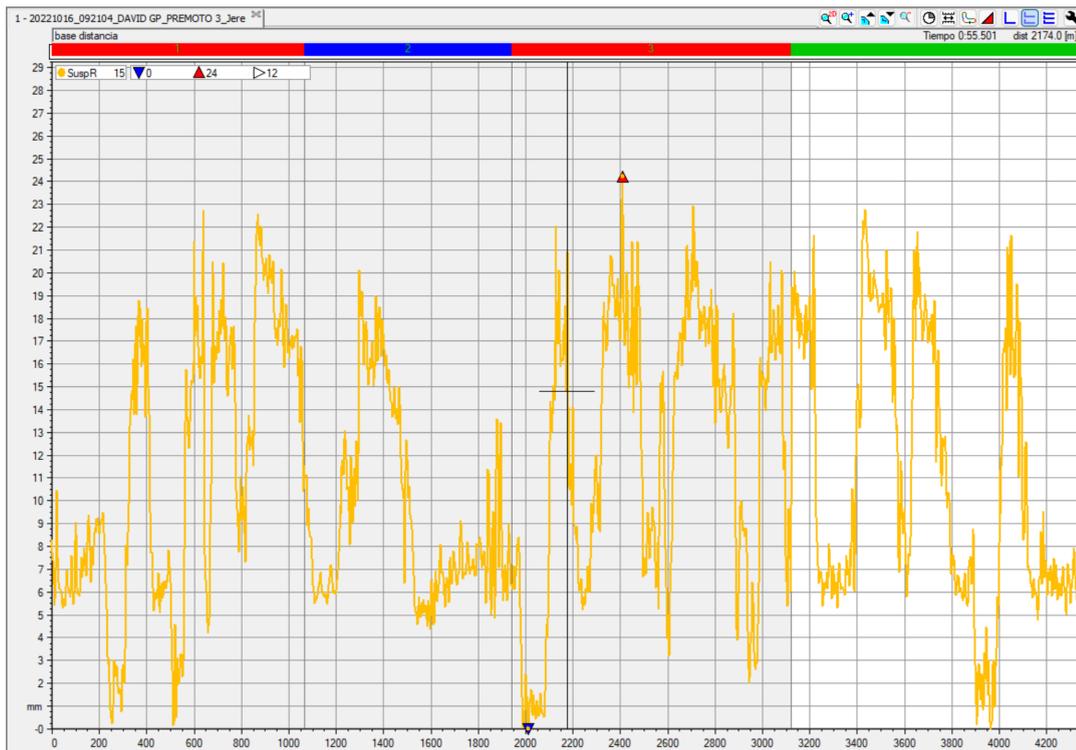
Primeramente se analizan las horquillas delanteras, que están formadas por dos muelles de 5'3 6'3 KN/mm con 4mm de precarga cada uno.

Se puede observar del gráfico que se tiene el recorrido máximo de la horquilla en la frenada más fuerte del circuito, donde se produce la compresión de los muelles y llega hasta los 97mm. El recorrido mínimo se obtiene en la zona de aceleración más agresiva donde se extiende la horquilla y se llega hasta los 5mm. Un valor también importante a analizar es la media, en este caso se obtiene un valor de 39mm.

A partir de esta información, se puede analizar el rendimiento de los settings de los muelles. Primeramente el recorrido máximo puede llegar hasta los 100mm, así que se tiene unos 3mm de margen para hacer tope mecánico en la horquilla.

La sensación de tope mecánico generaría rebotes en la rueda delantera y imposibilidad de poder parar la moto en las frenadas. Siempre que se pueda, es interesante estar lo más próximo posible sin llegar a que el piloto lo llegue a sentir, ya que esto permite que la moto esté lo más baja posible para realizar el giro de la curva correctamente. También este pequeño margen deja lugar a que pueda intentar apurar la frenada unos metros más para realizar algún adelantamiento en carrera.

## -SuspR [mm]:



**Figura 4.11** *Recorridos suspensiones traseras*

Se procede a analizar la suspensión trasera que está formada por un muelle de 80 KN/mm con 10'3 mm de precarga con 4 clicks de compresión y 4 clicks de extensión.

Se observa que se llega a un valor máximo de 24 mm cuando el piloto abre el gas a la salida de prácticamente todas las curvas del circuito y produce la compresión máxima de amortiguador trasero.

Un detalle interesante de analizar es el valor mínimo del amortiguador que llega hasta los 0 mm. Este fenómeno es debido a que por la gran extensión que sufre el muelle trasero en las frenadas fuertes, llega un momento en el que no puede extender más y la rueda trasera se queda ligeramente en el aire, recayendo todo el peso de la motocicleta sobre el tren delantero. Se puede observar que hasta en 4 frenadas se llega al 0 o se está muy cerca.

Este efecto, que se ha comentado anteriormente cuando se hablaba de transferencia de pesos, es denominado stoppie o invertido y provoca la falta de contacto con la rueda trasera en el suelo. Este fenómeno dificulta mucho la frenada al piloto, ya que el tren trasero no ayuda a frenar la moto y se vuelve mucho más inestable.



**Figura 4.12** *Frenada con stoppie durante la carrera del mundial de MotoE en Barcelona*

En la figura anterior se observa que al realizar una gran frenada, en este caso de unos 280 km/h a unos 60 km/h en la curva 1 del Circuito de Barcelona, los muelles delanteros intentan absorber esta fuerza que produce la frenada, mientras el amortiguador trasero se extiende. Cuando se llega a un punto que el amortiguador trasero no puede extender más, si se continúa frenando con la misma intensidad, la rueda trasera pierde el contacto con el asfalto y dificulta la frenada del piloto, que es obligado a relajar la presión del freno anterior y realizar un contravolante para poder parar la moto a tiempo y entrar en la curva por la trazada correcta.

Además de la opción de graficar los datos como se ha visto anteriormente, el programa da la posibilidad de formar una serie de tablas con los valores máximos, mínimos y medio de cada uno de los parámetros característicos.

En algunos casos esta información extra puede ser de gran ayuda para los técnicos, ya que pueden saber por experiencia en qué valores se deberían mover estos parámetros y agilizar el proceso de análisis. Más adelante se analizará esta tabla para optimizar el rendimiento de la moto.

Los parámetros donde se puede extraer información relevante en esta tabla son: GPS Speed, SuspF, SuspR. Siendo el análisis de las suspensiones lo realmente importante para los técnicos y dónde más datos se pueden obtener.

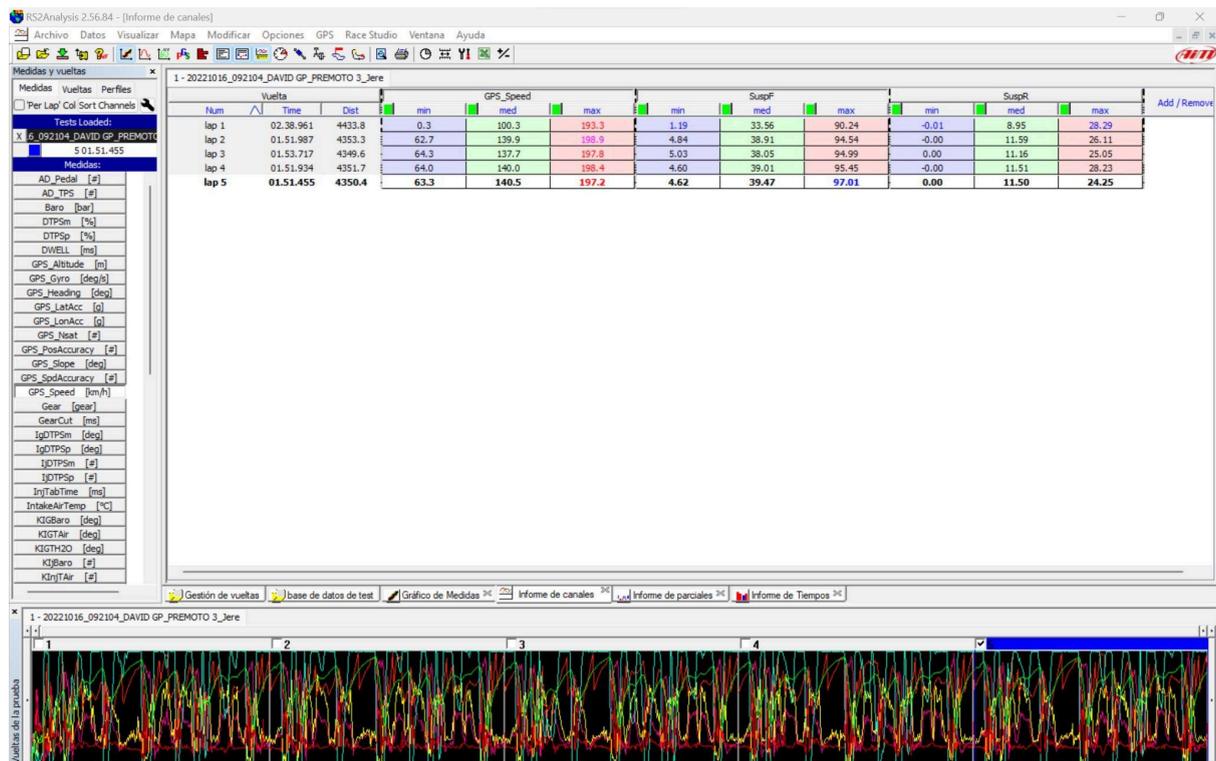


Figura 4.13 Análisis tabla de medias

## 5 | Comparación entre dos pilotos con la misma moto

A continuación se realizará una comparativa entre los dos pilotos del equipo Cuna de Campeones y analizar las diferencias de pilotaje entre ambos para ver dónde se encuentra la diferencia en el tiempo por vuelta entre ellos.

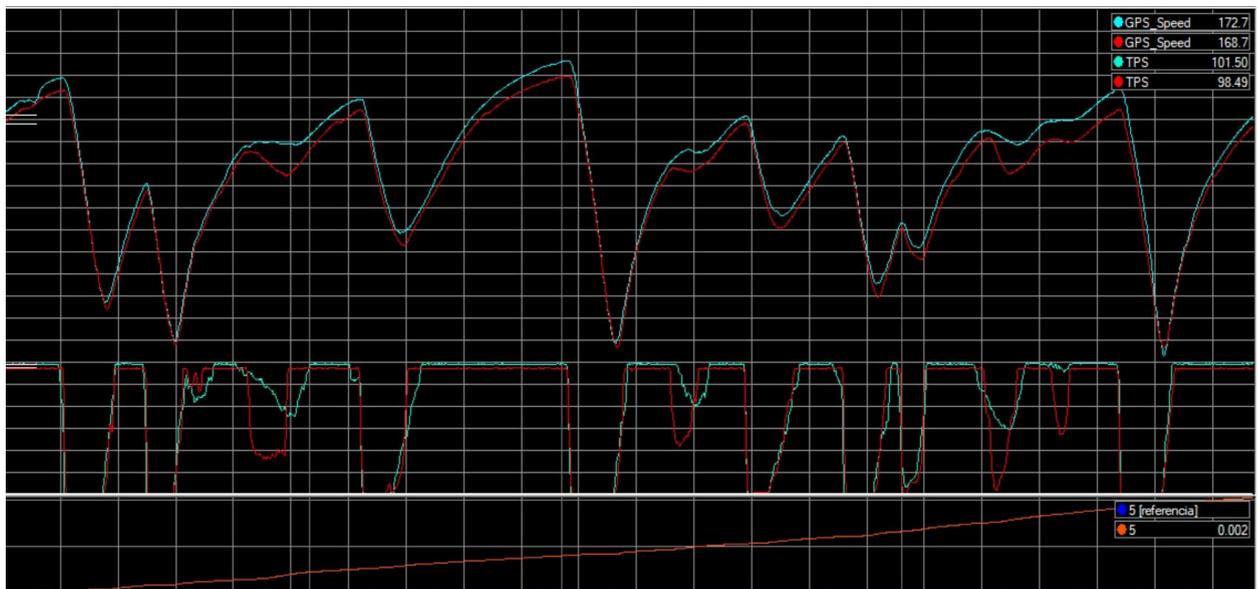
Se utilizará la mejor vuelta en carrera para cada uno de ellos. En primer lugar se tiene al piloto David González con un tiempo de 1'51"455, se denominará Piloto 1. En segundo lugar se tiene al piloto Kerman Martínez con un tiempo de 1'55"614, se llamará Piloto 2.

Se puede ver que entre ambos hay una diferencia de más de 4 segundos en sus respectivos tiempos, esto refleja una desigualdad abismal dentro una competición tan reñida como es el mundo del motor, donde dos décimas ya pueden marcar la diferencia. Así pues, se van a encontrar pautas muy distintas a nivel de pilotaje, en este caso es beneficioso para el análisis porque será mucho más visual y se va a poder apreciar de manera clara la diferencia entre ambos pilotos.

Cabe destacar que esta comparación es realizada en igualdad de condiciones mecánicas. Los dos pilotos tienen la misma moto, neumáticos, suspensiones, frenos, chasis...etc. La única diferencia que puede haber es de reglajes a nivel de suspensiones, por el diferente peso entre los pilotos y su estilo de conducción.

Para realizar este análisis meramente de pilotaje, solamente se necesitarán dos parámetros muy sencillos pero que pueden dar mucha información sobre el rendimiento de ambos pilotos en pista. Estos son el GPS Speed y el TPS. De azul se encontrarán los parámetros de la vuelta más rápida (Piloto 1) y de rojo los de la vuelta lenta (Piloto 2) para poder diferenciarlos correctamente.

En este tipo de análisis normalmente se añade la presión del freno (en bares) que hace el piloto sobre la maneta de freno, ya que es de bastante importancia conocer si la forma de la frenada del piloto y la fuerza aplicada es la correcta en cada punto de la frenada. Normalmente se puede extraer bastante información de este canal y es de gran ayuda para el piloto, porque quizás es el aspecto más difícil en la conducción y donde más margen de mejora se puede tener en los tiempos. Desgraciadamente con las motos de poca potencia como las Premoto3 utilizadas en este análisis carecen de un sensor de presión de freno, por lo que no será posible observar este parámetro en los datos.

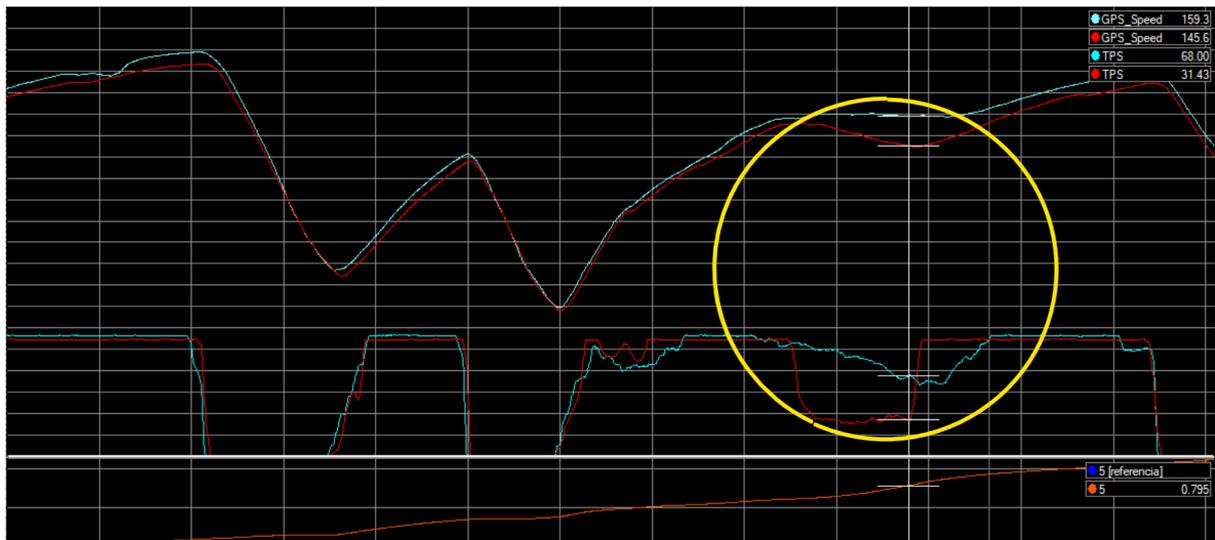


**Figura 5.1** Gráfico general comparación pilotaje

En este gráfico se dispone el GPS Speed de cada uno de los pilotos en la parte superior de la pantalla, más abajo se encuentra el TPS. También se utilizará en este análisis el parámetro *Time\_diff* que indica la diferencia de tiempo real durante la vuelta, en este caso va incrementando paulatinamente de 0 a 4s.

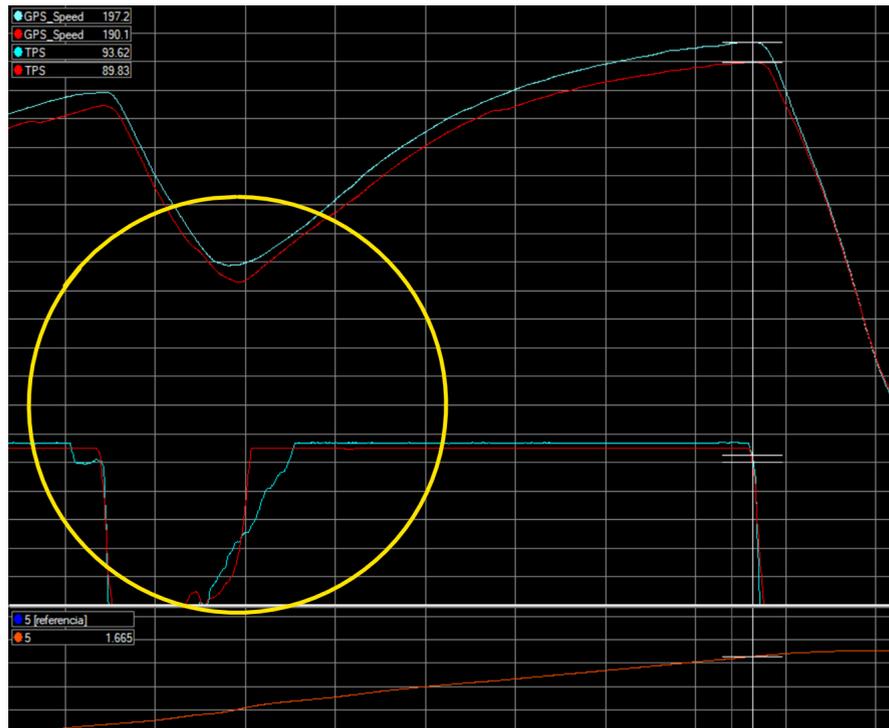
En primer lugar, se observa en el gráfico que en las dos primeras curvas tanto la velocidad de GPS como la apertura y corte de gas es muy similar. Normalmente, en este tipo de motocicletas, la gran diferencia entre los pilotos más rápidos y el resto, son las curvas de mayor velocidad.

La primera gran disparidad se tiene en las curvas 3-4. Es una zona de alta velocidad donde se superan los 150 km/h.



**Figura 5.2** Gráfico diferencia T3-T4

Se procede a analizar donde se produce la pérdida. En el paso de la curva 3 se observa que el TPS Rojo del Piloto 2 baja de una manera significativa en comparación del TPS Azul del Piloto 1, esto indica que el corte de gas es mucho mayor y más prolongado, lo que produce una pérdida de velocidad importante. Como se puede ver en la imagen hay una diferencia de unos 15 km/h de paso por curva y el porcentaje de gas es más del doble de alto entre el Piloto 1 y el 2. Es cierto que el Piloto 2 es capaz de abrir antes al 100%, pero como ya se ha comentado anteriormente, en motos de poca potencia el motor no consigue recuperar ese delta de velocidad si se ha ralentizado mucho a la entrada de la curva y esa inercia perdida se sigue arrastrando hasta llegar a la siguiente curva. Ahora mismo el gap entre los dos pilotos es de aproximadamente 0,8 segundos, que es una diferencia enorme si se tiene en cuenta que se ha perdido solamente en dos curvas, ya que se considera que en la curva 1-2 no ha habido pérdida de tiempo.



**Figura 5.3** Comparativa contrarrecta

Se continúa este análisis con la realización de la comparativa en la curva 5 y la recta que viene a continuación, también llamada contrarrecta. Se recuerda que es la recta más larga del circuito, incluso más que la recta principal de meta. Se observa que el paso por la curva número 5 es superior en el Piloto 1, esto le permite salir con más velocidad, pero después este delta de velocidad sigue aumentando conforme avanza el tramo recto. Este efecto es debido a varios factores, en primera instancia se podría pensar que la moto del Piloto 1 es más potente, por lo que a medida que se van empalmando marchas, el motor alcanzaría una velocidad mayor. Pero esto no es cierto, ya que los dos motores son exactamente iguales, tienen el mismo número de kilómetros y ambos han sido preparados por los ingenieros del equipo Cuna de Campeones en unas condiciones similares.

Entonces, ¿cuáles son los motivos por los que el Piloto 2 pierde otras 8 décimas de segundo entre la curva 5 y la curva 6?

Para explicar esto, hay tres motivos fundamentales. El primero ya se ha comentado y es que el Piloto 1 es capaz de pasar con mayor velocidad por el centro de la curva 5 y mantener esa inercia en la salida.

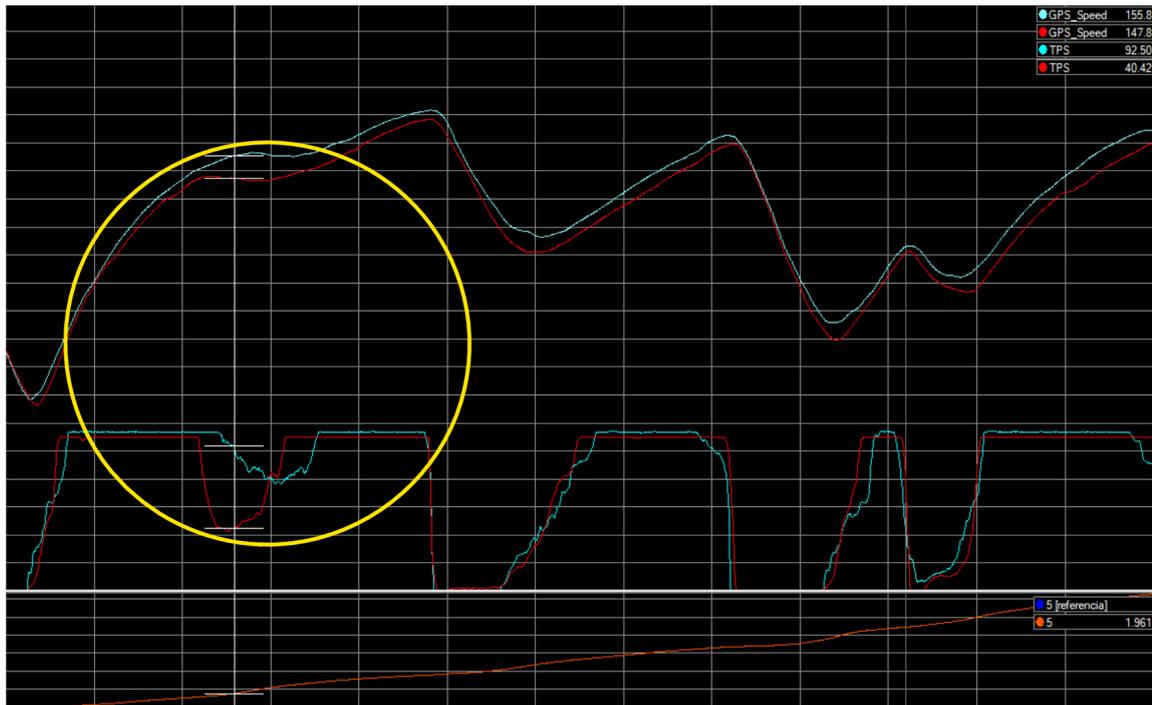
En segundo lugar, se tiene la diferencia de peso que hay entre ambos pilotos de alrededor de 5-6 kilogramos y que en este tipo de motocicletas es fundamental. Siempre que un piloto sea más pesado va a tener dificultad en que la moto acelere como la de sus contrincantes, además de perder unos cuantos kilómetros por hora en la recta, en este caso es de 7km/h, como se puede ver en la esquina superior izquierda. El efecto del peso se ha explicado anteriormente durante el punto 4.3 y que tiene una importancia grandísima en estas categorías.

Por último, y posiblemente el aspecto más importante en este tipo de motocicletas con poca potencia, el efecto de la aerodinámica y el rebufo. Comparando ambos pilotos, ya se ha expuesto la importancia de la diferencia de peso, pero también existe una diferencia de altura de casi 10 centímetros que repercute negativamente en la resistencia aerodinámica del Piloto 2. Para finalizar, se va a explicar con detalle el efecto del rebufo.

El rebufo es un efecto aerodinámico que se produce en categorías de motor, cuando una motocicleta o monoplace se sitúa detrás de otro a poca distancia y en mitad de una recta o zona de baja carga aerodinámica. En ese momento, el perseguidor obtiene una gran ventaja, ya que necesita mucha menos potencia para poder ir a la misma velocidad que el rival que marcha justo delante. Esto sucede debido a que el piloto de cabeza, en el momento de lanzarse a la recta de un circuito, debe hacer frente a una masa de aire que tiene que atravesar, y que en consecuencia, le genera una alta resistencia aerodinámica o 'drag' que le frena ante el avance. Cuando mayor sea la velocidad a la que rueda, mayor será la resistencia aerodinámica que encuentre y más se beneficiará el piloto que va detrás.

Este efecto es el más importante, ya que en categorías de motos pequeñas, donde hay mucha igualdad mecánica, se pasa la mayor parte del tiempo con el gas a fondo en la recta. Tener un piloto delante y ser capaz de aprovechar correctamente su rebufo, puede ofrecerte una ventaja de muchas décimas o incluso segundos, durante el recorrido de una vuelta. Es por ello que las carreras son carreras muy competidas, donde el grupo delantero está formado por más de 10-15 pilotos en algunos casos, sobre todo en categorías de menor cilindrada. En categorías donde la potencia es mayor el efecto del rebufo es casi irrisorio o residual.

Una vez se han analizado los dos primeros sectores, la diferencia de tiempo entre ambos pilotos es de 1,6 segundos. Se procede ahora a realizar la comparación de los dos últimos sectores, que como se ha comentado anteriormente, son los más importantes para realizar un tiempo por vuelta rápido.



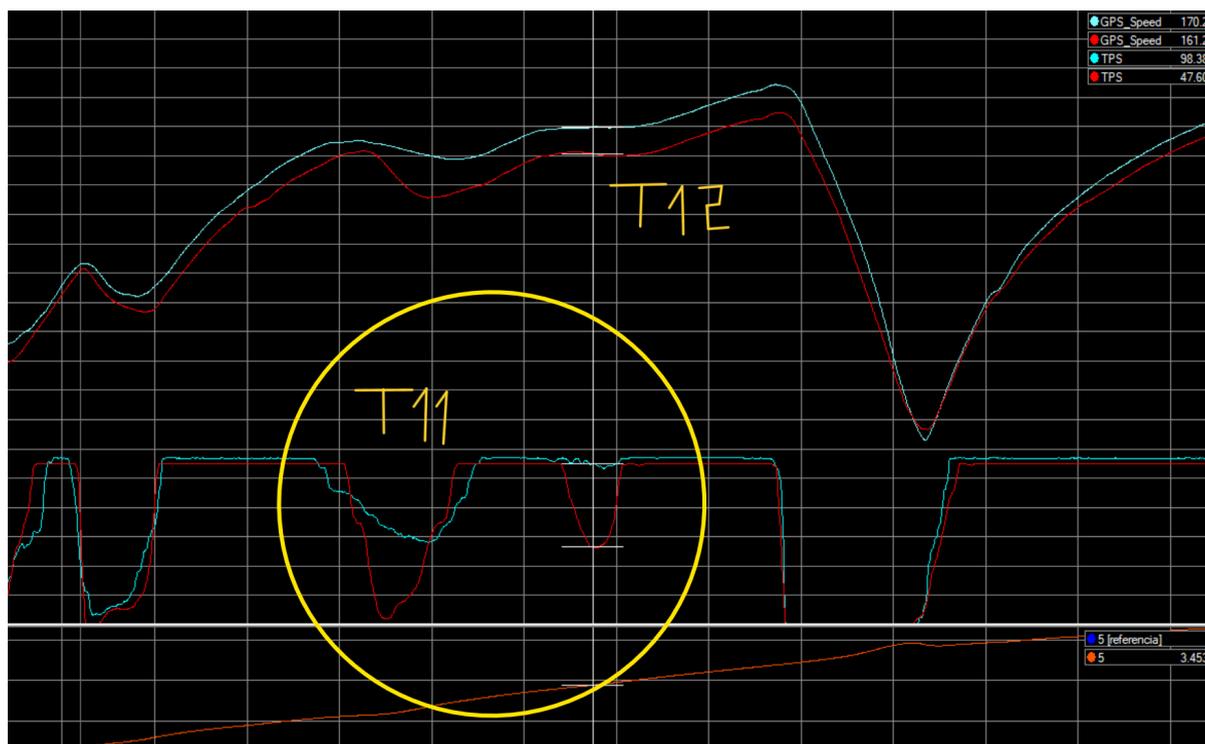
**Figura 5.4** Comparativa T6 y Sector 3

Se procede a analizar la segunda parte de la vuelta. Se observa en la Figura 5.4 como hay una gran diferencia de porcentaje de gas en la curva 6, mientras que el Piloto 1 es capaz de pasar al 92,5% el Piloto 2 corta hasta el 40,4%, este hecho produce una pérdida de 8km/h.

Después de la curva 6 se puede decir que la velocidad entre ambos pilotos por el paso de las siguientes curvas es bastante similar al igual que el porcentaje de gas. Obviamente siempre el Piloto 1 siempre tiene un mejor paso por curva, pero la diferencia se encuentra cuando se entra en el último sector del circuito o T4, donde se encuentran las curvas 11 y 12 (Crivillé y Ferrari). Estas dos curvas son a las que se entra a mayor velocidad en todo el trazado y por tanto donde la ganancia o pérdida de tiempo puede ser diferencial.

En la curva 11, el Piloto 2 llega a cortar el gas hasta el 10% mientras que el Piloto 1 aguanta a un 50%, esto supone una gran diferencia en la velocidad, ya que de paso por curva genera una diferencia de 10km/h. Esta falta de velocidad se arrastra hasta la curva 12.

En la curva Ferrari el Piloto 1, a pesar de llegar con más velocidad, es capaz de mantener el gas prácticamente a fondo. Por otro lado, el Piloto 2 además de llegar con menor velocidad también corta excesivo gas, alrededor del 50%, en esta curva lo que le hace perder mucho tiempo en ese punto. Esta falta de velocidad se arrastra hasta la última curva del circuito.



**Figura 5.5** Comparativa Sector 4, T11-T12

Se puede concluir diciendo que al Piloto 2 le falta confianza con la moto en las curvas más rápidas del circuito, de otra manera, en las curvas lentas consigue ser casi tan eficaz como el Piloto 1. Una manera de comunicarle al Piloto 2 la estrategia para la siguiente sesión sería la siguiente:

Primeramente, se debería advertirle de esa falta de velocidad en las curvas de dejar correr la moto. A continuación, se podría motivar al piloto diciendo que en las curvas de velocidad más reducida, consigue replicar prácticamente el tiempo de su compañero. Por último, se le podría aconsejar de salir a rueda de un piloto que sea

1-1'5 segundos más rápido que él, para que se pudiera aprovechar de su rebufo y de su trazada en las curvas donde tiene más dificultad.

Podría parecer que simplemente dándole esta información al piloto y siguiendo a otro podría bajar su tiempo rápidamente, pero el motociclismo es mucho más complejo. Para poder alcanzar tiempos de 1-2 segundos más rápido el piloto tiene que construir su confianza cuidadosamente y de manera progresiva, ya que en su percepción, está en el límite de la moto. Si no es capaz de trabajar de menos es más, es muy probable que pudiera sufrir una caída en su ímpetu de rebajar los tiempos.



**Figura 5.6** *Piloto de MotoE con su técnico*

# 6 | Cambios a realizar para mejora de rendimiento

A continuación, se dispone a realizar la posible mejora de set-up de la motocicleta. Para ello se tendrá en cuenta el análisis de los parámetros del punto 4, donde ya se ha indagado un poco en los posibles cambios a realizar.

## 6.1 Suspensiones

Primeramente se analizará el rendimiento de las horquillas delanteras y su posible optimización. Se recuerda que en el setting de partida los muelles son de 5'3 KN/mm y 6'3 KN/mm con 4 milímetros de precarga en cada uno. La media de los dos muelles en paralelo será de 5,8 KN/mm

El recorrido máximo de horquilla delantera o tope mecánico son 105 mm, pero hay que tener en cuenta que el tope hidráulico llega a los 100 mm, esto es debido a que el aceite dispuesto en la horquilla no se puede comprimir más así que el piloto tiene una sensación de que se ha llegado al tope.

Si se analizan los datos del programa software, se puede ver como la horquilla está trabajando muy cerca del tope hidráulico, a unos 3 milímetros. Esto indicaría en la teoría, que se podrían utilizar muelles un poco más blandos o disminuir algún milímetro de precarga. En la práctica es bastante diferente, se quiere evitar el tope pero a la vez estar lo más cerca posible para que los muelles tengan el máximo recorrido en la frenada y así ayudar a girar la moto.

Seguidamente se analizará el comportamiento del amortiguador trasero y a partir de ahí se tomará una decisión, ya que un cambio en la parte delantera afecta también en la trasera y viceversa. El setting de partida del amortiguador trasero es un muelle de 80 KN/mm con 10'3 mm de precarga con 4 clicks de compresión y 4 clicks de extensión.

El recorrido máximo del amortiguador trasero son 40mm. En el caso de las suspensiones traseras no se busca el máximo recorrido como las suspensiones delanteras porque no tienen el mismo comportamiento. Estar cerca del tope en el amortiguador trasero no mejoraría el rendimiento de la motocicleta como si lo haría en el delantero.

El problema a solventar recae más en la máxima extensión, se tiene que trabajar para que el amortiguador no llegue a realizar 0mm en la frenada, o dicho de otra forma, que la rueda trasera no se llegue a despegar del suelo para mejorar la frenada.

Según los datos recogidos, se puede ver que la rueda trasera se queda sin contacto con el asfalto en 4 frenadas. Como se ha comentado anteriormente este hecho dificulta la entrada en la curva porque el piloto no puede parar bien la moto y la vuelve más inestable. También se observa que a la entrada de las curvas rápidas, (al ser las suspensiones tan duras)

Otra parte importante son las sensaciones del piloto. Se tiene acceso a los comentarios del piloto al acabar la carrera, recogidos por el técnico del equipo.

Básicamente el piloto se quejaba de que la rueda trasera estaba siempre en el aire en las frenadas y no podía parar la moto. También hacía hincapié en lo rápido que las suspensiones delanteras subían al abrir gas y le empujaban al exterior de la pista al estar la moto demasiado alta en el tren delantero en este punto de apertura del acelerador.

Vuelta	SuspF			SuspR					
	Num	Time	Dist	min	med	max	min	med	max
lap 1	02.38.961	4433.8		1.19	33.56	90.24	-0.01	8.95	28.29
lap 2	01.51.987	4353.3		4.84	38.91	94.54	-0.00	11.59	26.11
lap 3	01.53.717	4349.6		5.03	38.05	94.99	0.00	11.16	25.05
lap 4	01.51.934	4351.7		4.60	39.01	95.45	-0.00	11.51	28.23
<b>lap 5</b>	<b>01.51.455</b>	<b>4350.4</b>		<b>4.62</b>	<b>39.47</b>	<b>97.01</b>	<b>0.00</b>	<b>11.50</b>	<b>24.25</b>

**Figura 6.1** Tabla de medias SuspF-SuspR

La tabla de medias es también un dato relevante que puede ayudar a tomar la dirección correcta. Las medias óptimas por la experiencia del equipo son de 42 mm en las suspensiones delanteras y 12,5 mm en la suspensión trasera. Se puede observar de la tabla de medias que los valores están sobre 39,5 mm en la parte delantera y 11,5 mm en la trasera.

Esto indica que las suspensiones se han quedado demasiado duras en ambos casos, porque no se han alcanzado recorridos medios más altos. Con unas suspensiones más blandas es obvio que se tendría un recorrido mayor con los mismos esfuerzos.

**Conclusión:** Se va a buscar una transferencia de pesos hacia la parte delantera más suave o más controlada para evitar la pérdida de la rueda trasera. El problema es debido a la dureza de los muelles delanteros en la primera parte del recorrido, que provocan que la rueda trasera se empiece a levantar, una vez ocurre esto, el peso completo de la motocicleta recae totalmente en la rueda delantera y los muelles llegan a recorridos muy cercanos al tope mecánico. En la parte trasera se debe mejorar la parte de la extensión en frenada, una menor velocidad de extensión ayudará a mantener la rueda trasera pegada al suelo y evitar así el *stoppie*.

### **6.1.1 Horquillas delanteras**

En la parte delantera se intentará buscar una solución de setting que sea más blanda en la primera parte del recorrido y más dura en el último tramo. Esta modificación ayudará en la primera parte de la frenada y en la entrada de las curvas rápidas

Para llegar a la solución deseada se ha desarrollado un programa en hoja de cálculo Excel. Esta herramienta permite predecir el comportamiento de las suspensiones en el circuito a través de la carga soportada por los muelles (kg) y el recorrido (mm) de los mismos. Se probarán diferentes modificaciones de setting de partida diferentes y se analizará el rendimiento de cada uno de ellos para observar cuál sería el más óptimo.

## Modificación 1:

Se procede a modificar el setting delantero cambiando a una relación de muelles más blandos. Se modifica el muelle de 6,3 KN/mm por uno de 5,3 KN/mm para obtener una media de 5,3 KN/mm.

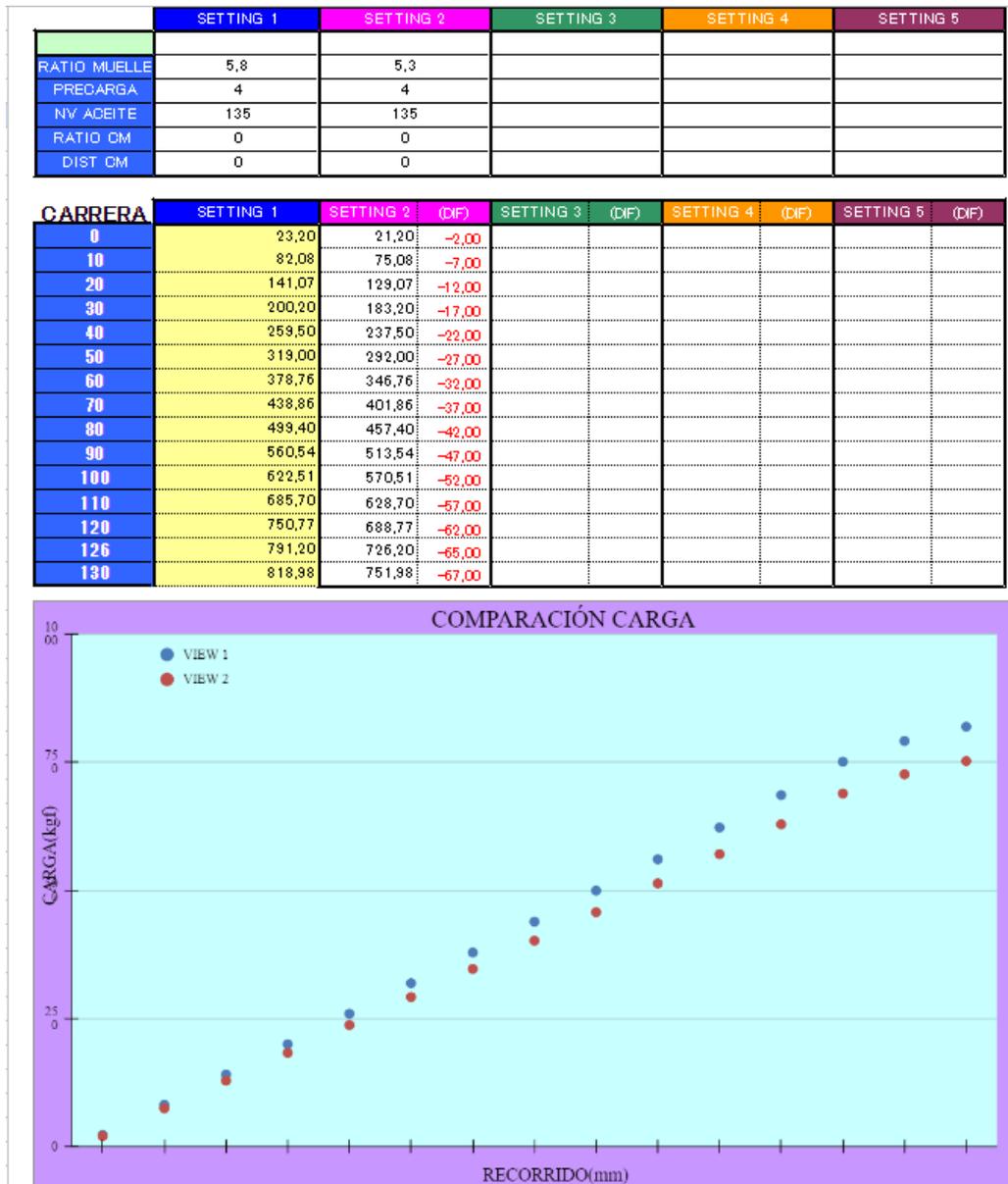


Figura 6.2 Setting delantero propuesto 1

Se observa que el comportamiento de los muelles es más blando a medida que aumenta el recorrido, pero en la primera parte la dureza es prácticamente igual. Cuando se cambia la dureza de los muelles en la primera parte actúan de manera similar y a medida que aumenta el recorrido esta diferencia va aumentando paulatinamente.

## Modificación 2:

Se procede a modificar la precarga de los muelles delanteros de 5,3 KN/mm y 6,3 KN/mm. Los muelles tienen de partida 4mm de precarga así que esta precarga se reducirá a 1mm en cada uno.

	SETTING 1	SETTING 2	SETTING 3	SETTING 4	SETTING 5
RATIO MUELLE	5,8	5,8			
PRECARGA	4	1			
NV ACEBITE	135	135			
RATIO CM	0	0			
DIST CM	0	0			

CARRERA	SETTING 1	SETTING 2 (DIF)	SETTING 3 (DIF)	SETTING 4 (DIF)	SETTING 5 (DIF)
0	23,20	5,80	-17,40		
10	82,08	64,68	-17,40		
20	141,07	123,67	-17,40		
30	200,20	182,80	-17,40		
40	259,50	242,10	-17,40		
50	319,00	301,60	-17,40		
60	378,76	361,36	-17,40		
70	438,86	421,46	-17,40		
80	499,40	482,00	-17,40		
90	560,54	543,14	-17,40		
100	622,51	605,11	-17,40		
110	685,70	668,30	-17,40		
120	750,77	733,37	-17,40		
126	791,20	773,80	-17,40		
130	818,98	801,58	-17,40		

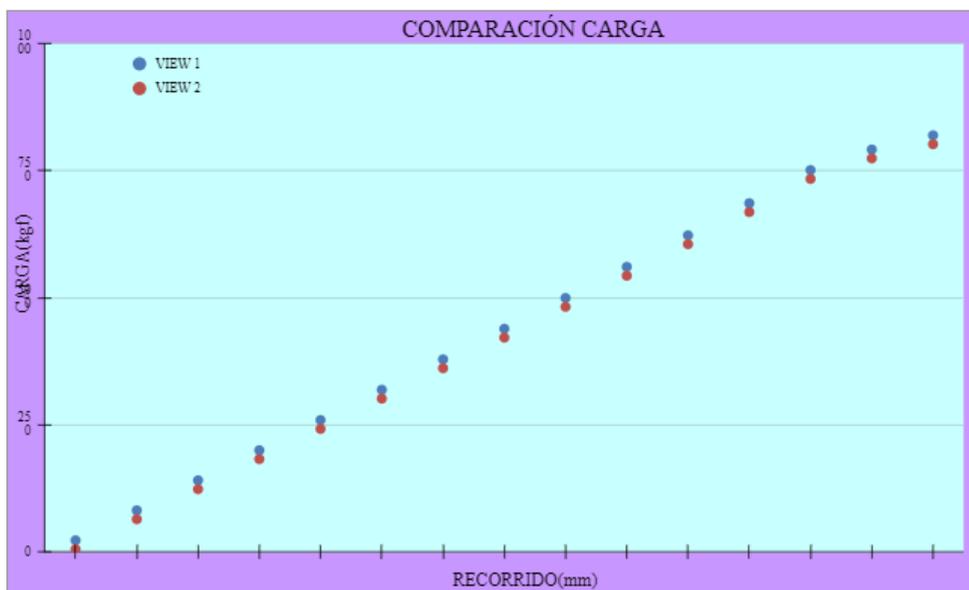


Figura 6.3 Setting delantero propuesto 2

Se puede observar que la variación de 3mm de precarga hace que en todo el rango de recorrido la dureza sea menor, pero siempre con una diferencia mínima y muy difícil de sentir para el piloto. El cambio de precarga no modifica la pendiente de la recta del muelle.

### Modificación 3:

Se procede a modificar el nivel de aceite de los muelles. El nivel de aceite de partida se situaba en 135mm por lo que se aumentará a 150mm.

	SETTING 1	SETTING 2	SETTING 3	SETTING 4	SETTING 5
RATIO MUELLE	5,8	5,8			
PRECARGA	4	4			
NV ACEITE	135	160			
RATIO CM	0	0			
DIST CM	0	0			

CARRERA	SETTING 1	SETTING 2	(DIF)	SETTING 3	(DIF)	SETTING 4	(DIF)	SETTING 5	(DIF)
0	23,20	23,20	0,00						
10	82,08	81,99	-0,09						
20	141,07	140,86	-0,21						
30	200,20	199,84	-0,36						
40	259,50	258,95	-0,55						
50	319,00	318,21	-0,79						
60	378,76	377,65	-1,11						
70	438,86	437,33	-1,53						
80	499,40	497,30	-2,10						
90	560,54	557,65	-2,89						
100	622,51	618,49	-4,02						
110	685,70	680,00	-5,71						
120	750,77	742,44	-8,34						
126	791,20	780,52	-10,67						
130	818,98	806,25	-12,72						

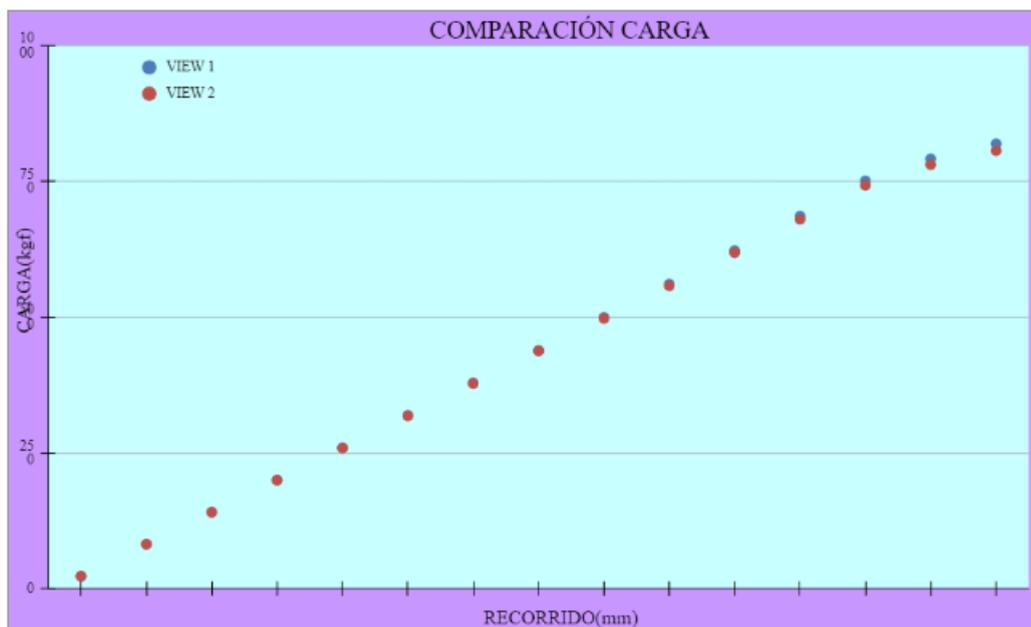


Figura 6.4 Setting delantero propuesto 3

Se observa en la Figura 6.4 como el cambio de nivel de aceite solamente afecta en la última parte del recorrido y de manera casi despreciable. Esta modificación puede ser interesante cuando se busca no hacer tope en máxima compresión de muelle.

### Modificación 4:

Se procede a combinar dos de las modificaciones anteriores. Se cambiará el muelle de 6'3KN/mm a un muelle de 5'3KN/mm como en la modificación 1, pero en este caso se añadirán 5mm de precarga.

	SETTING 1	SETTING 2	SETTING 3	SETTING 4	SETTING 5
RATIO MUELLE	5,8	5,3			
PRECARGA	4	9			
NV ACEITE	135	135			
RATIO CM	0	0			
DIST CM	0	0			

CARRERA	SETTING 1	SETTING 2	(DF)	SETTING 3	(DF)	SETTING 4	(DF)	SETTING 5	(DF)
0	23,20	47,70	24,50						
10	82,08	101,58	19,50						
20	141,07	155,57	14,50						
30	200,20	209,70	9,50						
40	259,50	264,00	4,50						
50	319,00	318,50	-0,50						
60	378,76	373,26	-5,50						
70	438,86	428,36	-10,50						
80	499,40	483,30	-16,50						
90	560,54	540,04	-20,50						
100	622,51	597,01	-25,50						
110	685,70	655,20	-30,50						
120	750,77	715,27	-35,50						
126	791,20	752,70	-38,50						
130	818,98	778,48	-40,50						

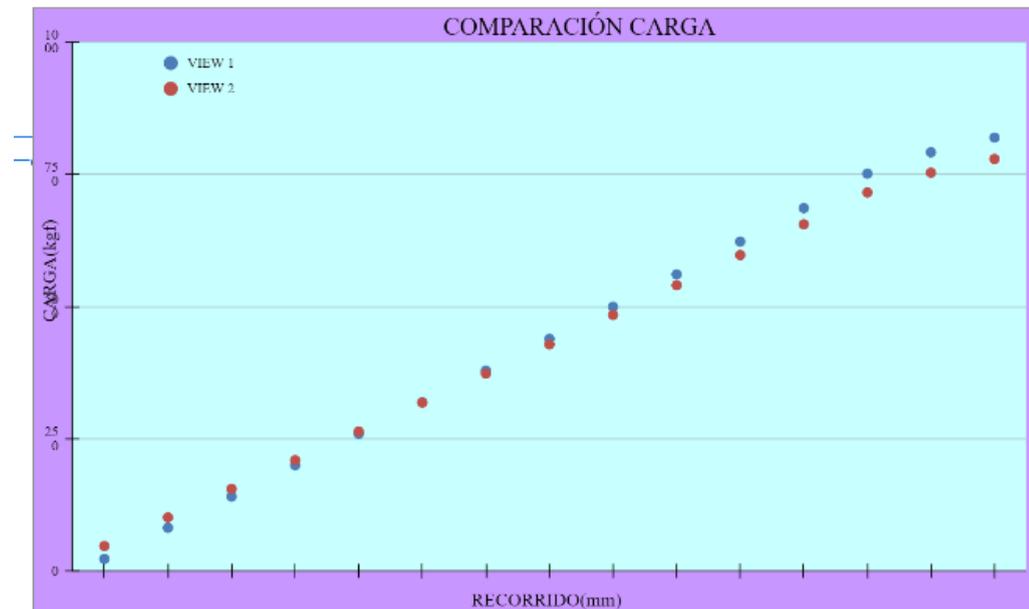


Figura 6.5 Setting delantero propuesto 4

Se observa como en la primera parte la dureza de los muelles es mayor y en la última parte del recorrido es menor.

### Modificación 5:

Se procede a modificar a un muelle con mayor constante y con menor precarga. Se cambiará el muelle de 5'3KN/mm a un muelle de 6'3KN/mm pero en este caso se reducirá la precarga a 0.

	SETTING 1	SETTING 2	SETTING 3	SETTING 4	SETTING 5
RATIO MUELLE	5,8	6,3			
PRECARGA	4	0			
NV ACEITE	135	135			
RATIO CM					
DIST CM					

CARRERA	SETTING 1	SETTING 2 (DIF)	SETTING 3 (DIF)	SETTING 4 (DIF)	SETTING 5 (DIF)
0	23,20	0,00			
10	82,08	63,88			
20	141,07	127,87			
30	200,20	192,00			
40	259,50	256,30			
50	319,00	320,80			
60	378,76	385,56			
70	438,86	450,66			
80	499,40	516,20			
90	560,54	582,34			
100	622,51	649,31			
110	685,70	717,50			
120	750,77	787,57			
126	791,20	831,00			
130	818,98	860,78			

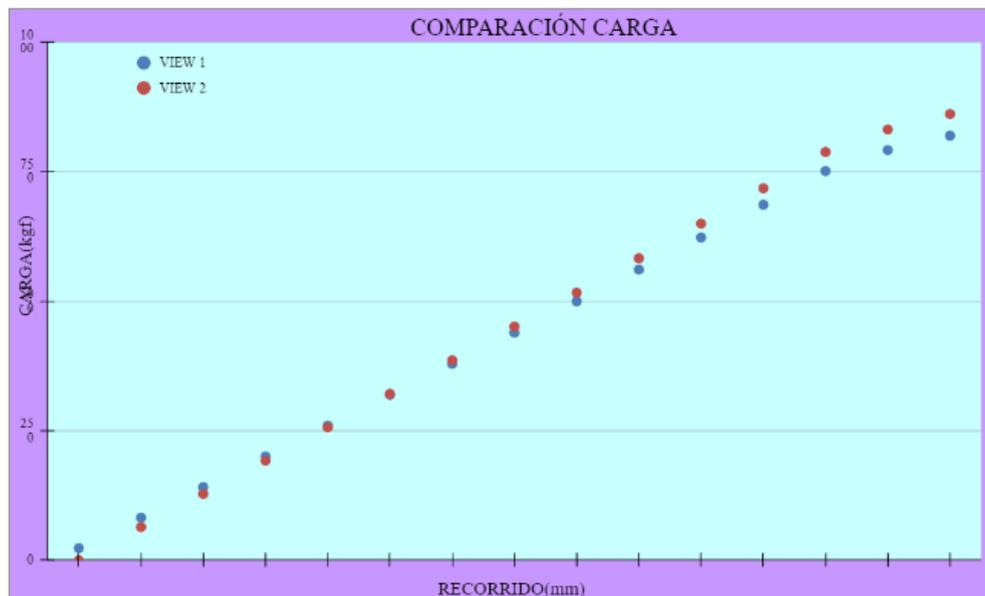


Figura 6.6 Setting delantero propuesto 5

En este caso se observa como en la primera parte del recorrido el muelle se comporta de una manera más blanda y a medida que se aumenta el recorrido se hace más duro. Este comportamiento de la suspensión delantera era el que se estaba buscando.

## 6.1.2 Amortiguador trasero

Después de realizar varias pruebas con amortiguadores de menor fuerza (KN/mm), menores precargas e incluso la combinación de algunas de ellas, se llega a la conclusión que las modificaciones no alterarían de manera correcta el funcionamiento de la motocicleta en pista. El piloto podría sentir una pequeña mejora en la parte final de la frenada, pero este cambio penalizará en otros puntos de la pista, como en las curvas rápidas donde le sería más complicado girar la moto de manera eficaz.

En este momento se procede a investigar sobre las diferentes soluciones posibles para este problema y después de un análisis exhaustivo de posibilidades se propone una solución, el uso del *contramuelle*. Esta modificación no es utilizada en motos de pequeño peso y potencia pero sí es muy recurrente entre los equipos que compiten en categorías mayores como 600cc o 1000cc.

Los contramuelles son los encargados de realizar la función contraria del amortiguador en la parte trasera. Es decir, cuando la moto empieza a frenar evitan que el amortiguador se extienda y ayudan a su compresión en la aceleración, que es básicamente lo que se está buscando en este caso.

El contramuelle hace que haya un cambio de pendiente en la gráfica N-mm, si no hubiera contramuelle el amortiguador seguiría una pendiente constante.

Para observar el rendimiento del nuevo setting trasero se utilizará la hoja de cálculo Excel. El contramuelle tendrá una constante de 150KN/mm o 188KN/mm y un recorrido de 8mm.

No se tenían referencias de ningún tipo de contramuelle utilizado por el equipo Cuna de Campeones así que se ha decidido optar por el de constante más estándar y con dos opciones de recorrido, de acuerdo con las especificaciones facilitadas por el fabricante.

## Modificación 1:

Para la modificación 1 se mantendrá el mismo amortiguador, con la misma precarga y se introducirá el contramuelle de 150x8mm.

	SETTING 1	SETTING 2	SETTING 3	SETTING 4	SETTING 5
RATIO AMTG	80	80			
PRECARGA	10,3	10,3			
RECORRIDO CM	0	150			
RATIO CM	0	8			
GAS VOL					
GAS PRESS.					

RECORRIDO	SETTING 1	SETTING 2 (DIF)	SETTING 3 (DIF)	SETTING 4 (DIF)	SETTING 5 (DIF)
0	#DIV/0!	#DIV/0!	#DIV/0!		
5	1221,99	771,99	-450,00		
10	1621,99	1621,99	0,00		
15	2021,99	2021,99	0,00		
20	2421,99	2421,99	0,00		
25	2821,99	2821,99	0,00		
30	3221,99	3221,99	0,00		
35	3621,99	3621,99	0,00		
40	4021,99	4021,99	0,00		
45	4421,99	4421,99	0,00		
50	4821,99	4821,99	0,00		
55	5221,99	5221,99	0,00		
60	5621,99	5621,99	0,00		
63,1	5869,99	5869,99	0,00		

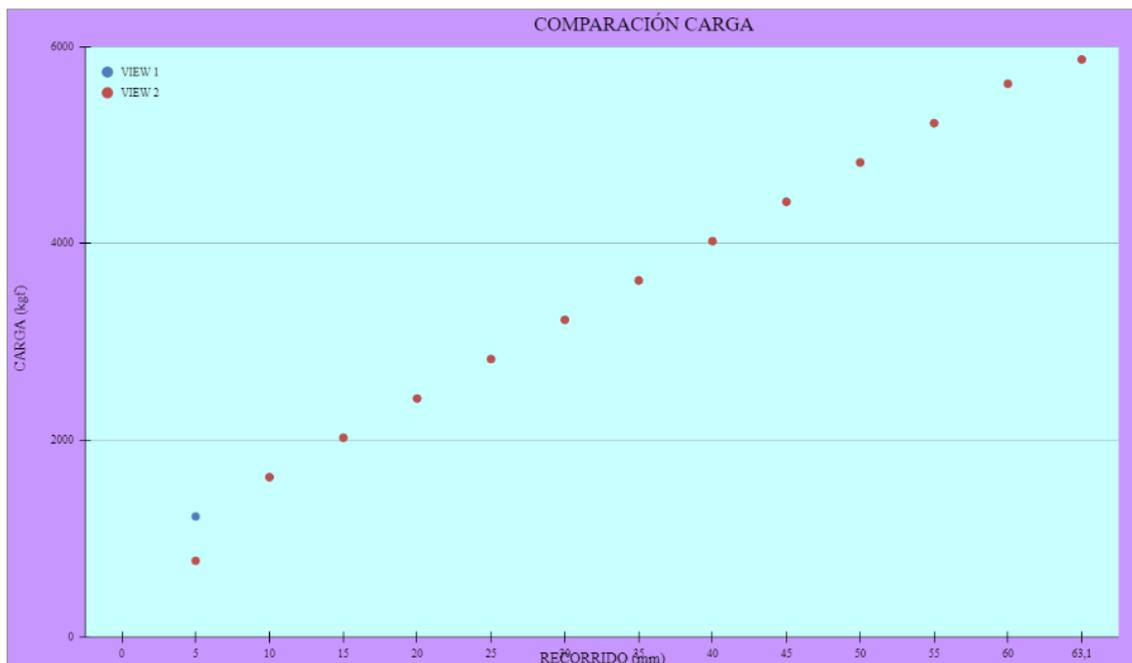


Figura 6.7 Setting trasero propuesto 1

Se observa en el gráfico de la Figura 6.7 como hay un cambio de pendiente en la línea roja (setting con contramuelle) y hace la función que se está buscando, que es reducir la carga del amortiguador trasero en la primera parte de la frenada.

## Modificación 2:

Para la modificación 2 se probará el segundo contramuelle de 188 KN/mm.

	SETTING 1	SETTING 2	SETTING 3	SETTING 4	SETTING 5
RATIO AMTG	80	80			
PREDARGA	10,3	10,3			
RECORRIDO CM	0	188			
RATIO CM	0	8			
GAS VOL					
GAS PRESS					

RECORRIDO	SETTING 1	SETTING 2 (DIF)	SETTING 3 (DIF)	SETTING 4 (DIF)	SETTING 5 (DIF)
0	#DIV/0!	#DIV/0!	#DIV/0!		
5	1221,99	657,99	-564,00		
10	1621,99	1621,99	0,00		
15	2021,99	2021,99	0,00		
20	2421,99	2421,99	0,00		
25	2821,99	2821,99	0,00		
30	3221,99	3221,99	0,00		
35	3621,99	3621,99	0,00		
40	4021,99	4021,99	0,00		
45	4421,99	4421,99	0,00		
50	4821,99	4821,99	0,00		
55	5221,99	5221,99	0,00		
60	5621,99	5621,99	0,00		
63,1	5869,99	5869,99	0,00		

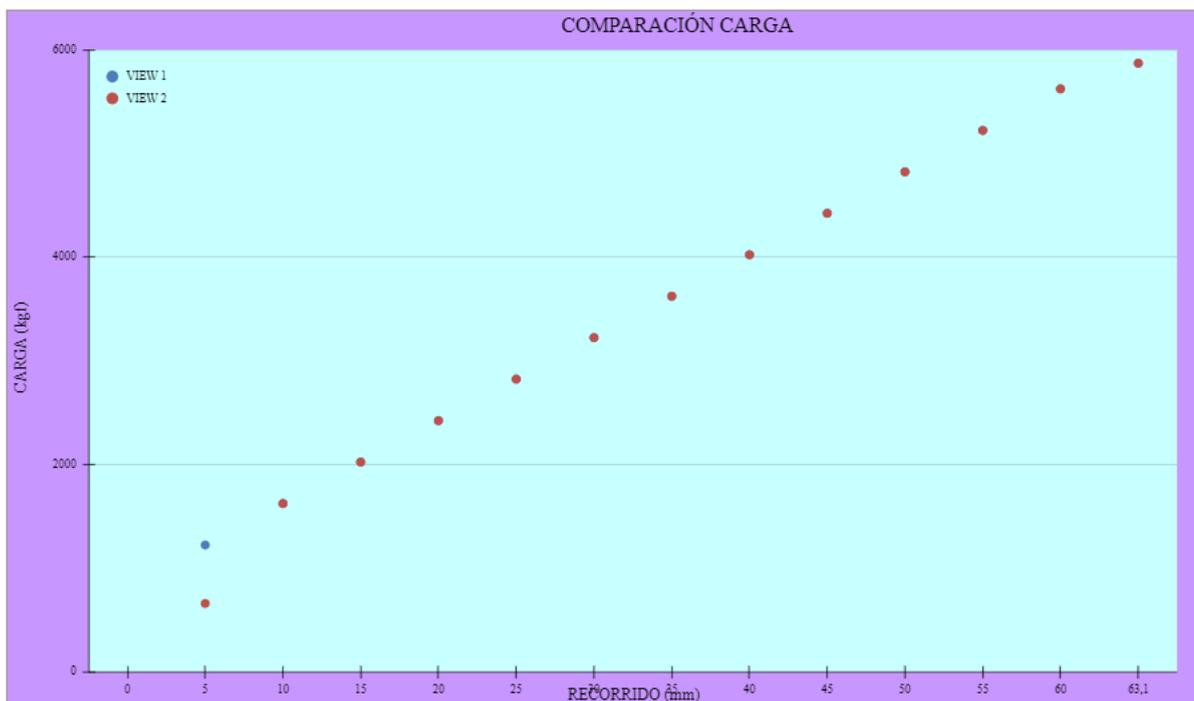


Figura 6.8 Setting trasero propuesto 2

Como se puede observar en la Figura 6.8 no hay una diferencia notable entre los dos contramuelles, por lo que, al ser una modificación que no se ha probado anteriormente, se decide utilizar la opción más conservadora que es el contramuelle corto de 150 mm para que la diferencia notada por el piloto sea menor.

### Modificación 3:

En la tercera modificación se usará el contramuelle de 150 KN/mm con 8 mm de precarga para favorecer el recorrido del amortiguador en todo el rango y obtener las medias de recorridos buscadas.

	SETTING 1	SETTING 2	SETTING 3	SETTING 4	SETTING 5
RATIO AMTG	80	80			
PRECARGA	10,3	8			
RECORRIDO CM	0	150			
RATIO CM	0	8			
GAS VOL.					
GAS PRESS.					

RECORRIDO	SETTING 1	SETTING 2 (DIF)	SETTING 3 (DIF)	SETTING 4 (DIF)	SETTING 5 (DIF)
0	#DIV/0!	#DIV/0!	#DIV/0!		
5	1221,99	587,99	-634,00		
10	1621,99	1437,99	-184,00		
15	2021,99	1837,99	-184,00		
20	2421,99	2237,99	-184,00		
25	2821,99	2637,99	-184,00		
30	3221,99	3037,99	-184,00		
35	3621,99	3437,99	-184,00		
40	4021,99	3837,99	-184,00		
45	4421,99	4237,99	-184,00		
50	4821,99	4637,99	-184,00		
55	5221,99	5037,99	-184,00		
60	5621,99	5437,99	-184,00		
63,1	5869,99	5685,99	-184,00		

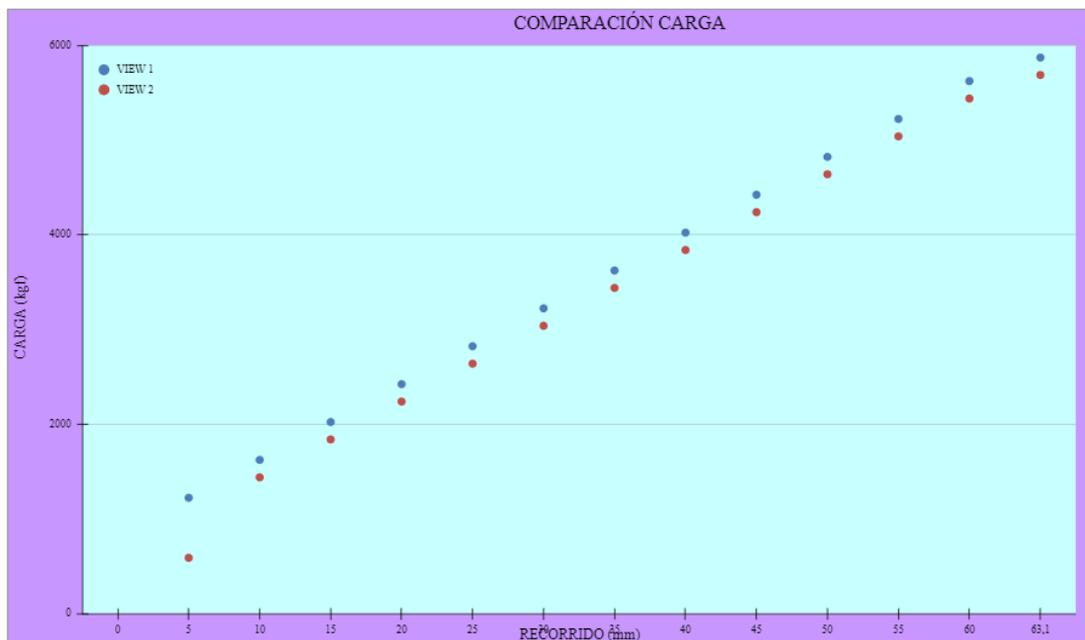


Figura 6.9 Setting trasero propuesto 3

Se recuerda que el cambio a menor precarga hace todo el amortiguador más blando en todo su recorrido de forma constante, cambio que favorece obtener unos recorridos mayores y por tanto llegar a las medias deseadas.

### Modificación 4:

Para la modificación 4 se dispondrá del contramuelle de 150 KN/mm y se realizará un cambio de amortiguador trasero a 75 KN/mm manteniendo la misma precarga.

	SETTING 1	SETTING 2	SETTING 3	SETTING 4	SETTING 5
RATIO AMTG	80	75			
PRECARGA	10,3	10,3			
RECORRIDO CM	0	150			
RATIO CM	0	8			
GAS VOL					
GAS PRESS.					

RECORRIDO	SETTING 1	SETTING 2 (DIF)	SETTING 3 (DIF)	SETTING 4 (DIF)	SETTING 5 (DIF)
0	#DIV/0!	#DIV/0!	#DIV/0!		
5	1221,99	695,49			
10	1621,99	1520,49			
15	2021,99	1895,49			
20	2421,99	2270,49			
25	2821,99	2645,49			
30	3221,99	3020,49			
35	3621,99	3395,49			
40	4021,99	3770,49			
45	4421,99	4145,49			
50	4821,99	4520,49			
55	5221,99	4895,49			
60	5621,99	5270,49			
63,1	5869,99	5502,99			

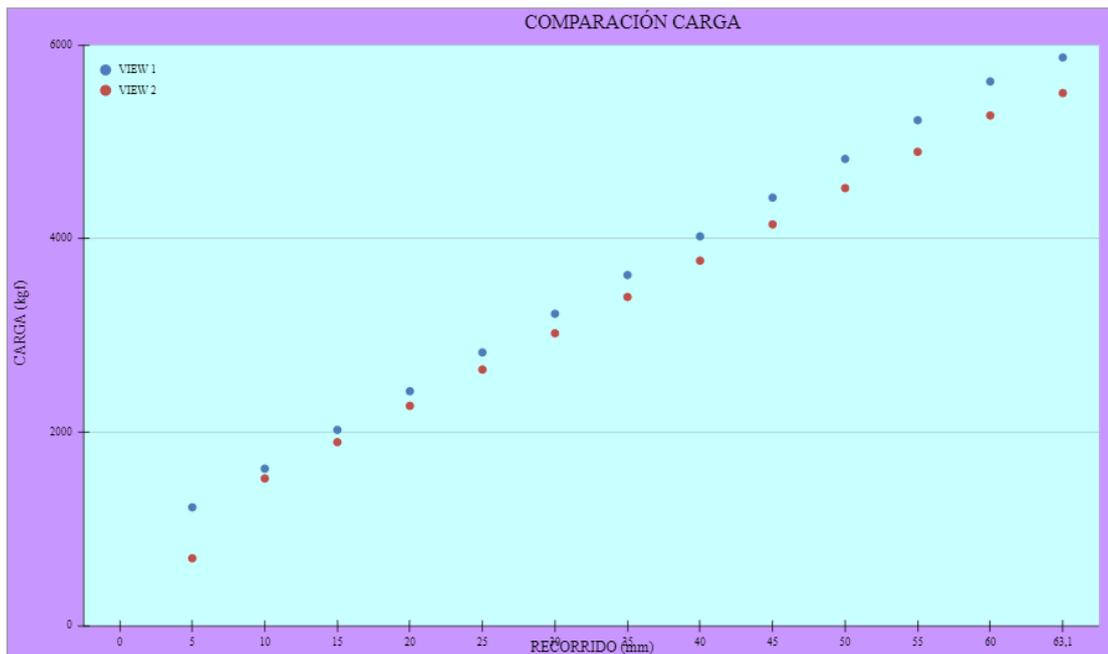


Figura 6.10 Setting trasero propuesto 4

El cambio a un muelle trasero más blando tiene su mayor diferencia a recorridos a finales del amortiguador, donde se podría quedar demasiado blando en este punto.

### **Solución a desarrollar:**

Para las horquillas delanteras visto el análisis de datos, el valor de las medias y la sensación del piloto, se necesitaba un cambio que hiciera más blanda la moto en el primer momento de la frenada. Se han probado hasta cinco modificaciones diferentes, siendo la modificación 5 la más óptima. Así pues, se realizará un cambio de muelle de 5,3 KN/mm a 6,3 KN/mm y se reducirá la precarga a 0 milímetros.

En la parte trasera se decide poner un contramuelle de 8 KN/mm con un recorrido de 150 milímetros, opción más conservadora porque este cambio no se ha probado anteriormente. Con este cambio se pretende mejorar la primera parte de la frenada para evitar el *stoppie*. Además, se opta por cambiar la precarga trasera de 10,3 mm a 8 mm para favorecer el recorrido del amortiguador y así dar al piloto un mejor feeling. Así pues la modificación 3 será la más óptima.

## 6.2 Relación de cambio o desarrollo

Un parámetro clave en motos de poca potencia es el desarrollo. El equipo/piloto que es capaz de acertar con el desarrollo correcto en carrera, tiene muchas probabilidades de éxito. A pesar de que pueda parecer que en los entrenamientos libres hay tiempo suficiente para ajustarlo, no es lo que sucede en la realidad.

Hay varios factores que hay que tener en cuenta como el viento y el rebufo, que pueden ser claves para tener un desarrollo óptimo. La labor de los técnicos conjuntamente con los pilotos es prever cómo se va a dar la carrera (si va a ser en grupo o se intuye que se va a rodar sólo) y los puntos donde el viento puede afectar más. Estos factores pueden alterar alrededor de 1-2 dientes de corona.



**Figura 6.11** Piñón MIR Premoto3

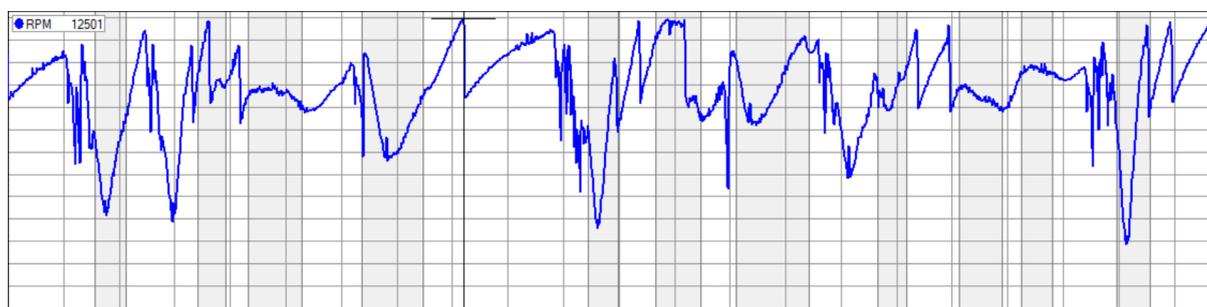


**Figura 6.12** Corona MIR Premoto3

Después de realizar el análisis se llega a la conclusión que las RPM son bastante correctas en todos los puntos del circuito, pero se observa que a la salida de la última curva (curva más lenta del circuito) las revoluciones se sitúan por debajo de 7500rpm. Este valor es muy significativo, porque por debajo de este, el fabricante nos indica que el par que entrega el motor no es óptimo, por lo que se pierde aceleración en la salida de las curvas. También se puede observar en la Figura 6.13 que hay muchas zonas del trazado, sobre todo en la parte final donde están la mayor parte de curvas rápidas, que las revoluciones del motor son bastante altas llegando muchas veces cerca del límite de 12500rpm.



**Figura 6.13** RPM mínimas



**Figura 6.14** RPM máximas

Una forma de optimizar la aceleración de la última curva sería cambiando la relación de cambio a un desarrollo más corto. Así pues, las revoluciones del motor no bajarían por debajo de las 7500rpm y se aprovecharía mejor el par. Para reducir las revoluciones máximas en la parte rápida del circuito se optaría por montar un desarrollo más largo.

Para seleccionar el desarrollo adecuado se ha elaborado una hoja excel. Así pues, se podría estimar de manera aproximada la relación de cambio correcta, las velocidades a las que se llegarían y las revoluciones por minuto.

Para calcular la velocidad en cada marcha se utilizará la siguiente fórmula:

$$\text{Velocidad [km/h]} = (\text{RPM Max}) / (\text{Primario} * \text{Ratio Marcha n} * \text{Ratio desarrollo}) * (\text{Perímetro Rueda}) * (60 / 1000)$$

Donde:

*Ratio marcha* = Valor suministrado por el fabricante de motores Yamaha y que depende de cada marcha desde 1<sup>a</sup> a 5<sup>a</sup>

*Primario* = Valor suministrado por el fabricante de motores Yamaha que hace referencia a la potencia del motor

$$\text{Diámetro llanta [mm]} = \text{Ø Llanta [pulgadas]} * 25,4$$

$$\text{Diámetro total [mm]} = \text{Diámetro llanta} + (((\text{Perfil}/100) * \text{Ancho}) * 2)$$

$$\text{Perímetro rueda [mm]} = \text{Diámetro total} * \text{PI}()$$

Datos de partida:

		90/115	
<b>Dunlop</b> <b>P</b>	Ancho	115	mm
	Perfil	60	%
	Ø Llanta	17	pulgadas
	Diam	431,8	mm
	Diam Tot.	569,8	mm
	Perimetro	1790,07949	mm
	Perimetro	1,79007949	m

Figura 6.15 Datos neumático/llanta

	Embrague	Ciguelal	Ratio
<b>Primario</b>	35	90	2,571428571
<b>Secundario</b>			
Marcha	Main	Counter	Ratio
1	15	65	4,333
2	16	40	2,500
3	17	33	1,941
4	19	31	1,632
5	20	26	1,300

Figura 6.16 Datos fabricante motor

Con los datos anteriores suministrados por el fabricante de motor Yamaha y de neumáticos Dunlop se dispone a calcular el desarrollo adecuado para esta motocicleta. El equipo Cuna de Campeones a partir de los datos recogidos durante el fin de semana de carrera nos entrega una tabla de velocidad objetivo por marcha, para tener una referencia más precisa.

Objetivo Velocidad	
Marcha	Velocidad
1	60
2	108
3	140
4	170
5	200
6	0

**Figura 6.17** *Objetivo velocidad por marcha*

Se muestra la tabla de las opciones de desarrollo disponibles para utilizar:

	Piñón	Corona	Ratio
18-35	18	35	1,944
18-36	18	36	2,000
18-37	18	37	2,056
18-38	18	38	2,111
18-39	18	39	2,167
18-40	18	40	2,222
18-41	18	41	2,278
18-42	18	42	2,333
17-35	17	35	2,059
17-36	17	36	2,118
17-37	17	37	2,176
17-38	17	38	2,235
17-39	17	39	2,294
17-40	17	40	2,353
17-41	17	41	2,412
17-42	17	42	2,471
16-35	16	35	2,188
16-36	16	36	2,250
16-37	16	37	2,313
16-38	16	38	2,375
16-39	16	39	2,438
16-40	16	40	2,500
16-41	16	41	2,563
16-42	16	42	2,625

**Figura 6.18** *Desarrollos MIR PreMoto3*

### **Opción desarrollo 1:**

La primera opción que se tiene en cuenta es mantener el desarrollo actual en la moto, en este caso la opción utilizada por el equipo era el 18/36.

<b>OPCIÓN 1</b>		
<b>Gear</b>	<b>km/h</b>	
<b>1</b>	60,2	
<b>2</b>	104,4	
<b>3</b>	134,5	
<b>4</b>	160,0	
<b>5</b>	200,8	
<b>6</b>	0,0	
<b>Piñón</b>	18 ▼	<b>18-36</b>
<b>Corona</b>	36 ▼	
<b>Ratio final</b>	2	
<b>Links</b>	120 ▼	
<b>L basculante</b>	522	

**Figura 6.19** Opción desarrollo 1

Se puede observar que las velocidades objetivo son similares a las buscadas en pista, faltando un poco de velocidad en 3ª, 4ª y 5ª. El problema que tiene esta relación de cambio analizando los datos es la siguiente: en la última curva las revoluciones por minuto caen ligeramente por debajo de las 7500rpm.

De manera contraria, en otras zonas del circuito como las curvas rápidas el motor sube demasiado de revoluciones y no permite al piloto tener una conducción fluida y cómoda.

### **Opción desarrollo 2:**

En la segunda opción de desarrollo se probaría una relación ligeramente más corta para aprovechar un poco más la potencia del motor a la salida de las curvas lentas. En este caso la elección sería 18-37.

<b>OPCIÓN 2</b>		
<b>Gear</b>	<b>km/h</b>	<b>Diff</b>
<b>1</b>	58,6	-1,6
<b>2</b>	101,6	-2,8
<b>3</b>	130,8	-3,6
<b>4</b>	155,7	-4,3
<b>5</b>	195,4	-5,4
<b>6</b>	0,0	
<b>Piñón</b>	18 ▾	<b>18-37</b>
<b>Corona</b>	37 ▾	
<b>Ratio final</b>	2,055555556	
<b>Links</b>	120 ▾	
<b>L basculante</b>	518,03	

**Figura 6.20** Opción desarrollo 2

Se observa una comparación en velocidad con el primer desarrollo que obviamente al ser más corto, se pierde en punta para tener un extra de aceleración.

Realmente el problema de falta de aceleración se tiene en una curva, pero en este caso el cambio perjudicaría al resto del circuito donde se perdería velocidad revolucionando demasiado el motor, así que se descarta esta elección de desarrollo.

### **Opción desarrollo 3:**

La tercera opción consiste en cambiar a un desarrollo ligeramente más largo para ganar velocidad punta en las rectas y tener una conducción más fluida maximizando el paso por curva. El desarrollo que se selecciona es el 18-35.

<b>OPCIÓN 3</b>		
<b>Gear</b>	<b>km/h</b>	<b>Diff</b>
<b>1</b>	62,0	1,7
<b>2</b>	107,4	3,0
<b>3</b>	138,3	3,8
<b>4</b>	164,6	4,6
<b>5</b>	206,5	5,7
<b>6</b>	0,0	
<b>Piñón</b>	18 ▾	<b>18-35</b>
<b>Corona</b>	35 ▾	
<b>Ratio final</b>	1,94444444	
<b>Links</b>	120 ▾	
<b>L basculante</b>	525,97	

**Figura 6.21** Opción desarrollo 3

En esta nueva relación de cambio se obtiene que en 3ª, 4ª y 5ª marcha las velocidades se sitúan más cerca de las objetivo.

Es cierto que se perderá un poco de aceleración en la última curva pero en el resto del circuito podría beneficiar a la conducción del piloto y velocidad de la moto.

### **Diferencia de longitud de basculante**

Se estimará la diferencia de longitud de basculante cuando se cambia de un desarrollo a otro. Este cambio de longitud afecta de manera considerable al comportamiento de la moto en pista.

Para calcular la diferencia en la longitud de basculante se utilizará la siguiente fórmula a partir de los dientes de piñón y corona, los links y el paso de cadena.

### **$\Delta$ Longitud basculante =**

$$(((\text{piñon1}+\text{corona1})-(\text{p2}+\text{c2}))*(\text{pasocad}/4))-((\text{pasocad}*((\text{links1}+1)/2))-(\text{pasocad}*((\text{links2}+1)/2)))$$

Donde:

Paso de cadena = 15,875

Links = 120

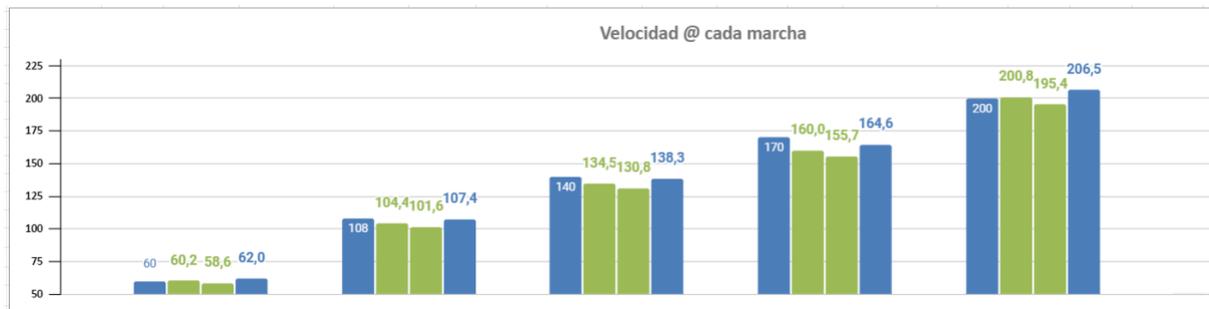
<b>Longitud basculante</b>				
<b>Opciones</b>	<b>Piñón</b>	<b>Corona</b>	<b>Links</b>	<b>Diferencia</b>
<b>OPCIÓN 1</b>	18	36	120	<b>-3,97</b>
<b>OPCIÓN 2</b>	18	37	120	
<b>OPCIÓN 1</b>	18	36	120	<b>3,97</b>
<b>OPCIÓN 3</b>	18	35	120	

**Figura 6.22** Diferencia longitud basculante

Se obtiene que en el desarrollo 2 (más corto) la moto será casi 4mm más corta entre ejes. En la teoría este cambio favorece el giro de la moto, pero perjudica las frenadas y la estabilidad en curva rápida.

En cambio en la opción 3 (desarrollo más largo) es justo lo contrario, se tendría una longitud de basculante 4mm mayor. Este cambio reduce el giro de la moto, pero mejora la estabilidad en frenada y curva rápida.

## Solución a desarrollar:



**Figura 6.23** Comparación velocidad objetivo con opciones 1,2,3

Se opta finalmente por elegir la opción 3, un desarrollo ligeramente más largo en un diente de 18-35.

Se ha decidido esta opción por varios motivos:

Primeramente, como se puede observar en la gráfica de velocidad, es la velocidad más cercana a la objetivo y la que mayor punta consigue en 5ª marcha.

En segundo lugar, la nueva relación de cambio ayudará a no llegar a las revoluciones máximas en la parte rápida del trazado, por lo que la conducción podrá ser más cómoda y el piloto será capaz de tener un paso por curva más elevado.

En tercer lugar, a pesar que se disminuyan las revoluciones mínimas en la última curva, el par de la motocicleta sigue siendo correcto por encima de las 7000 rpm.

Por último, una mayor longitud de basculante ayuda al piloto con los problemas de estabilidad en frenada y va en la línea de los cambios que se han efectuado en las suspensiones.

## 6.3 Mapa motor

Al igual que el desarrollo, tener un mapa motor óptimo en cada momento es fundamental para lograr el máximo rendimiento en carrera.

Como se ha visto anteriormente, se puede obtener información acerca del mapa motor analizando la variación del valor del parámetro Lambda. Este valor estaba cercano al 0'9-0'91, por lo que habría un exceso de aire en la mezcla o falta de combustible.

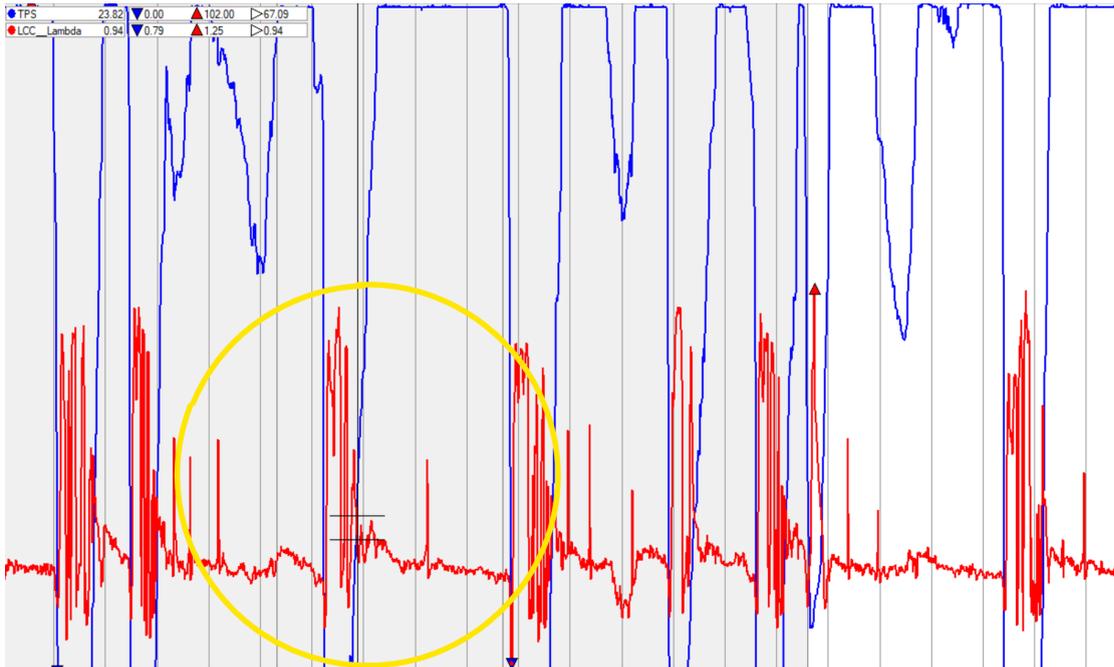
Para poder buscar los valores óptimos de 0'87-0'89 habrá que realizar modificaciones en el mapa motor. Este cambio se realizará mediante el programa **Maya**.

Primeramente habrá que detectar en qué rango de revoluciones del motor se está moviendo para poder optimizar la mezcla en el lugar adecuado.

Volviendo a la gráfica de las RPM se observa que el rango se sitúa entre las 7300 obtenidas en la curva más lenta del circuito y las 12500 rpm alcanzadas en las rectas largas.

Se dividirán estos rangos de RPM en dos partes dependiendo del porcentaje de gas:

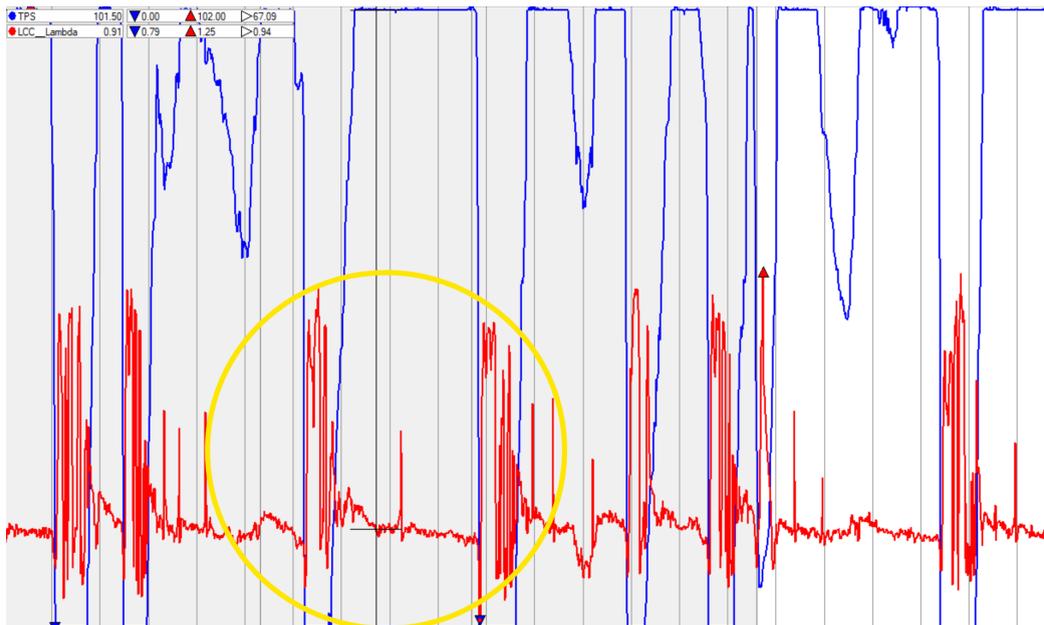
**-De 7300 a 10.000 rpm:** El porcentaje de gas se sitúa del 0 al 50% ya que en este rango de revoluciones del motor el piloto está empezando a abrir el gas para salir de la curva.



**Figura 6.24** *Lambda <50% TPS*

Como se puede observar cuando el TPS es menor que el 50% se obtiene una Lambda de 0,94. Valor que dista bastante de los valores óptimos.

**-De 10.000 a 12.500 rpm:** El porcentaje de gas se sitúa entre el 50 y el 100%, en este rango de revoluciones el piloto está abriendo el gas en mayor medida para salir de la curva en la zona de aceleración, deja de inclinar la moto para afrontar la siguiente recta.



**Figura 6.25** *Lambda >50% TPS*

Como se observa en la figura anterior el valor de Lambda con un porcentaje superior de gas va bajando progresivamente hasta 0,91. Un valor mucho más próximo a los valores de 0,87-0,89 buscados. Así pues, habrá que realizar varias modificaciones en el mapa motor. La primera con TPS y revoluciones más bajas, donde habrá que aumentar bastante la entrada de gasolina y la segunda con TPS y revoluciones altas, donde también se tendrá que aumentar la entrada de gasolina pero en menor medida.

Cabe destacar que en motocicletas de mayor potencia el mapa motor se configura a partir de 3 o más rangos de revoluciones porque hay que parcializar mucho más el gas, en motos de menor potencia con ajustar para el primer punto de gas y el gas a fondo es más que suficiente.

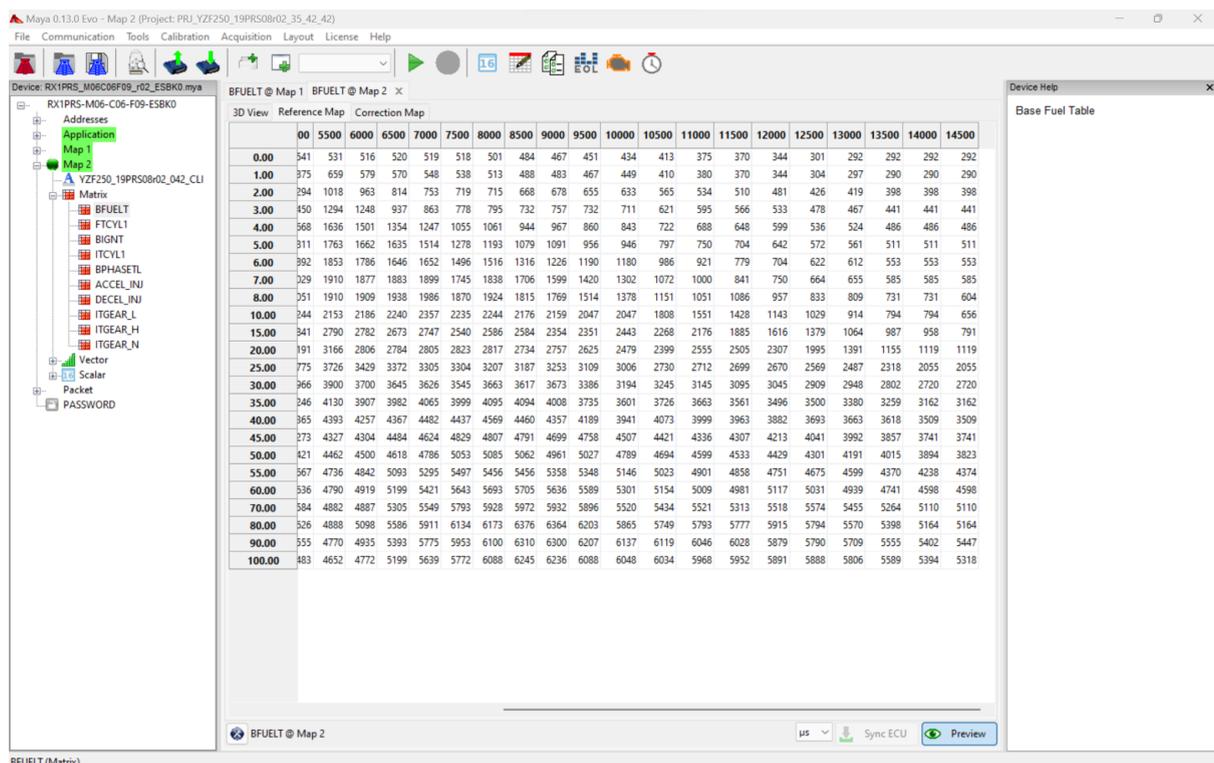


Figura 6.26 Mapa motor actual

Se puede observar en la figura 6.4 que en el programa Maya se tiene la opción de corregir el mapa motor desde 0 a 100% de TPS y de 0 a 14500 RPM. Como se ha comentado anteriormente realizar cambios de 0 a 7300 y de 12500 a 14500 rpm no tendrá ningún efecto en el rendimiento, ya que en pista la motocicleta no consigue llegar a estos valores.

**Solución a desarrollar:** Para obtener un mapa motor óptimo se deberá reducir el valor de Lambda de 0,94 a 0,87-0,89. En el rango de 7300 a 10.000 rpm con un TPS del 50%. Para corregir este valor se subirá un 5% los valores establecidos en el mapa de gasolina.

BFUEL @ Map 2																				
	Reference Map										Correction Map									
	00	5000	6000	6500	7000	7500	8000	8500	9000	9500	10000	10500	11000	11500	12000	12500	13000	13500	14000	14500
0.00	541	531	516	520	519	518	501	484	467	451	434	413	375	370	344	301	292	292	292	292
1.00	375	659	579	570	548	538	513	488	483	467	449	410	380	370	344	304	297	290	290	290
2.00	294	1018	963	814	753	719	715	668	678	655	633	565	534	510	481	426	419	398	398	398
3.00	450	1294	1248	937	863	778	795	732	757	732	711	621	595	566	533	478	467	441	441	441
4.00	568	1636	1501	1354	1247	1055	1061	944	967	860	843	722	688	648	599	536	524	486	486	486
5.00	311	1763	1662	1635	1514	1278	1193	1079	1091	956	946	797	750	704	642	572	561	511	511	511
6.00	392	1853	1786	1646	1652	1496	1516	1316	1226	1190	1180	986	921	779	704	622	612	553	553	553
7.00	029	1910	1877	1883	1899	1745	1838	1706	1599	1420	1302	1072	1000	841	750	664	655	585	585	585
8.00	051	1910	1909	1938	1996	1870	1924	1815	1769	1514	1378	1151	1051	1086	957	833	809	731	731	604
10.00	244	2153	2186	2240	2357	2235	2244	2176	2159	2047	2047	1808	1551	1428	1143	1029	914	794	794	656
15.00	341	2790	2782	2673	2747	2540	2586	2584	2354	2351	2443	2268	2176	1885	1616	1379	1064	987	958	791
20.00	191	3166	2806	2784	2805	2823	2817	2734	2757	2625	2479	2399	2555	2505	2307	1995	1391	1155	1119	1119
25.00	775	3726	3429	3372	3305	3304	3207	3187	3253	3109	3006	2730	2712	2699	2670	2569	2487	2318	2055	2055
30.00	366	3900	3700	3645	3626	3545	3663	3617	3673	3386	3194	3245	3145	3095	3045	2909	2948	2802	2720	2720
35.00	246	4130	3907	3982	4065	3999	4095	4094	4008	3735	3601	3726	3663	3561	3496	3500	3380	3259	3162	3162
40.00	365	4393	4257	4367	4482	4437	4569	4460	4357	4189	3941	4073	3999	3963	3882	3693	3663	3618	3509	3509
45.00	273	4327	4304	4484	4624	4829	4807	4791	4699	4758	4507	4421	4336	4307	4213	4041	3992	3857	3741	3741
50.00	421	4462	4500	4618	4786	5053	5085	5062	4961	5027	4789	4694	4599	4533	4429	4301	4191	4015	3894	3823
55.00	567	4736	4842	5093	5295	5497	5456	5456	5358	5348	5146	5023	4901	4858	4751	4675	4599	4370	4238	4374
60.00	536	4790	4919	5199	5421	5643	5693	5705	5636	5589	5301	5154	5009	4981	5117	5031	4939	4741	4598	4598
70.00	584	4882	4887	5305	5549	5793	5928	5972	5932	5896	5520	5434	5521	5313	5518	5574	5455	5264	5110	5110
80.00	526	4888	5098	5586	5911	6134	6173	6376	6364	6203	5865	5749	5793	5777	5915	5794	5570	5398	5164	5164
90.00	555	4770	4935	5393	5775	5953	6100	6310	6300	6207	6137	6119	6046	6028	5879	5790	5709	5555	5402	5447
100.00	483	4652	4772	5199	5639	5772	6088	6245	6236	6088	6048	6034	5968	5952	5891	5888	5806	5589	5394	5318

Figura 6.27 Selección valores TPS <50%

Esta corrección para añadir el 5% se realizará de la siguiente manera. Con el click derecho se abrirá un menú, donde se irá a “Add/Subtract” y se añadirá un incremento del 5%.

BFUELT @ Map 2 x

3D View Reference Map Correction Map

	00	5500	6000	6500	7000	7500	8000	8500	9000	9500	10000	10500	11000	11500	12000	12500	13000	13500	14000	14500
0.00	541	531	516	520	519	518	501	484	467	451	434	413	375	370	344	301	292	292	292	292
1.00	375	659	579	570	548	538	513	488	483	467	449	410	380	370	344	304	297	290	290	290
2.00	294	1018	963	814	753	719	715	668	678	655	633	565	534	510	481	426	419	398	398	398
3.00	450	1294	1248	937	863	778	795	732	757	732	711	621	595	566	533	478	467	441	441	441
4.00	568	1636	1501	1354	1247	1055	1061	944	967	860	843	722	688	648	599	536	524	486	486	486
5.00	311	1763	1662	1635	1514	1278	1193	1079	1091	956	946	797	750	704	642	572	561	511	511	511
6.00	392	1853	1786	1646	1652	1496	1516	1316	1226	1190	1180	986	921	779	704	622	612	553	553	553
7.00	029	1910	1877	1883	1899	1745	1838	1706	1599	1420	1302	1072	1000	841	750	664	655	585	585	585
8.00	051	1910	1909	1938	1986	1870	1924	1815	1769	1514	1378	1151	1051	1086	957	833	809	731	731	604
10.00	344	2153	2186	2240	2357	2235	2244	2176	2159	2047	2047	1808	1551	1428	1143	1029	914	794	794	656
15.00	341	2790	2782	2673	2747	2540	2586	2584	2354	2351	2443	2268	2176	1885	1616	1379	1064	987	958	791
20.00	191	3166	2806	2784	2805	2823	2817	2734	2757	2625	2479	2399	2555	2505	2307	1995	1391	1155	1119	1119
25.00	775	3726	3429	3372	3305	3304	3207	3187	3253	3109	3006	2730	2712	2699	2670	2569	2487	2318	2055	2055
30.00	966	3900	3700	3645	3626	3545	3663	3617	3673	3386	3194	3245	3145	3095	3045	2909	2948	2802	2720	2720
35.00	246	4130	3907	3982	4065	3999	4095	4094	4008					1561	3496	3500	3380	3259	3162	3162
40.00	365	4393	4257	4367	4482	4437	4569	4460	4357					1963	3882	3693	3663	3618	3509	3509
45.00	273	4327	4304	4484	4624	4829	4807	4791	4699					1307	4213	4041	3992	3857	3741	3741
50.00	421	4462	4500	4618	4786	5053	5085	5062	4961					1533	4429	4301	4191	4015	3894	3823
55.00	567	4736	4842	5093	5295	5497	5456	5456	5358					1858	4751	4675	4599	4370	4238	4374
60.00	536	4790	4919	5199	5421	5643	5693	5705	5636											4598
70.00	584	4882	4887	5305	5549	5793	5928	5972	5932											5110
80.00	526	4888	5098	5586	5911	6134	6173	6376	6364											5164
90.00	555	4770	4935	5393	5775	5953	6100	6310	6300											5447
100.00	483	4652	4772	5199	5639	5772	6088	6245	6236											5318

Copy

Paste

Edit

Interpolate... >

Add/Subtract... >

Undo

Redo

View as Integer

View as Bit mask

View as Address

View as Real

Increment (single step) Ctrl++ 4598

Decrement (single step) Ctrl+- 5110

Increment (+0.5%) X 5164

Decrement (-0.5%) Z 5447

Increment (+1%) S 5318

Decrement (-1%) A

Increment (+5%) W

Decrement (-5%) Q

Figura 6.28 Incremento 5%

Para obtener el Lambda correcto de 10.000 a 12.500 rpm a más de 50% de TPS se deberá reducir el Lambda de 0,91 a 0,88. Por lo que se deberá reducir el 3% los valores del mapa motor. Así pues, se ejecutará de la misma manera, se seleccionarán los valores deseados y se realizarán tres incrementos del 1%.

BFUELT @ Map 2 x																				
	Reference Map										Correction Map									
	00	5500	6000	6500	7000	7500	8000	8500	9000	9500	10000	10500	11000	11500	12000	12500	13000	13500	14000	14500
0.00	541	531	516	520	519	518	501	484	467	451	434	413	375	370	344	301	292	292	292	292
1.00	575	659	579	570	548	538	513	488	483	467	449	410	380	370	344	304	297	290	290	290
2.00	294	1018	963	814	753	719	715	668	678	655	633	565	534	510	481	426	419	398	398	398
3.00	450	1294	1248	937	863	778	795	732	757	732	711	621	595	566	533	478	467	441	441	441
4.00	568	1636	1501	1354	1247	1055	1061	944	967	860	843	722	688	648	599	536	524	486	486	486
5.00	311	1763	1662	1635	1514	1278	1193	1079	1091	956	946	797	750	704	642	572	561	511	511	511
6.00	392	1853	1786	1646	1652	1496	1516	1316	1226	1190	1180	986	921	779	704	622	612	553	553	553
7.00	229	1910	1877	1883	1899	1745	1838	1706	1599	1420	1302	1072	1000	841	750	664	655	585	585	585
8.00	251	1910	1909	1938	1986	1870	1924	1815	1769	1514	1378	1151	1051	1086	957	833	809	731	731	604
10.00	244	2153	2186	2240	2357	2235	2244	2176	2159	2047	2047	1808	1551	1428	1143	1029	914	794	794	656
15.00	341	2790	2782	2673	2747	2540	2586	2584	2354	2351	2443	2268	2176	1885	1616	1379	1064	987	958	791
20.00	191	3166	2806	2784	2805	2823	2817	2734	2757	2625	2479	2399	2555	2505	2307	1995	1391	1155	1119	1119
25.00	775	3726	3429	3372	3305	3304	3207	3187	3253	3109	3006	2730	2712	2699	2670	2569	2487	2318	2055	2055
30.00	366	3900	3700	3645	3626	3545	3663	3617	3673	3386	3194	3245	3145	3095	3045	2909	2948	2802	2720	2720
35.00	246	4130	3907	3982	4065	3999	4095	4094	4008	3735	3601	3726	3663	3561	3496	3500	3380	3259	3162	3162
40.00	365	4393	4257	4367	4482	4437	4569	4460	4357	4189	3941	4073	3999	3963	3882	3693	3663	3618	3509	3509
45.00	273	4327	4304	4484	4624	4829	4807	4791	4699	4758	4507	4421	4336	4307	4213	4041	3992	3857	3741	3741
50.00	421	4462	4500	4618	4786	5053	5085	5062	4961	5027	4789	4694	4599	4533	4429	4301	4191	4015	3894	3823
55.00	567	4736	4842	5093	5295	5497	5456	5456	5358	5348	5301	5175	5050	5006	4895	4817	4599	4370	4238	4374
60.00	536	4790	4919	5199	5421	5643	5693	5705	5636	5589	5462	5311	5161	5132	5272	5183	4939	4741	4598	4598
70.00	584	4882	4887	5305	5549	5793	5928	5972	5932	5896	5687	5598	5688	5474	5685	5743	5455	5264	5110	5110
80.00	526	4888	5098	5586	5911	6134	6173	6376	6364	6203	6043	5923	5969	5952	6094	5970	5570	5398	5164	5164
90.00	555	4770	4935	5393	5775	5953	6100	6310	6300	6207	6323	6304	6229	6210	6057	5965	5709	5555	5402	5447
100.00	483	4652	4772	5199	5639	5772	6088	6245	6236	6088	6231	6217	6149	6133	6070	6066	5806	5589	5394	5318

**Figura 6.29 Incremento 3%**

Con estas modificaciones en el mapa la mezcla de aire y gasolina debería estar en el punto óptimo.

## 6.4 Ideal time

Un dato que es también relevante es el tiempo ideal. El ideal time combina los mejores sectores de cada sesión, donde normalmente se encuentra que no siempre los mejores sectores están marcados en la mejor vuelta, sino que hay variaciones.

<b>Parciales absolutos</b>						
20221016_092104_	in 1 Vuelta 1	72.819	20.602	32.761	32.778	02.38.961
20221016_092104_	in 1 Vuelta 2	28.890	<b>19.358</b>	32.087	31.653	01.51.987
20221016_092104_	in 1 Vuelta 3	29.729	19.747	32.739	31.502	01.53.717
20221016_092104_	in 1 Vuelta 4	<b>28.661</b>	19.402	32.439	31.432	01.51.934
<b>20221016_092104_</b>	<b>in 1 Vuelta 5</b>	<b>28.707</b>	<b>19.467</b>	<b>31.982</b>	<b>31.299</b>	<b>01.51.455</b>
Valor mínimo		28.661	19.358	31.982	31.299	
valor máximo		72.819	20.602	32.761	32.778	
Valor medio		37.761	19.715	32.402	31.733	
std desviación		19.603	0.519	0.361	0.598	
<b>Teórica mejor vuelta</b>						
<b>20221016_092104_</b>	<b>Mejor</b>	<b>28.661</b>	<b>19.358</b>	<b>31.982</b>	<b>31.299</b>	<b>01.51.299</b>

**Figura 6.30** Vueltas sesión por parciales

Se puede observar que el tiempo es alrededor de 2 décimas mejor, ya que no se han podido cuadrar los dos primeros parciales. Así que, simplemente de pilotaje, si se consiguen replicar los mejores parciales personales, ya se tendría una mejora en el tiempo sin tocar la moto.

## 7 | Creación de nuevo canal para optimización de análisis

En este apartado se realizará la creación de un nuevo canal no instalado en el programa y que puede servir de ayuda para analizar más a fondo el rendimiento de la motocicleta en la pista. Este canal es el Gear Position, o la posición de la marcha engranada en cada momento.

Este canal permite obtener más información del aprovechamiento del motor, al mismo tiempo que las RPM. También sirve de referencia para comparar si los pilotos usan las mismas marchas en los diferentes puntos de la pista.

Este canal se creará a partir de las RPM y la GPS Speed, con estos dos valores el programa calculará el Gear Position.

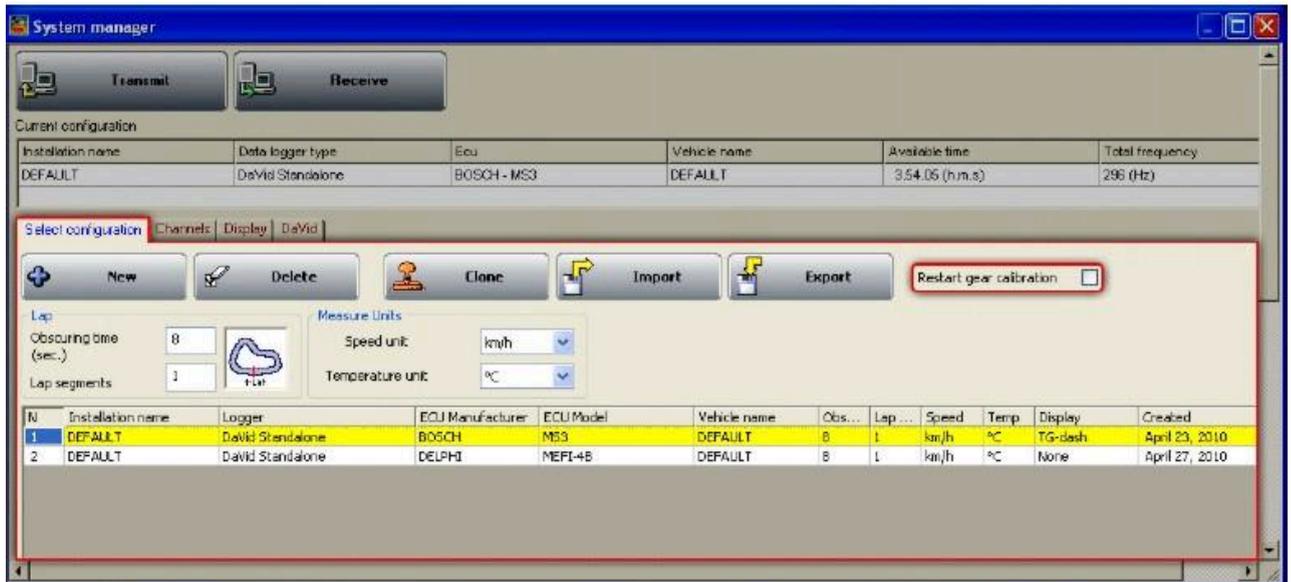
El procedimiento de cálculo de las marchas debe ajustarse mediante software:

- Primeramente ajustar la opción "Calcular" en la ventana de calibración del sistema.
- Especificar si se dispone de un sensor de punto muerto.
- Introducir el número de marcha más alto, en nuestro caso serán 5.
- Transmitir la configuración al registrador.



Figura 7.1 Cálculo marcha

Nota: El grabador de vídeo de datos, **DaVid**, necesita que la casilla "Reiniciar calibración marcha" en la capa "Seleccionar configuración" esté activada, como se muestra aquí abajo.



**Figura 7.2** Reinicio calibración marcha

Una vez ajustado el sensor de marcha y transmitida la configuración, el procedimiento de cálculo debe realizarse a través del teclado del registrador y consta de tres pasos: inicio, vuelta de aprendizaje y cálculo.

El procedimiento correcto requiere seguir estrictamente estas instrucciones. El procedimiento de calibración de la marcha se realiza utilizando dos entradas: RPM y velocidad. Estos dos canales deben estar correctamente configurados y la instalación de los sensores relacionados debe ser impecable.

En el caso de que el registrador disponga de más de una entrada de velocidad, el proceso de calibración de marchas tomará como referencia la velocidad mostrada en el display. Se recomienda tomar como referencia la velocidad de la rueda motriz. El procedimiento de cálculo de la marcha se puede hacer también sobre la rueda no motriz, pero en este caso es necesario prestar más atención para que las ruedas no patinen o se bloqueen durante la vuelta de aprendizaje.

### ***Paso 1: Inicio (mediante teclado)***

Para iniciar esta función o para restablecer los valores anteriores y reiniciar el cálculo de marchas (excepto para DaVid, que necesita un reinicio a través del software):

-Pulsar el botón [MENU/<<] hasta que la pantalla muestre: CALIBRACIÓN DE LA MARCHA.

-Pulsar el botón [MEM/OK]: la pantalla muestra: marcha calculada.

-Pulsar el botón [MEM/OK] y rellene el número de marcha más alto con los botones [<<] y [>>]

-Confirmar pulsando el botón [MEM/OK]

-Salir del menú pulsando el botón [QUIT/VIEW]

Como confirmación de la activación, la pantalla muestra "running GEAR CAL": el procedimiento de calibración se ha iniciado correctamente.

### ***Paso 2: Vuelta de aprendizaje***

Después de la calibración de las marchas procediendo a la activación, es necesario realizar una vuelta en pista. Durante esta vuelta de aprendizaje, hay que seguir cuidadosamente estas instrucciones indicadas por el fabricante AIM:

-Engranar todas las marchas.

-Mantener cada marcha engranada durante al menos 5/6 segundos.

-Conducir de forma suave (evitando aceleraciones bruscas o bloqueos de las ruedas al frenar); dejar que el motor mantenga las RPM gradualmente y mantener los frenos el mayor tiempo posible también en consonancia con las características de la pista y la situación del tráfico. Si se utiliza una velocidad de referencia procedente de una rueda no motriz, prestar especial atención al estilo de conducción, reduciendo el deslizamiento entre las ruedas motrices y las no motrices.

-Ir al pit lane después de la vuelta de aprendizaje y apagar el motor.

Atención: evitar totalmente las "revoluciones" con el vehículo en movimiento; evitar pasar por el pit lane con la fricción engranada. En caso necesario, es posible pisar el acelerador antes de apagar el motor, pero cuando el vehículo está completamente parado.

### ***Paso 3: Cálculo de las marchas***

Después de apagar el motor, se inicia automáticamente el cálculo de la marcha. Durante este periodo el LED AL1 parpadea. Después de unos segundos (la duración del cálculo depende de la duración de la vuelta de aprendizaje) el LED AL1 se apaga y la pantalla no muestra más: "running GEAR CAL".

Todos los sistemas AIM permiten que el cálculo de marchas continúe también si es necesario apagar el motor. En este caso, basta con volver a encender el sistema para que el proceso de cálculo se reinicie automáticamente con los valores registrados. El proceso de cálculo tarda más tiempo y el led parpadeante será el LED AL2 y, después, el LED AL1.

Advertencia: no mover el vehículo y no encender el motor durante el cálculo de la marcha. Moviendo el vehículo el logger podría registrar valores que lo harían equivocarse en el cálculo.

### ***Sugerencias finales***

El procedimiento de cálculo de la marcha sólo es posible gracias a la medición de la velocidad angular del eje motor y de la rueda motriz. Cuando el rozamiento está completamente engranado entre las dos velocidades existe una relación definida mecánicamente por la marcha engranada. Si la fricción se desliza esta relación ya no es determinable. Si la velocidad de referencia procede de una rueda no motriz, el deslizamiento entre la rueda motriz y la no motriz debido a las aceleraciones y frenadas implica un error en el cálculo de la marcha. Por eso se recomienda encarecidamente conducir lo más suavemente posible durante la vuelta de aprendizaje.

## 8 | Conclusiones

Una vez realizado el trabajo se puede mostrar a qué conclusiones se han llegado durante el desarrollo del mismo.

Antes de empezar este estudio se contaba con experiencia previa como piloto profesional y al poder trabajar muchos años al lado de un técnico especialista dentro de un equipo o estructura, se tenía una cierta base de lo que era el sistema de análisis de datos o telemetría. Durante este recorrido el piloto se centraba en los aspectos a mejorar en el tema del pilotaje y las marchas, ya que el técnico era el encargado de ver cómo se comportan las suspensiones, el mapa motor y el desarrollo.

Gracias a la realización de este proyecto con la ayuda del equipo Cuna de Campeones del Circuito Ricardo Tormo de Cheste se ha conseguido tener una visión mucho más amplia de todos los canales dentro del sistema de análisis de datos y se ha entendido también cómo funciona realmente una moto de competición. Además se ha entendido el funcionamiento de las suspensiones, la optimización del mapa motor, del desarrollo, longitud de basculante y del análisis de datos relevantes mediante programas software como el Race Studio 2.

También, a través de los conocimientos obtenidos durante la realización de la carrera universitaria se ha podido crear una programa mediante una hoja de cálculo Excel en el que se podía hacer un análisis de los cambios para la optimización de la motocicleta y observar el comportamiento de los nuevos reglajes de suspensiones, desarrollo y geometría de la motocicleta antes de salir a realizar la prueba real en pista. Esta herramienta es de gran ayuda para poder ahorrar tiempo en pista, que equivalen a reducir costes y tiempo dedicado a realizar pruebas.

El siguiente paso a realizar sería empezar a trabajar con una moto más potente como una 600cc o una 1000cc, donde habría que trabajar diferentes aspectos como la presión de freno, la diferencia de velocidad en la rueda delantera y trasera denominado 'spinning', la electrónica para el control de tracción, antiwheelie, el sistema de control de la salida o 'launch control'...etc.

Para ello se necesitaría conocer programas más complejos como en este caso el 2D Datarecording que se usa en el mundial de motociclismo. La desventaja de este programa es que la licencia es de pago y se necesita renovar cada año.

Grado de relación del trabajo con los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS)

<b>Objetivos de Desarrollo Sostenible</b>	<b>Alto</b>	<b>Medio</b>	<b>Bajo</b>	<b>No Procede</b>
ODS 1. <b>Fin de la pobreza.</b>				X
ODS 2. <b>Hambre cero.</b>				X
ODS 3. <b>Salud y bienestar.</b>				X
ODS 4. <b>Educación de calidad</b>				X
ODS 5. <b>Igualdad de género</b>				X
ODS 6. <b>Agua limpia y saneamiento.</b>				X
ODS 7. <b>Energía asequible y no contaminante</b>				X
ODS 8. <b>Trabajo decente y crecimiento económico</b>				X
ODS 9. <b>Industria, innovación e infraestructuras</b>	X			
ODS 10. <b>Reducción de las desigualdades</b>				X
ODS 11. <b>Ciudades y comunidades responsables</b>				X
ODS 12. <b>Producción y consumo responsables</b>				X
ODS 13. <b>Acción por el clima</b>				X
ODS 14. <b>Vida submarina</b>				X
ODS 15. <b>Vida de ecosistemas terrestres</b>				X
ODS 16. <b>Paz, justicia e instituciones sólidas</b>				X
ODS 17. <b>Alianzas para lograr objetivos</b>				X

El Objetivo de Desarrollo Sostenible (ODS) más afín a lo desarrollado en este proyecto es sin duda el ODS 9. **Industria, innovación e infraestructuras**. Más concretamente el apartado de innovación. Se han creado dos herramientas que han facilitado el análisis, prediciendo el comportamiento de las suspensiones, de la geometría y de la relación de cambio o desarrollo. Además, han ayudado al equipo Cuna de Campeones a optimizar el tiempo en pista y ser más precisos en los cambios de reglaje a realizar para la mejora de rendimiento de la motocicleta.

## 9 | Bibliografía

1. AIM Sportline. (s.f.). *User Manual*. Recuperado de [https://www.aim-sportline.com/download/software/doc/RSC\\_108\\_eng.pdf](https://www.aim-sportline.com/download/software/doc/RSC_108_eng.pdf)
2. Funcionamiento Race Studio 2. (s.f.). Recuperado de <https://iad.la/blogs/race-studio/>
3. Box Repsol. (2019). *La telemetría explicada para todos*. Recuperado de <https://www.boxrepsol.com/es/motogp/la-telemetria-explicada-todos-la-entendamos/>
4. Martínez, J. (2023). *¿Qué es el rebufo en la Fórmula 1?*. Car and Driver. Recuperado de <https://www.caranddriver.com/es/formula-1/a44800029/que-es-rebufo-formula-1/>
5. Motorbike Magazine. (2019). *Premoto3 Yamaha 2019: características técnicas y motores*. Recuperado de <https://www.motorbikemag.es/categoria-premoto3-2019motor-unico-yamaha/>
6. Real Federación Motociclista Española. (2022). *Reglamento Técnico PreMoto3, ESBK*. Recuperado de [https://rfme.com/wp-content/uploads/2022/01/2022\\_PreMoto3\\_Tecnico\\_1enero.pdf](https://rfme.com/wp-content/uploads/2022/01/2022_PreMoto3_Tecnico_1enero.pdf)
7. DAZN. (2023). *Motores Moto3: ¿Qué motor usan en Moto3?*. Recuperado de <https://www.dazn.com/es-ES/news/otros/que-motor-llevan-moto3/1stw8dlxv6c8i1afrxnsqs7251>
8. Motociclismo. (s.f.). *Funcionamiento del embrague antirrebote*. Recuperado de <https://www.motociclismo.es/consejos/embrague-antirrebote-ventajas>
9. Roma Silence. (s.f.). *Funcionamiento del chasis de la motocicleta*. Recuperado de <https://www.romasilence.com/blog/chasis-de-moto/>

10. EMA Competición. (s.f.). *Funcionamiento de las suspensiones de la motocicleta*. Recuperado de <https://emacompeticion.com/blog/la-suspension/>
11. Box Repsol. (s.f.). *Influencia de la posición del basculante en la motocicleta*. Recuperado de <https://www.boxrepsol.com/es/tecnologia/basculante-moto-usos-y-tipos/>
12. Motor.es. (s.f.). *Funcionamiento de la sonda Lambda*. Recuperado de <https://www.motor.es/que-es/factor-lambda>
13. Car and Driver. (2023). *Explicación del fenómeno del rebufo*. Recuperado de <https://www.caranddriver.com/es/formula-1/a44800029/que-es-rebufo-formula-1/>

Parte I I

Pliego de Condiciones

# 1 | Pliego de condiciones

## 1.1 Definición y Alcance del Pliego

El pliego de condiciones tiene como objetivo definir las bases técnicas, económicas, facultativas y legales del proyecto de fin de grado titulado "Análisis de un sistema de adquisición de datos en una motocicleta de competición". El proyecto incluye el estudio del comportamiento de una motocicleta de competición denominada PreMoto3 a través del análisis de datos recogidos mediante sensores y el uso del programa software "Race Studio 2" de la empresa AIM.

El alcance del proyecto comprende:

- Análisis de los parámetros clave para la optimización de la motocicleta, como velocidad GPS, parámetro Lambda, revoluciones del motor, TPS, suspensiones delanteras y suspensiones traseras.
- Comparación de estilos de pilotaje entre pilotos utilizando la misma motocicleta.
- Propuesta de optimización de rendimiento de la motocicleta en pista basada en los resultados del análisis de los datos.

## 1.2 Condiciones y normas de carácter general

Este proyecto se llevará a cabo conforme a las normativas vigentes de la Universidad Politécnica de Valencia para trabajos de fin de grado. Además, se trabajará en colaboración con el equipo técnico de Cuna de Campeones, quienes proporcionarán la motocicleta con sus respectivos sensores, los pilotos y el acceso a las herramientas de análisis de datos.

El estudiante se compromete a realizar un análisis exhaustivo de los datos y a redactar un informe detallado sobre las mejoras técnicas propuestas para optimizar el rendimiento de la motocicleta en competición .

## **1.3 Condiciones particulares**

### **1.3.1 Técnicas**

- La motocicleta utilizada en este estudio es una MIR PreMoto3 de 250cc con especificaciones técnicas detalladas en el apartado 3 de la memoria.
- Se utilizarán sensores para registrar la velocidad, las revoluciones del motor, la mezcla aire gasolina, los recorridos de las suspensiones, la posición del acelerador.
- El software utilizado para el análisis será "Race Studio 2", mediante el cual se configurarán los sistemas de adquisición de datos y se realizará el estudio de los mismos.

### **1.3.2 Facultativas**

- El estudiante deberá realizar las pruebas en el Circuito Ángel Nieto de Jerez bajo la supervisión del equipo técnico de Cuna de Campeones.
- El análisis de datos será complementado con las indicaciones del piloto durante las pruebas en pista para poder mejorar sus sensaciones encima de la motocicleta .
- Los técnicos especializados del equipo colaborarán en el análisis de los datos y en la realización de ajustes en la configuración de la motocicleta.

### **1.3.3 Económicas**

- El presupuesto para este proyecto cubre los gastos relacionados con la adquisición de los sensores, software, honorarios del ingeniero y equipo informático necesarios para el análisis de los datos.
- La motocicleta y otros recursos técnicos y logísticos serán proporcionados por el equipo Cuna de Campeones.

### **1.3.4 Legales**

- El proyecto se ajustará a las normativas de la Universidad Politécnica de Valencia y del Campeonato de España de Superbike (ESBK) regulado por la Real Federación Española de Motociclismo (RFME) , específicamente en lo relativo a las regulaciones técnicas de la categoría PreMoto3.
- El uso de software o equipo externo, como "Race Studio 2", se hará conforme a las licencias legales correspondientes .

Parte I I I

Presupuesto

# 1 | Presupuesto

Para detallar los costes totales de este proyecto, se tendrá en cuenta el coste de los sensores, data loggers y software utilizado. Por otro lado también se considerarán los costes de ingeniería del propio telemétrico.

-Costes sensores de análisis de datos:

Descripción	Valor	Ud.	Coste
Data Logger MXM	1.220,00 Euros	1	1.220,00 Euros
Sensor suspensión 150mm	295,00 Euros	1	295,00 Euros
Sensor suspensión 75mm	295,00 Euros	1	295,00 Euros
Sensor velocidad Magnético 8mm Binder Plástico	100,00 Euros	1	100,00 Euros
Adaptador a CDI Binder Plástico 4 pines	30,00 Euros	1	30,00 Euros
Sensor temperatura PT100 Compensada M5	85,00 Euros	1	85,00 Euros
Prolongación Binder Metálico 4 pines/Binder Plástico 4 pines (100cm)	46,00 Euros	1	46,00 Euros
Prolongación Binder Metálico 4 pines/Binder Plástico 4 pines (50cm)	46,00 Euros	1	46,00 Euros
Adaptador para señal RPM pipeta/bobina Denso	35,00 Euros	1	35,00 Euros

-Costes de ingeniería:

Descripción	Valor	Ud.	Coste
Análisis de telemetría	25,00 Euros/hora	8 horas	200 Euros

-Costes de oficina:

Descripción	Valor	Ud.	Coste
Licencia Race Studio Analysis	0 Euros	1	0 Euros
Amortización ordenador	1600 Euros	0,1	160 Euros

El total del presupuesto es de 2.152,00 Euros

DOS MIL CIENTO CINCUENTA Y DOS EUROS

**FIN**