



# CURSO BÁSICO DE SUSPENSIONES

## INTRODUCCION

*Para que las suspensiones de una moto de motocross o enduro puedan hacer su trabajo de la mejor forma posible es vital que estas utilicen el máximo de recorrido disponible, e idealmente todo el recorrido.*

Acordaos de este párrafo, es la clave y lo que siempre debemos tener en mente para alcanzar el propósito de este curso básico de puesta a punto de suspensiones, que no es otro que asimilar los principios del funcionamiento de las suspensiones de una moto, entender cómo cambia su funcionamiento en función de cómo usemos los distintos reglajes de los que dispone, y con estos conceptos claros ser capaces de identificar los defectos en su funcionamiento y optimizar su rendimiento.

Cuando hablamos de las suspensiones de una moto nos referimos a un conjunto formado por un muelle (que es realmente el elemento de suspensión) y un elemento de amortiguación, que combinados forman el conjunto que venimos llamando horquilla en la suspensión delantera y amortiguador en la suspensión trasera, pero en todos los casos existen los dos elementos, **muelle y amortiguador**.

En esta primera parte del curso vamos a ocuparnos de los muelles. Los muelles son los encargados de mantener la moto con el recorrido de suspensión necesario, sustentan la masa de la moto y el piloto en una altura determinada, y en consecuencia son los principales responsables del cometido indispensable de que estas utilicen todo el recorrido disponible.



## LOS MUELLES

**Un muelle** es un elemento mecánico que se montan entre dos partes de una máquina, con el fin de almacenar energía y devolverla cuando esta sea requerida. Consiste en un enrollamiento de espiras de alambre de acero, generalmente de sección redonda, aunque puede ser de otros materiales y tener otras secciones, y en el caso que nos ocupa se trata siempre de muelles helicoidales que trabajan a compresión.

**La constante de un muelle**, es lo que coloquialmente llamamos dureza, y se define como la deformación en longitud que tendría un muelle aplicando sobre este una carga determinada.

A esta deformación proporcional a la carga aplicada sobre el muelle se llama constante, se expresa con la letra K, y generalmente viene expresada en N/mm o en Kg/cm.

Por ejemplo un muelle que venga marcado como 57N/mm sería un muelle que se deformaría 1mm aplicando sobre este una fuerza de 57 Newton (1 Newton = 0,102 Kg.) Este mismo muelle expresado en Kg/cm tendría una constante de 58Kg/cm y se deformaría 1cm. por cada 58Kg aplicados.

La fuerza ejercida sobre un muelle es acumulativa, es decir se almacena, de esta forma si este mismo muelle lo comprimiéramos 5cm, esté tendría una fuerza acumulada de  $58\text{Kg} \times 5\text{cm} = 290\text{Kg}$ .

Esto no quiere decir que el muelle cambie la dureza según su compresión. A partir del punto de compresión en que se encuentre, la fuerza que necesitará para deformarse seguirá siendo la misma. Si a este muelle sometido a una carga 290Kg. y deformado 5cm. le aplicáramos otros 58Kg. el muelle se deformaría 1 cm. más.

## TIPOS DE MUELLE, MUELLE LINEAL Y MUELLE PROGRESIVO

Un **muelle lineal** es aquel cuya constante no varía, independientemente del punto de compresión en el que se encuentre. Son los más adecuados para motos de cross y de enduro y de hecho son los que montan la mayoría de este tipo de motos en origen.

Un **muelle progresivo** es aquel en los que la constante varía en función del punto de compresión en el que se encuentre, cuanto más se comprime, es más duro. Los muelles de constante variable podrían estar indicados en los casos en que la carga que debe de soportar un vehículo varíe mucho. Ni vosotros ni vuestras motos variáis vuestro peso según se comprimen las suspensiones, de forma que no hay ninguna razón por la que vuestra moto deba montar muelles progresivos.

**La única función** de un muelle es sustentar la masa del piloto y de la moto, almacenando la fuerza suficiente para que la moto pueda recuperar la altura y el recorrido necesario de suspensiones para hacer su función.

**MUELLE LINEAL**



**MUELLE PROGRESIVO**



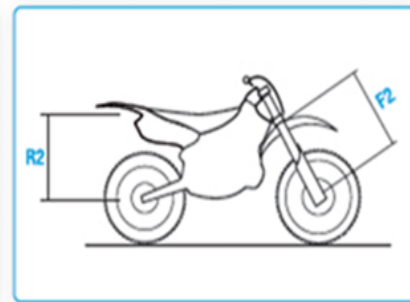
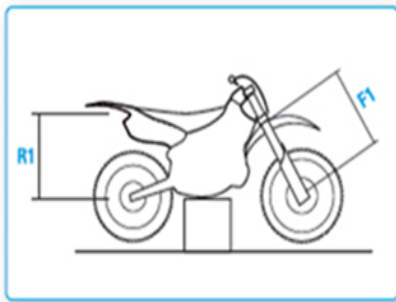
A simple vista se puede diferenciar un muelle lineal de uno progresivo porque en el muelle lineal la distancia es igual entre todas las espiras, mientras que en el progresivo la distancia entre espiras varía.

## PRECARGA DE MUELLE

La precarga del muelle es la deformación inicial que se aplica sobre el muelle desde su longitud completa al montarlo en un amortiguador o una horquilla. Cuanto mayor es la precarga, mayor es la deformación del muelle y la moto será más alta y al contrario. Esto definirá las alturas de la moto, es un parámetro básico en la puesta a punto de la moto, y es lo que conocemos como **SAG**.

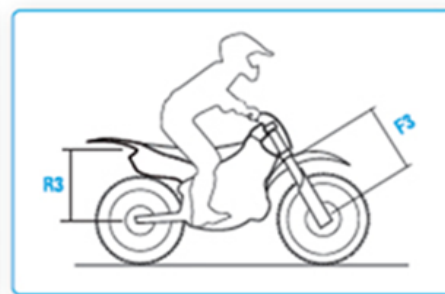
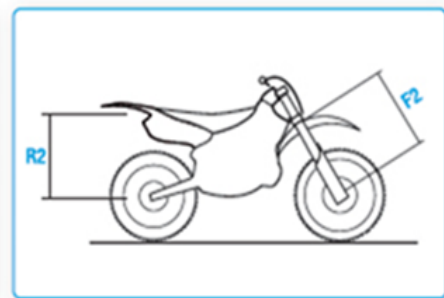
Hay **dos** alturas de sag, el **sag estático** y el **sag dinámico**

El **SAG estático** es la diferencia entre la altura de la moto suspendida en el aire y las suspensiones extendidas y la altura que tiene la moto al apoyarla en el suelo.



$$\text{SAG ESTATICO} = \text{DIFERENCIA ENTRE } F1-F2 / R1-R2$$

El **SAG dinámico** es la diferencia entre la altura que tiene la moto apoyada en el suelo, y la altura al montarse el piloto en la moto.



$$\text{SAG DINAMICO} = \text{DIFERENCIA ENTRE } F2-F3 / R2-R3$$

Los parámetros en los que deben de estar estas medidas los indicaremos más adelante, y para lograrlos es imprescindible que nuestra moto monte los muelles adecuados a nuestro peso



## **IMPORTANCIA DE MONTAR EL MUELLE ADECUADO**

Si los muelles no son los adecuados, limitaremos mucho las posibilidades de que las suspensiones de la moto hagan todo el recorrido, tanto si son duros como si son blandos, por distintas razones pero con parecidos efectos, y será imposible obtener el mejor rendimiento de las suspensiones de vuestra moto.

Un **muelle blando** no tendrá acumulada la fuerza necesaria para que las suspensiones de la moto recuperen su recorrido, la moto irá más baja de lo que debería, no utilizará todo el recorrido de la amortiguación (ya que no terminaría de recuperar el recorrido en extensión), y el piloto encontrará la suspensión seca y dura, a pesar de que los muelles sean blandos para su peso.

Un **muelle duro** dificultará aprovechar todo el recorrido en compresión, la moto estará más alta de lo aconsejable y también notará las suspensiones de la moto dura y seca. Por esto, a la hora de poner a punto las suspensiones de una moto **lo primero** que hay que hacer es asegurarse de que los muelles que llevas montados en tu moto son los adecuados para tu peso.

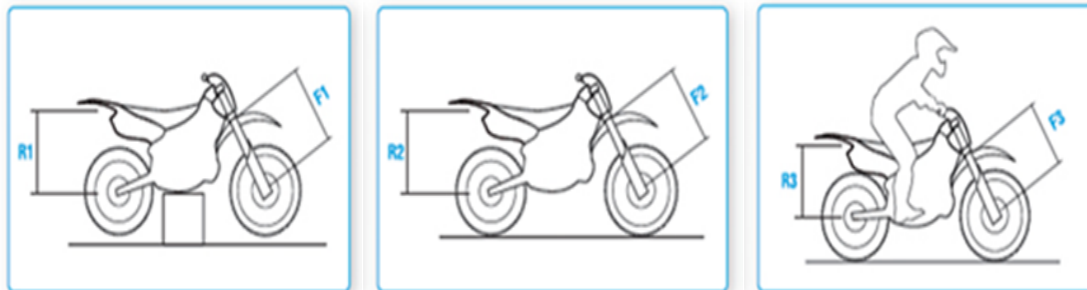
**NOTA:** Es muy importante que las bieletas de la suspensión trasera o la rótula del amortiguador WP de las KTM, así como los rodamientos del eje del basculante estén en perfecto estado para poder obtener unas medidas de sag exactas. De estar dañado alguno de estos componentes pueden darse medidas erróneas y en cualquier caso impedirá que la suspensión trasera funcione correctamente.

Normalmente los muelles que montan las motos de serie están calculados para un piloto de un peso medio de 80+-5 kilos con equipación. En el caso de que no supiéramos si nuestra moto monta los muelles de serie, la única forma (y la mejor forma) de saber si los muelles son adecuados a nuestro peso es **comprobando el sag de la moto**.

A continuación te indicamos las medidas de sag, que como norma general, debe de tener una moto con los muelles adecuados al peso de un piloto.

## COMPROBANDO EL SAG DE TU MOTO

Como regla general las medidas de sag que debemos tener para que nuestros muelles sean los correctos son estas.



**DIFERENCIA F1-F2 = 30 +- 5mm**  
**DIFERENCIA R1-R2 = 35 +- 5mm**

**DIFERENCIA ENTRE F2-F3 = 30 +- 5mm**  
**DIFERENCIA ENTRE R2-R3 = 65 +- 5mm**

Estas son medidas estándar para motos de cross y de enduro tradicional, y si tu moto está dentro de estos parámetros los muelles que llevas montados son correctos, con dos posibles excepciones:

**Excepción 1**, motos dedicadas a su uso exclusivo o muy preferente en enduro extremo. En este caso es aconsejable que el sag estático sea mayor, situándose entre los 40-45mm o incluso más si la carrera es en condiciones de mucho barro. Debemos de vigilar que la suma del sag estático (R1-R2) + el sag dinámico (R2-R3) no supere los 110mm totales, ya que en este caso se deberá montar un muelle más duro.

**Excepción 2**, motos con muelle progresivo. El problema generalizado de los muelles progresivos es que su dureza en el tramo inicial es demasiado blanda, de forma que incluso con pilotos ligeros les falta fuerza para estirar la suspensión por completo en el movimiento de extensión. Esto provoca que la suspensión trasera no utilice todo su recorrido y como consecuencia muestra pérdidas de tracción, especialmente en subidas con terreno roto, raíces atravesadas, pequeños escalones, piedra suelta etc.

Por esta razón, aunque las medidas comprobadas estén dentro de estos valores, es aconsejable cambiarlo por uno lineal de la dureza adecuada.



## **CLAVES PARA EL AJUSTE DEL SAG**

El ajuste del sag de una moto permite un margen de regulación de +-5mm sobre las alturas recomendadas. Este margen tiene una influencia muy importante sobre el comportamiento de la moto, y es aconsejable probar diferentes reglajes para encontrar el más adecuado.

Antes de modificar el sag del amortiguador trasero aconsejamos dejar regulada la altura de la horquilla.

Con pocas excepciones, las horquillas no tienen sistemas de regulación de precarga de muelle, y en los pocos casos en que lo montan lo cierto es que su efecto es poco apreciable. Por otro lado las horquillas presentan unas marcas para regular su posición en las tijas, prueba diferentes alturas y fíjala en la que te encuentres más a gusto con la moto, si no notas diferencia, déjala en la posición más baja; la razón de esto es que cuando regules la altura de la suspensión trasera el resultado será una moto un poco más baja lo que tiene más ventajas que inconvenientes.

Con la horquilla de la moto en una posición fija podemos proceder a ajustar el sag trasero. La variación del sag trasero tiene efectos tanto en la geometría de la moto como en el funcionamiento de las suspensiones.

Subir o bajar la parte trasera la moto modificando el sag, dentro de los márgenes que lo permite, tendrá como resultado los efectos que se describen a continuación:

### **MOTO CON SAG TRASERO MENOR (MOTO MAS ALTA)**

**En el tren delantero**, cargará más peso delante. Tendrá más aplomo y dará más confianza especialmente en zonas técnicas de velocidad media donde necesitamos tener mucho control en la rueda delantera. También mejora algo el tacto de la horquilla ya que esta trabajará con algo más de carga y con un poco menos de inclinación. Como inconveniente la moto será algo más torpe, perderá algo de agilidad, por ejemplo costará un poco más levantar la rueda delantera para subir escalones.

**En la suspensión trasera**, perderemos tracción en zonas de terreno roto. Por otro lado aumentaremos un la altura media de trabajo de la suspensión trasera lo que nos dará mayor capacidad para amortiguar baches profundos e impactos violentos en compresión, podemos probar un reglaje hidráulico en compresión más suave.



## **MOTO CON SAG TRASERO MAYOR (MOTO MAS BAJA)**

**En el tren delantero**, cargará menos peso delante. La moto será algo más nerviosa y tendrá menos aplomo, deberemos concentrarnos más en el pilotaje, el tacto de la horquilla será un poco más duro, la notaremos menos suave, lo que se puede intentar compensar con reglajes hidráulicos más suaves. Por otra parte la moto será más ágil en zonas muy técnicas, nos dará más confianza en bajadas pronunciadas, y nos facilitará superar escalones y pasos difíciles, sacrificando seguridad en secciones rápidas.

**En la suspensión trasera**, mejorará la tracción. El tacto general de la suspensión será más rápido ayudándonos a superar obstáculos complicados. Debemos de regular el hidráulico en extensión más suave, facilitando que la suspensión trasera aproveche todo el recorrido en extensión. La altura media de la suspensión trasera será algo menor lo que le restará recorrido para absorber grandes impactos en compresión; es posible que necesitemos regular el hidráulico en compresión un poco más duro, no es 100% seguro, si no hacemos topes, no.

Hay una **situación muy específica**, que muy raramente se da en España, en la que es necesario llevar un sag trasero más bajo de lo normal, con la horquilla en la posición más alta y unos reglajes hidráulicos duros.

Esta situación se presenta cuando utilizamos la moto en **terrenos blandos como arena y barro profundo**. En este tipo de terrenos necesitamos que la rueda delantera no se clave en el terreno, y que la rueda trasera tenga siempre tracción y empuje la moto, por lo que debemos de llevarla caída de detrás y la horquilla lo más alta posible.

Además los hidráulicos deben de ser regulados más duros para que la suspensión no absorba la fuerza de empuje de la moto contra el terreno; al tratarse de terrenos blandos la moto tiende a quedarse clavada, costando mucho avanzar, si el empuje de la rueda trasera es absorbido por las suspensiones perderemos la velocidad y el impulso necesario para mantener la moto a una velocidad lo más constante posible, que es la clave para poder pilotar en estas condiciones.





## CONCLUSIONES

En esta primera parte hemos analizado los muelles, su función básica, los tipos de muelles y las claves para identificarlos por su dureza.

Hemos explicado también que es la precarga, qué es el sag, dentro de que valores debe de situarse y que efecto tiene su regulación en el comportamiento de la moto, mencionando muy de pasada ciertos aspectos de los reglajes hidráulicos en función del sag o las condiciones de uso.

Como ya hemos dicho, la función de los muelles es clave para lograr que la suspensión de vuestra moto utilice el máximo de recorrido posible, ya que es el elemento que garantizará la reserva de fuerza necesaria para sustentar (suspender) la moto en la altura necesaria y con el recorrido necesario para que las suspensiones tengan siempre y en cada momento la capacidad de absorber las irregularidades del terreno.

Sin los muelles adecuados y ajustados a tus necesidades, es imposible obtener el óptimo funcionamiento de las suspensiones de una moto. Una vez montados los muelles adecuados y ajustado el sag, queda la otra parte fundamental en la puesta a punto de unas suspensiones, **la regulación hidráulica**.

En la introducción decíamos que ***“cuando hablamos de las suspensiones de una moto nos referimos a un conjunto formado por un muelle (que es realmente el elemento de suspensión) y un elemento de amortiguación, que combinados forman el conjunto que venimos llamando horquilla en la suspensión delantera y amortiguador en la suspensión trasera”***. Pues bien, ya hemos dejado definidos todos los aspectos que necesitamos saber sobre los muelles. **La regulación hidráulica** ocupará el siguiente capítulo de este curso, y entraremos de lleno en la otra parte del conjunto que forman lo que llamamos suspensiones, siendo igualmente fundamental para lograr el objetivo de optimizar su funcionamiento.

Esperamos que esta información resulte de tu interés, estamos a tu entera disposición para cualquier aclaración en [dataracing@dataracing.es](mailto:dataracing@dataracing.es)

Un saludo.

***Dataracing Suspensiones***