

CONCURSO JÓVENES TÉCNICOS EN AUTOMOCIÓN

DECIMOCUARTA EDICIÓN

Presentación Autores ==>



# GEOMETRIA DE LA DIRECCIÓN

Perfil 1: Grado Medio de Electromecánica

Alumnos: Christian Gutiérrez Suarez

Concepción Molina Bas

Profesor/Tutor: Jose Manuel Luna Vicente

I.E.S. "LA MARXADELLA

C/ Padre Méndez, 151

46900 Torrent - Spain



Hemos querido realizar el trabajo para el concurso sobre la Geometría de la Dirección dado que participamos en una actividad extraescolar llamada Hiperbaric-Challenge consistente en el diseño y fabricación de un vehículo de inercia con el que competimos en un concurso que realiza la empresa burgalesa Hiperbaric en el mes de Junio. Teniendo en cuenta que estos vehículos no cuentan con propulsión a motor, lo más importante que hemos de controlar es el sistema de frenos y el de dirección. Y es en este apartado de dirección donde hemos podido comprobar la verdadera importancia de contar con unas cotas de dirección acordes a las necesidades del vehículo.

Por eso las imágenes de nuestro trabajo están basadas en el proyecto que realizamos en el instituto, pero todas las explicaciones son válidas para los automóviles, camiones e incluso para vehículos de dos ruedas.

Esperamos que el trabajo que vais a leer sea de vuestro agrado y que disfrutéis leyéndolo tanto como nosotros escribiéndolo.

También queremos agradecer expresamente la gran colaboración obtenida en la obtención de fotografías y vídeos por parte del Departamento de Imagen y Sonido del IES La Marxadella, y especialmente a los profesores Javier Latorre y Alfredo Silla y todos sus alumnos los cuales han colaborado para que pudiésemos hacer este trabajo.

# ÍNDICE

---

<b>1. REGLAJE DE LAS COTAS DE LA DIRECCIÓN</b>	<b>4</b>
<b>1.1 ÁNGULO DE SALIDA</b>	<b>5</b>
<b>1.2 ÁNGULO DE CAÍDA</b>	<b>7</b>
<b>1.3 ÁNGULO DE AVANCE</b>	<b>10</b>
<b>1.4 COTAS CONJUGADAS</b>	<b>12</b>
<b>1.5 GEOMETRÍA DE ACKERMAN</b>	<b>13</b>
<b>1.6 ÁNGULO DE APERTURA (CONVERGENCIA – DIVERGENCIA)</b>	<b>16</b>
<b>1.7 VÍA Y BATALLA</b>	<b>18</b>
<b>1.8 INFLUENCIA DEL ESTADO DE LOS NEUMÁTICOS EN LA DIRECCIÓN DE UN VEHÍCULO</b>	<b>19</b>



## 1. REGLAJE DE LAS COTAS DE LA DIRECCIÓN

Para que el funcionamiento del vehículo sea el deseado, todos los elementos que forman el sistema de dirección deben cumplir una serie de condiciones como son la GEOMETRÍA DE LA DIRECCIÓN o también se conocen como "cotas de dirección".

Mediante esta geometría conseguimos que el manejo del vehículo sea suave y seguro, además de que las ruedas sigan las indicaciones del volante fácilmente, que las ruedas no se ven afectadas por el cambio en las características del terreno, que no se modifiquen las cotas en las frenadas o incluso que al dejar de hacer fuerza sobre el volante, este regrese solo a la línea recta tras completar una curva.



### 1.1- ÁNGULO DE SALIDA

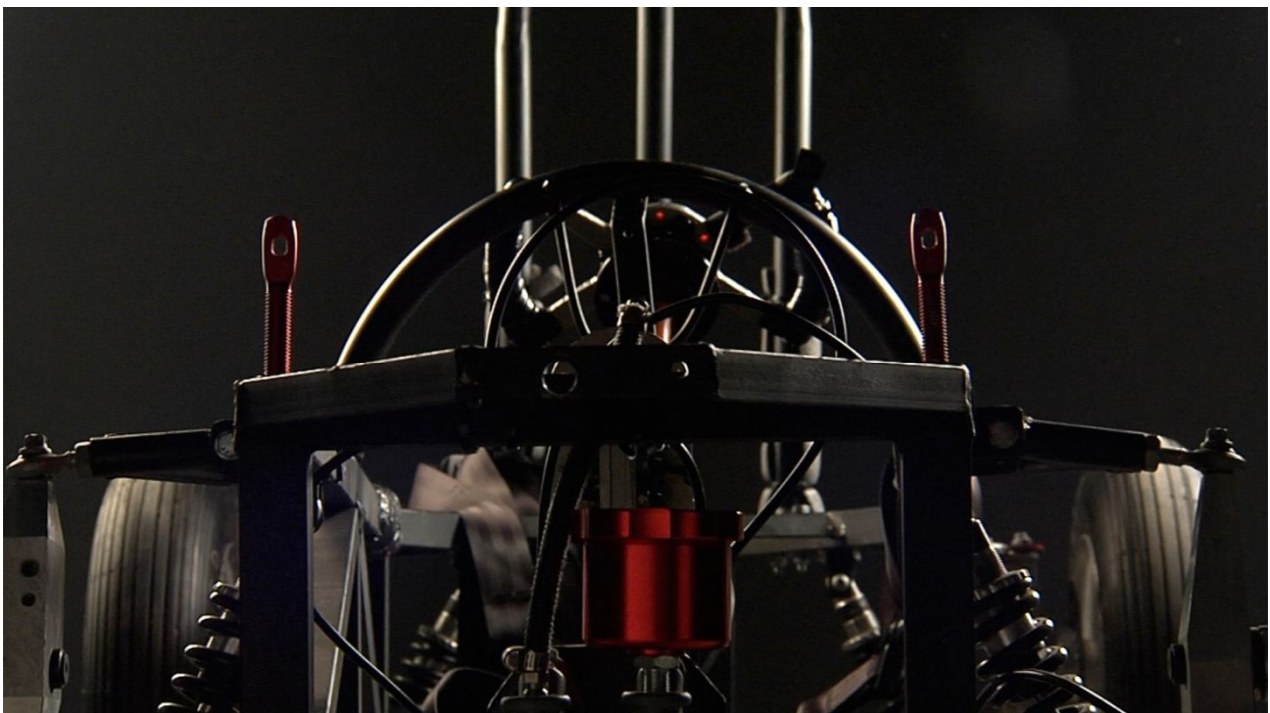
El ángulo de salida (*kingpin* en inglés) si observamos la rueda de frente, es aquel que se forma entre la línea prolongada que une los puntos de anclaje de las bieletas de la suspensión en la mangueta de la rueda (línea roja) y la línea vertical en el punto en que dicha prolongación toca el suelo (línea verde). Este punto del suelo sería un punto imaginario en el que se aplicaría todo el peso del vehículo correspondiente a dicha rueda. La distancia que se forma entre este punto y el centro de la rueda donde hace contacto con el suelo se denomina RADIO DE DESLIZAMIENTO.

Cuando el punto de intersección con el asfalto está más próximo al vehículo que el centro del neumático en contacto con el suelo, entonces el ángulo se dice que tiene salida positiva. Esto provoca que al querer frenar el vehículo, el par de fuerzas generado abre la dirección y hace el vehículo inestable.

Cuando el punto de intersección con el asfalto está más alejado del vehículo que el centro del neumático en contacto con el suelo, entonces el ángulo se dice que tiene salida negativa. Esto provoca que al querer frenar el vehículo, el par de fuerzas generado cierra la dirección y hace el vehículo sea más estable. Además conseguimos que la dirección retorne tras soltar el volante en una curva a baja velocidad.

Cuando el punto de intersección con el asfalto coincide con el centro del neumático en contacto con el suelo, entonces el ángulo se dice que tiene salida neutra. Por lo que al querer frenar el vehículo no se produce ningún par de fuerzas, lo que repercute en un menor desgaste en el neumático.

La presión de inflado del neumático influye en este ángulo debido a que una presión insuficiente hace que el esfuerzo que hay que hacer en el volante para girar las ruedas sea mayor.







## 1.2- ÁNGULO DE CAÍDA

El ángulo de caída (*camber* en inglés) es aquel que se forma entre el plano vertical (línea roja) con el plano de la rueda (línea verde) en el centro de apoyo de la rueda.

Encontramos tres tipos de ángulos de caída:

- Caída o ángulo de caída cero: Se observa cuando el eje central de la rueda coincide con el plano vertical. Es decir no existe ninguna inclinación
- Caída positiva: Cuando las ruedas del coche se encuentran inclinadas hacia afuera. Es decir cuando la parte superior de esta se encuentra más separada del eje vertical que la parte inferior
- Caída negativa: Las ruedas del vehículo se encuentran inclinadas hacia dentro. Se observa que la parte inferior está más alejada del eje vertical.

Cuando la rueda tiene un ángulo de caída negativo, se produce una fuerza horizontal hacia el interior del vehículo con lo que conseguimos aumentar el agarre lateral y por consiguiente tendremos mayor estabilidad debido a la componente longitudinal hacia dentro de la curva provocada por la configuración de las ruedas, además de la ayuda de la suspensión que en este caso se encontrará comprimida.

En un neumático de sección plana como el de los coches, lo que sucede es que la huella del neumático sobre el asfalto se ensancha por la parte de dentro y se estrecha por la de fuera. Al producirse esta deformación, se genera en el neumático una fuerza lateral y hacia el interior del vehículo.

En los neumáticos diagonales se emplean ángulos de caída menores que en los neumáticos radiales por que como tienen los flancos más rígidos que en estos, su deformación debida a las cargas laterales es menor.

El ángulo de caída afecta a la conducción, dependiendo del ángulo de caída que posean las ruedas del vehículo en cuestión se observaran mejoras o desventajas en la conducción:

Se puede afirmar que el ángulo de caída cero es el mejor ángulo de caída puesto que se minimiza la componente de resistencia a la rodadura o rozamiento del terreno con la rueda al no introducir componente asociado a un ángulo de caída o componente longitudinal. Permite una máxima aceleración en línea recta.

En el uso de un ángulo de caída positivo, usado generalmente en tractores agrícolas, se consigue una dirección más ligera, asegurando una mejor conducción para este tipo de vehículos especiales. Además, algunas avionetas utilizan un tren de ruedas con caída positiva.



#### **Ventajas de un ángulo de caída negativo:**

- Aumentamos la fuerza lateral máxima que genera el neumático.
- Compensamos la oscilación que produce un ángulo de caída positiva en la rueda con la inclinación del vehículo cuando estamos trazando curvas.
- Se reduce el empuje lateral que se produce sobre los cojinetes de la mangueta.
- Si usamos un perfil de contacto cuadrado como el utilizado en las ruedas de los coches de uso convencional, al realizar una curva se observa que la zona exterior se levanta. Por lo que en uso de ángulo de caída negativo se asegurará la estabilidad del vehículo.

#### **Inconvenientes de un ángulo de caída negativo:**

- Las fuerzas laterales conllevan una componente en sentido longitudinal al vehículo opuesta al movimiento del vehículo aumentando la resistencia a la rodadura y disminuyendo la capacidad de frenada.
- Si el ángulo de caída negativo es muy grande, la parte interior del neumático trabajará mucho desgastándose rápidamente y disminuyendo la capacidad de agarre.



- Como la huella del neumático con el asfalto se ve alterada, puede disminuir la capacidad de frenado del vehículo por rueda.
- El vehículo puede volverse inestable en rectas cuando una de las ruedas pierda agarre debido a un bache. Esto se produce porque en rectas las fuerzas laterales producidas por ambas ruedas se compensa, siempre que ambas ruedas estén en contacto con la carretera.



### 1.3- ÁNGULO DE AVANCE

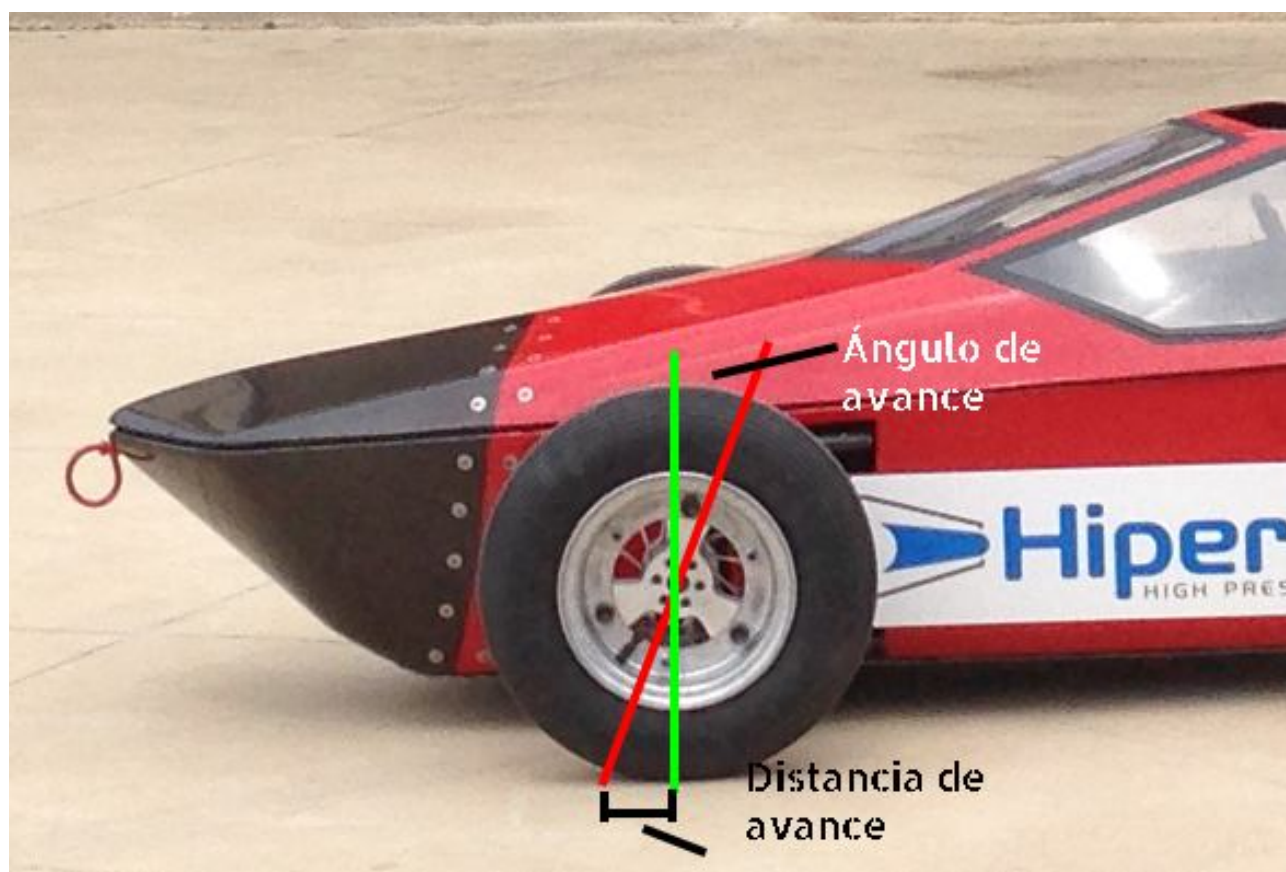
El ángulo de avance (*caster* en inglés) es aquel que se forma entre la línea prolongada que une los puntos de anclaje de las bieletas de la suspensión en la mangueta de la rueda (línea roja) y la línea vertical en el punto en que dicha prolongación toca el suelo (línea verde) cuando vemos el vehículo lateralmente.

Este ángulo tiene efectos sobre la rueda ya que al girar esta baja levantando ligeramente el chasis. Este ángulo, al igual que los anteriores también ayuda a que la dirección vuelva a la posición centrada al dejar de hacer fuerza sobre el volante tras una curva.

En las motos este ángulo es más acusado (sobre todo en los modelos *chopper*), al soltar el manillar la dirección retorna a su alineación con el chasis.

Además, cuando el vehículo es de tracción trasera, el eje de delante es llevado hacia atrás lo que genera una dirección inestable. Esto se puede contrarrestar con el ángulo de avance, lo que hace que tengamos las ruedas orientadas siempre en línea recta.

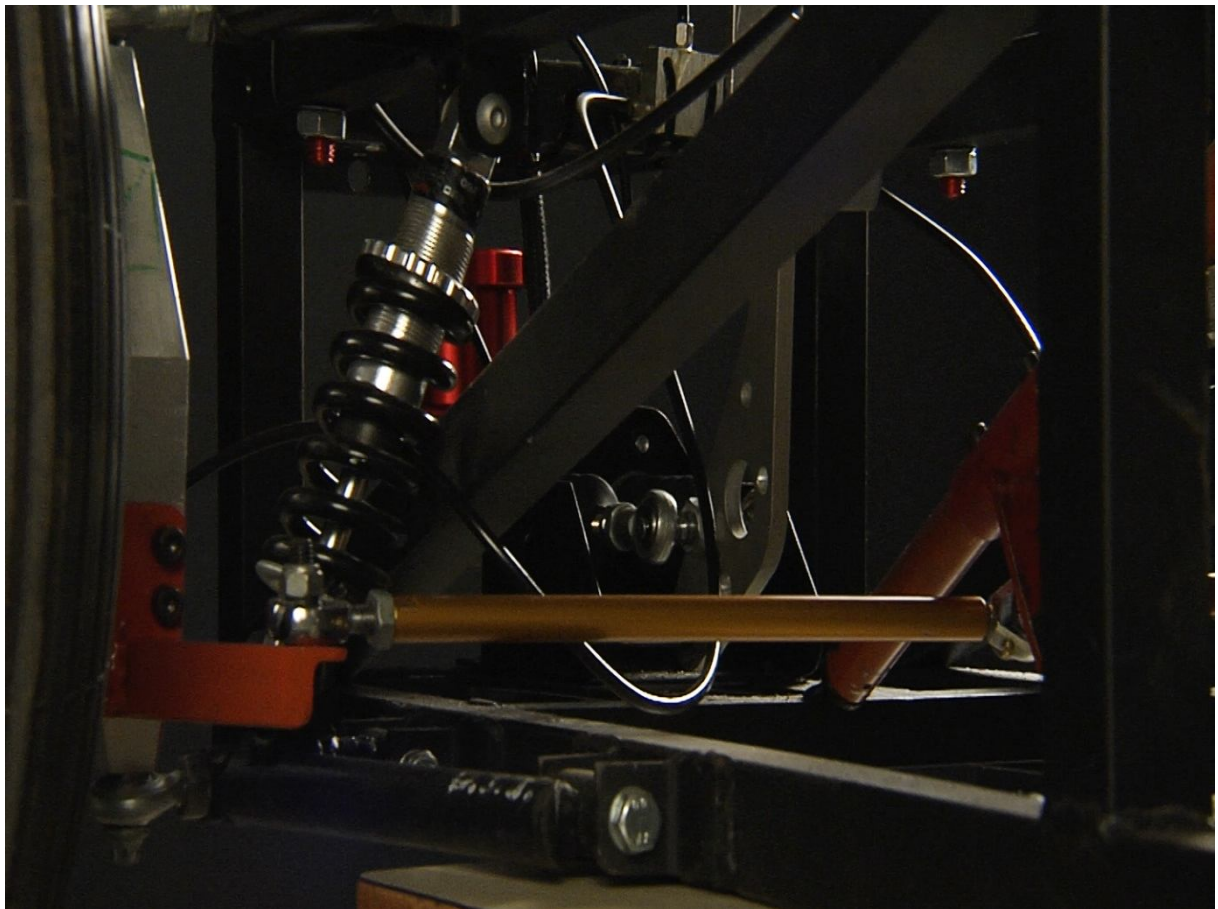
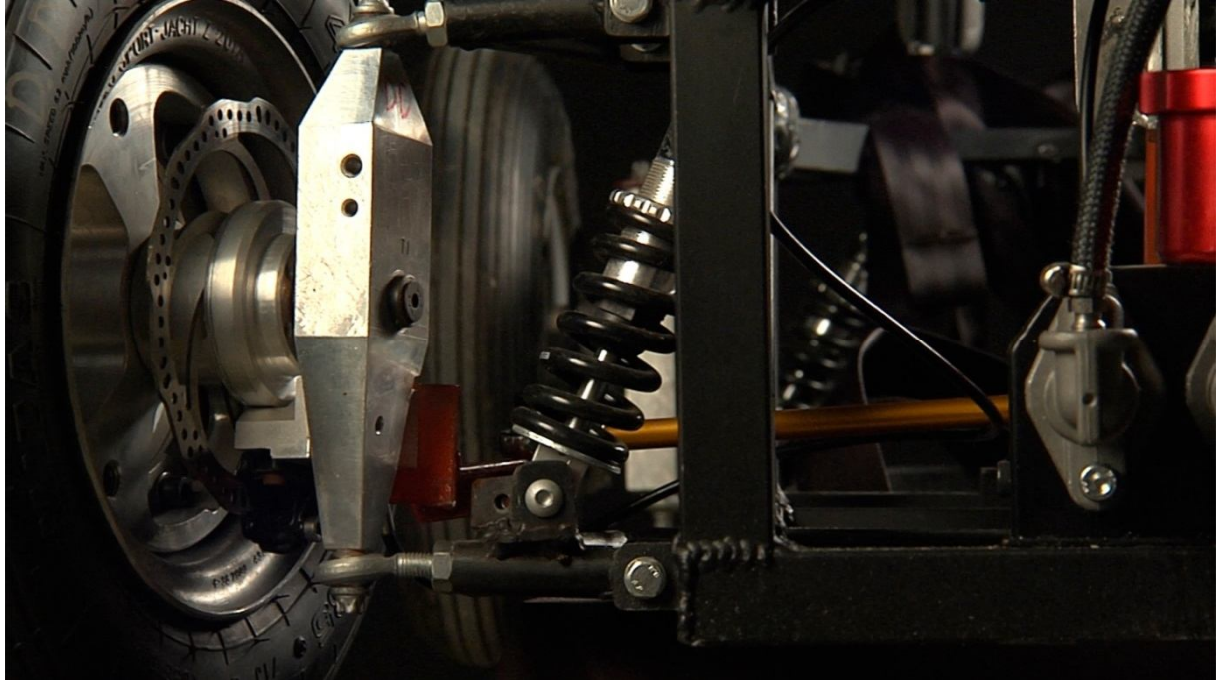
Por el contrario, un ángulo de avance grande hace que cueste manejar la dirección aumentando la fuerza que debemos realizar para mover el volante.



La distancia longitudinal entre esta prolongación y el punto central donde el neumático hace contacto con el suelo (distancia de avance) nos da la magnitud con la que sufriremos este efecto.



El ángulo de avance genera mayor ángulo negativo de caída a la rueda exterior cuando se sigue una curva. Pero un ángulo de avance grande genera un par de fuerzas grande haciendo que las ruedas se reorienten en línea recta de forma brusca y peligrosa, como resultado tendremos una dirección inestable.



#### 1.4- COTAS CONJUGADAS

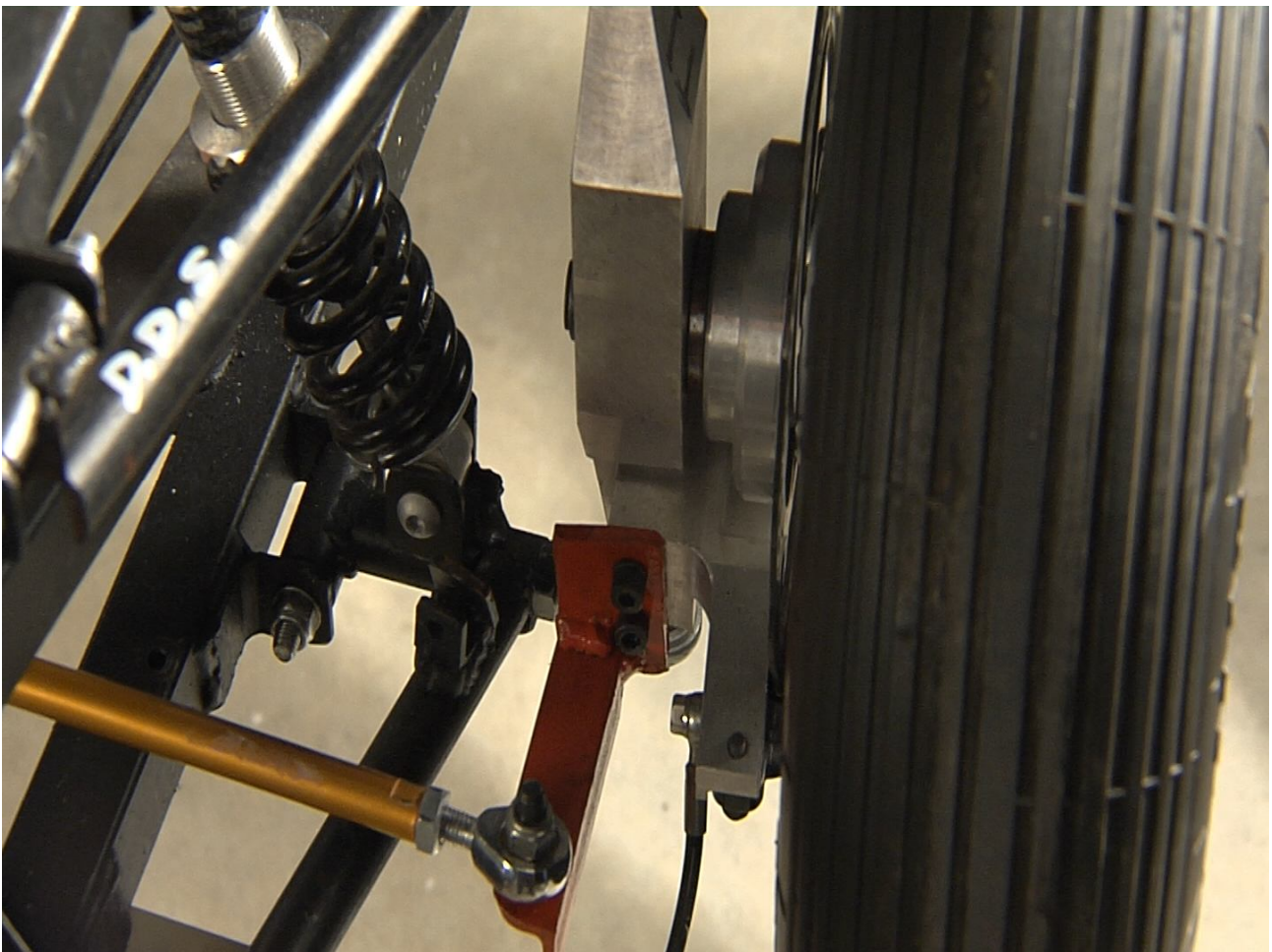
Los ángulos de salida y de caída conllevan que el avance corte la línea de desplazamiento por la parte de delante del punto de apoyo del neumático con el asfalto.

Esto quiere decir que en los vehículos con tracción trasera las ruedas delanteras tenderán a abrirse (divergencia), por lo que habrá que dar a las ruedas delanteras un cierto ángulo de convergencia para minimizar este efecto. Cuanto mayor sea esta distancia por delante de la rueda mayor deberá de ser el valor de convergencia.

En vehículos con tracción delantera el empuje está aplicado en el mismo punto de apoyo de la rueda por lo que no tendremos que dar ningún tipo de ángulo de convergencia.

De lo que cual se desprende que la convergencia depende directamente de los ángulos de:

- Avance
- Salida
- Caída





### 1.5- GEOMETRÍA DE ACKERMAN

Cuando los vehículos con cuatro ruedas realizan un giro, cada rueda sigue la dirección marcada por su eje. Si las cuatro ruedas delanteras girasen con el mismo radio de giro (pero distinto centro de giro), se produciría un arrastre de unas ruedas sobre las otras.

*Vehículo construido sin tener en cuenta el Principio de Ackerman.* Todas las ruedas están girando respecto al mismo punto. Esto provoca desgastas irregulares en las ruedas Y inestabilidad en el momento de entrar en la curva.

Por el contrario, si todas las ruedas tuviesen el mismo centro de giro (distinto radio de giro) conseguimos reducir el deslizamiento entre ellas. Cuando un vehículo gira en una curva, los ejes de todas las ruedas deben de concurrir en un punto, llamado centro de rotación.

Para crear la geometría de la dirección apropiada, se disponen los brazos de la dirección y la barra de acoplamiento formando un trapecio, que produce un ángulo de giro mayor de la rueda interior que en la exterior.

Se utiliza en los coches de calle para que en una curva todo el vehículo (incluidas todas las ruedas) estén girando respecto al mismo centro instantáneo de rotación haciendo el coche fácilmente controlable y minimizando el desgaste de las ruedas.

De esta manera en una curva la rueda directriz exterior gira menos que la rueda directriz interior, la mangueta de la rueda interior debe de girar un ángulo mayor que la rueda exterior, precisando una divergencia de las ruedas delanteras cuando se toman las curvas que evita el desgaste de las cubiertas y evitar el deslizamiento.

Hay que tener en cuenta que la prolongación de la línea que pasaría por el eje de cada una de las ruedas traseras siempre está en línea, es decir, con la prolongación del eje trasero.

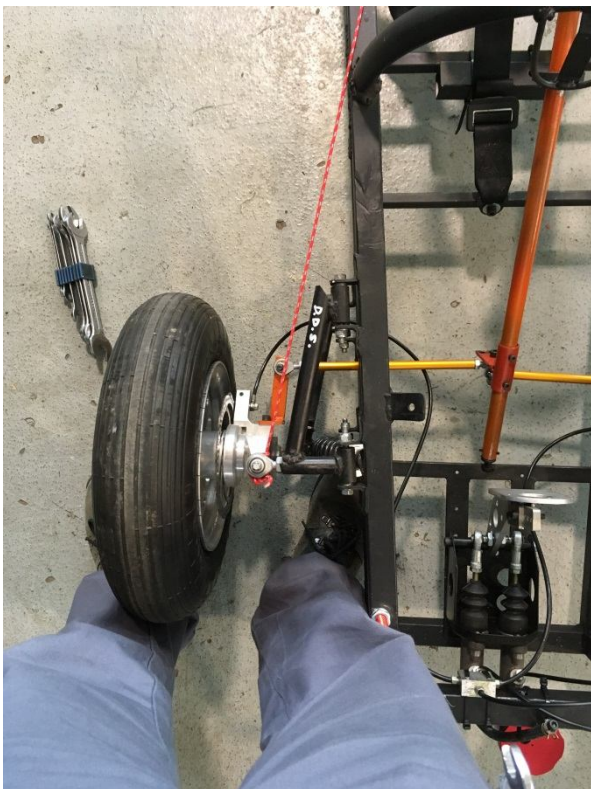
Cada uno de los ejes de las ruedas delanteras describe un ángulo diferente al de la otra, la rueda interior siempre gira más que la exterior (con lo que aumenta su divergencia).

Siempre se busca que la prolongación de las líneas que pasan por los ejes delanteros se cruce con la prolongación de la línea que pasa por el eje trasero, para conseguir que las cuatro ruedas giren respecto de un mismo punto. A esto se le conoce como Ackerman o geometría de Ackerman.

Vehículo con principio de Ackerman. La rueda interior está más girada de manera que su centro instantáneo de rotación coincida con el de las otras tres. Esto hace más controlable el coche y asegura un menor desgaste de los neumáticos pero con la contrapartida de que el neumático exterior delantera tiene poco agarre y reduce la velocidad de paso por curva.



Se puede calcular la geometría de Ackerman prolongando la línea imaginaria que pasa entre el pivote de sujeción de las manguetas y el punto de unión entre el eje de dirección los tirantes de dirección.





Para los vehículos de turismo y camiones donde se producen fuerzas laterales pequeñas es aconsejable seguir la geometría de Ackerman ya que conseguiremos menor rozamiento, menor desgaste en los neumáticos, mayor velocidad y menor ruido de rodadura.

Cuando uno trabaja con vehículos de carreras puede que esta solución no sea la más adecuada ya que a altas velocidades tenemos mayor aceleración lateral y aumenta el ángulo de deriva del neumático perjudicando la estabilidad y la conducción.

Además, el aumento de la fuerza lateral conlleva distribuciones de pesos entre ruedas indeseado, menor en las interiores y mayor en las exteriores. Al disminuir la presión sobre una de las ruedas, disminuye el agarre.

Por eso es normal que se pueda variar el ángulo de las manguetas de la dirección, pudiéndolas hacer más paralelas, haciendo que la rueda delantera interior gire menos.

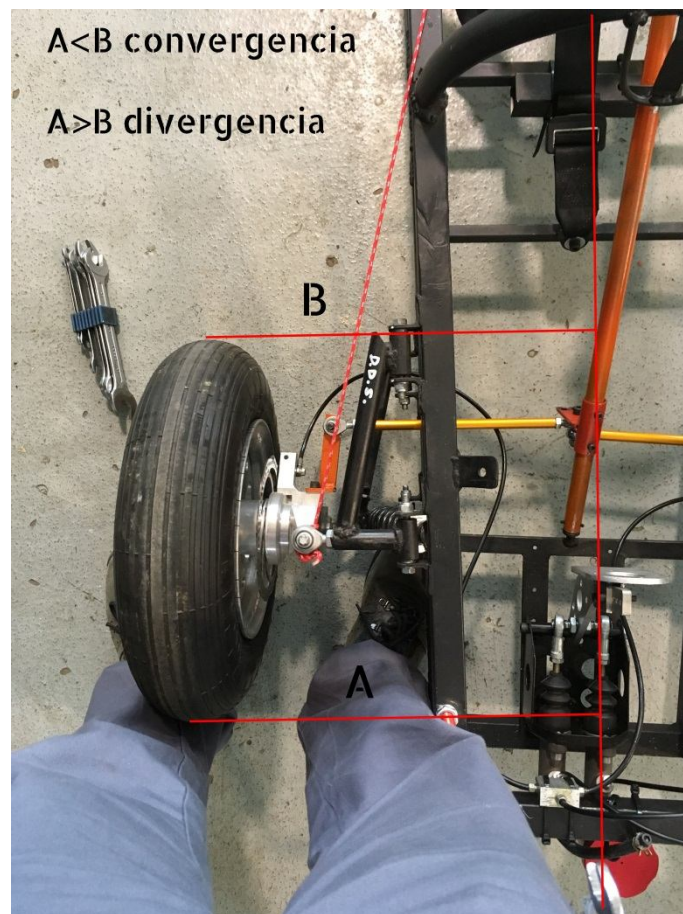
**1.6- ÁNGULO DE APERTURA (CONVERGENCIA – DIVERGENCIA)**

Observando el vehículo desde la parte superior, el ángulo de apertura o paralelismo (*toe* en inglés) es el ángulo que forman las ruedas con la línea central o eje de simetría del vehículo. El ángulo de apertura se puede dar tanto en el eje delantero como en el trasero.





Cuando la parte delantera de la rueda está más cerca del eje central del vehículo, se dice que esa rueda tiene convergencia. Por el contrario, si la parte delantera de la rueda está más separada del eje central del vehículo, esa rueda tiene divergencia.



La divergencia en uno de los dos ejes del vehículo hace que este se vea más afectado ante pequeños cambios en la dirección, mientras que la convergencia hace lo contrario totalmente, es decir, que se comporte de forma más estable.

Tanto la convergencia como la divergencia producen un aumento en la fuerza de rozamiento.

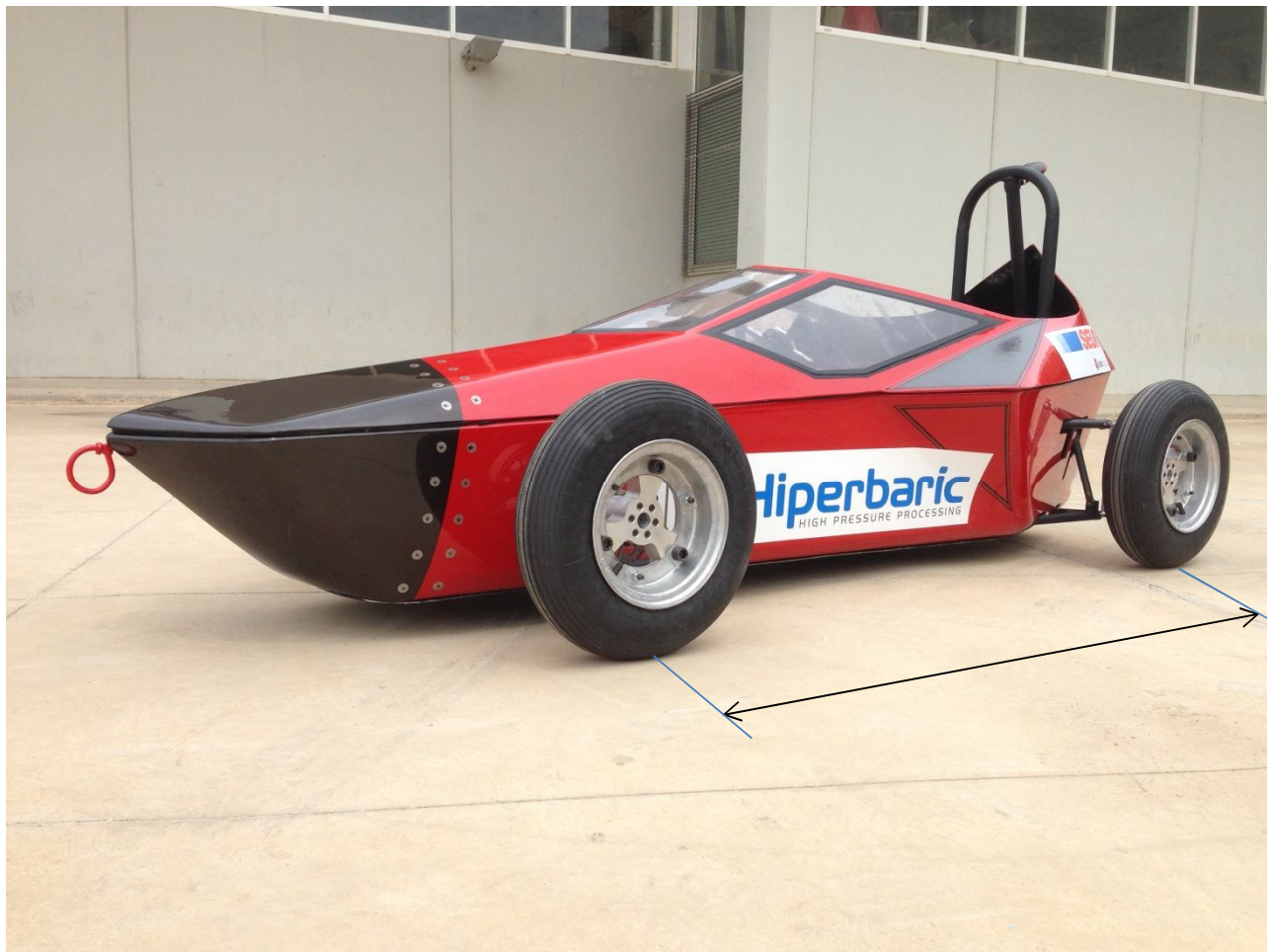
Para vehículo con propulsión delantera normalmente la convergencia está entre 1 y 10mm. En este tipo de vehículos la resistencia a la rodadura en el eje delantero hace que ambas ruedas tiendan a abrirse, por lo que el ángulo de convergencia debe ser positivo.

Para vehículos con tracción trasera, estos valores están comprendidos entre 0 y -2mm. En este caso, el efecto en las ruedas delanteras es el contrario, tiende a cerrarlas, por lo que el ángulo debe ser negativo.

Si se tiene una convergencia excesiva, aparece un desgaste lateral en el exterior de los neumáticos. Por el contrario, una convergencia insuficiente hace que el desgaste esté en el interior del neumático.

### 1.7- BATALLA

Batalla es la distancia que existe entre el eje delantero y el eje trasero en un vehículo. Se mide desde el centro de las ruedas, de gran importancia tanto para la habitabilidad como para la estabilidad en diferentes tipos de vía.



Un coche con la batalla grande o con mucha distancia entre eje delantero y trasero, suele tener mejor habitabilidad que un coche con menor batalla, ya que la zona de habitáculo es más amplia.

En cuanto a estabilidad, un coche con batalla larga será más estable en vías rápidas, y uno con batalla corta será más eficaz en carreteras curvas.

No sólo la batalla la que defina la situación, elementos como suspensiones, altura, peso, etc. también intervendrán en el resultado final del conjunto

## 1.8- INFLUENCIA DEL ESTADO DE LOS NEUMÁTICOS EN LA DIRECCIÓN DE UN VEHÍCULO

### PRESIÓN

La presión de los neumáticos influye en las cotas de la dirección, sobre todo un defecto de presión, lo cual es perjudicial en cuanto a economía, también se produce un desgaste desigual en los neumáticos, se degrada más rápidamente. Se produce mayor rozamiento en los flancos, elevando la temperatura y aumentando la degradación. Por el contrario, una presión excesiva hace que aumente el esfuerzo sobre las articulaciones y aumente el desgaste en el centro de la banda de rodadura.



### ALINEACIÓN

Otro efecto nocivo en las ruedas es la falta de alineación, lo cual influye en mayor desgaste, desgaste más rápido de las cubiertas, desgaste desigual.

Un ángulo de caída inadecuado crea en el neumático diferentes diámetros en su contacto con el suelo, desgastándose más rápidamente los bordes de la banda de rodadura.

Los efectos producidos por un ángulo de salida incorrecto son los mismos que los producidos por un mal ángulo de caída.

Mayor convergencia hace que el neumático se desgaste más por el exterior, produciendo un pequeño reborde, mientras que la divergencia produce el desgaste en la parte interior.