

**Continental**   
The Future in Motion



# Manual de Geometría de Vehículos

Autos y Vehículos Comerciales

Technical  Customer Services

## Sumario

|  |    |
|--|----|
| 1. ¿Qué es la Geometría de la Suspensión? .....  | 3  |
| 2. Elementos de la Geometría de la Suspensión.....   | 5  |
| 3. ¿Cuándo debo realizar el ajuste del ángulo de la geometría de la suspensión?.....                       | 7  |
| 4. ¿Puedo realizar el ajuste del ángulo de la geometría de la suspensión en cualquier vehículo?.....       | 9  |
| 5. Si no ajusto los ángulos de la Geometría de la Suspensión en mi vehículo, ¿qué daños puede causar?..... | 11 |
| 6. Comprender todos los elementos de la Geometría de la Suspensión .....                                   | 13 |
| 6.1. Alineación de la dirección .....  | 13 |
| 6.2. Alineación de la rueda delantera basada en la línea geométrica central .....                          | 13 |
| 6.3. Alineación de la rueda delantera basada en la línea direccional .....                                 | 13 |
| 6.4. Alineación completa de las cuatro ruedas .....  | 14 |
| 7. Convergencia y Divergencia (Toe-in, Toe-out) .....  | 15 |
| 7.1. Divergencia ( <i>Toe Out on Turns</i> ).....  | 17 |
| 8. Ángulo de Avance (Caster) .....   | 19 |
| 8.1. Los efectos de Caster.....  | 19 |
| 8.1.2. Los efectos del caster fuera de las especificaciones .....  | 20 |
| 9. Inclinación ( <i>Camber</i> ).....  | 21 |
| 9.1. Los efectos de <i>Camber</i> .....  | 22 |
| 9.1.1. <i>Camber negativo</i> . .....  | 22 |
| 9.1.2. <i>Camber positivo</i> . .....  | 22 |
| 9.1.3 <i>Camber</i> desigual.....  | 23 |
| 10. KPI/SAI.....   | 25 |
| 11. Ángulo incluido (Included Angle).....  | 27 |
| 12. Regresar (Set Back).....   | 29 |
| 12.1. Efectos del ángulo de set back.....  | 29 |

|  |    |
|--|----|
| 13. Radio de giro, .....   | 31 |
| 14. Paralelismo y alineación total.....  | 33 |
| 15. Procedimiento de geometría de la suspensión.....                           | 35 |
| 15.1. Inspección de vehículos .....  | 35 |
| 15.1.1. Neumáticos .....   | 35 |
| 15.1.2. Componentes del sistema de dirección y suspensión .....                | 35 |
| 15.2. Verificación inicial de la geometría del vehículo .....                  | 37 |
| 15.2.1. <i>Camber</i> y <i>Caster</i> .....                                    | 37 |
| 15.2.2. Convergencia y divergencia .....                                       | 37 |
| 15.2.3. Diagnóstico .....  | 37 |
| 15.2.4. Ajustes de la geometría del vehículo .....                             | 37 |
| 15.2.5. Probar el vehículo .....   | 37 |
| 16. Informes de los Servicios de Alineación - Interpretación .....             | 39 |
| 16.1. Análisis de los parámetros del informe.....                              | 42 |
| 16.1.1. Ángulos primarios .....  | 42 |
| 16.1.2. Ángulos secundarios.....   | 48 |
| 17. Impacto de las condiciones de alineación en el ahorro de combustible ..... | 52 |

## 1. ¿Qué es la Geometría de la Suspensión?

Para entender la Geometría de la Suspensión, considere que la suspensión del coche no es un sistema rígido, sino un sistema elástico que está diseñado para absorber los impactos y proporcionar confort al conductor y a los pasajeros.

Los puntos de fijación, al no ser rígidos, con el paso del vehículo por agujeros, ondulaciones e irregularidades de la vía, se mueven, es decir, pierden la ubicación exacta de su fijación original. Como toda esta fijación se realiza a través de tornillos ajustables, el ajuste de los ángulos de la geometría no es más que un ajuste de estos puntos de fijación, para que las cuatro ruedas estén perfectamente centradas formando un rectángulo.

Teniendo en cuenta que la perfección es casi imposible de conseguir, porque requeriría un ajuste muy sensible y la mayoría de las máquinas de geometría no lo hacen, por lo que los fabricantes de automóviles especifican un cierto margen de error, hecho en grados y milímetros, en el que se comprueba la distancia entre ejes, *el caster* y *el camber*.

Es válido recordar que en las suspensiones que no son originales, es decir, empotradas, de aire o con muelles roscados, difícilmente se alcanzan los parámetros especificados.

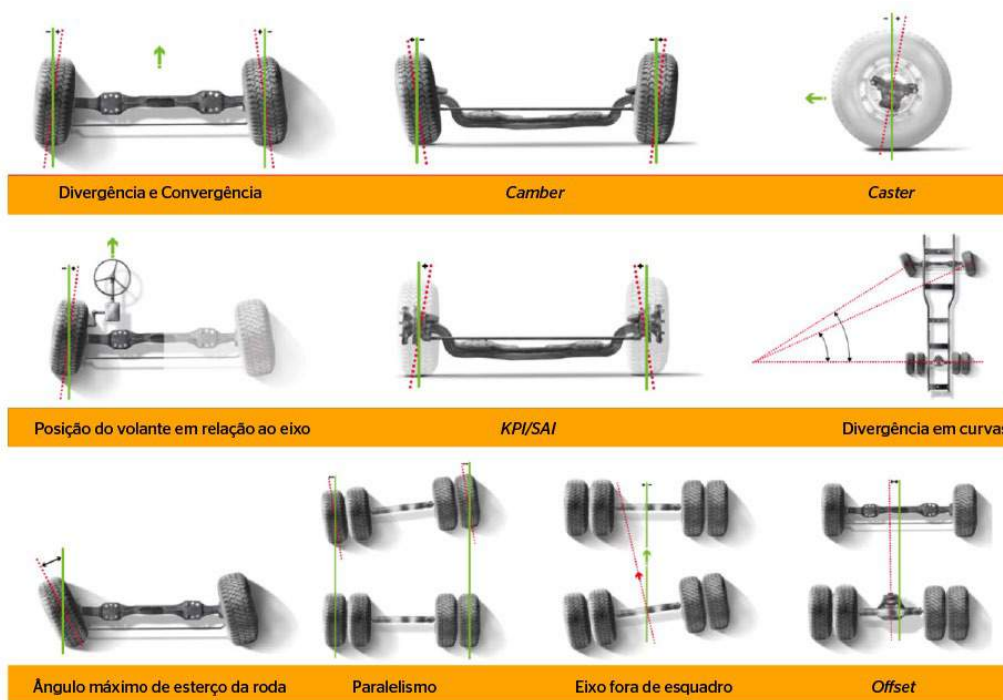


Figura 1. Ângulos de la geometría vehicular.



## 2. Elementos de la Geometría de la Suspensión

Es habitual que cuando se habla de Geometría de la Suspensión se recuerde la alineación, pero no sólo nos referimos a ella. La alineación es muy importante para el vehículo, siendo la responsable de mantener el paralelismo del eje con el suelo, proporcionando una mayor facilidad de conducción y optimizando el grado de dirección, pero debemos tener en cuenta todos los componentes de la suspensión de un vehículo.

Para mantener un buen rendimiento es necesario prestar atención a las siguientes especificaciones:

- Alineación (convergencia y divergencia),
- Ángulo direccional del eje trasero,
- Línea geométrica central,
- Línea direccional del eje trasero,
- *Caster*,
- *Camber*.
- *KPI* o *SAI*,
- Ángulo incluso ( $SAI + \text{camber}$ ),
- *Set Back* (diferencia de la axial de los ejes),
- Radio de giro,
- Paralelismo total,
- Alineación completa (sólo para vehículos de carga).

La Geometría de la Suspensión se compone de ajustes que determinan el confort, la conducción y la seguridad del vehículo, además de poder alargar la vida útil de los neumáticos evitando el desgaste irregular por fallos mecánicos.

Es extremadamente importante que todos los ajustes se realicen según las especificaciones del fabricante del vehículo sin interferencias externas, como el cambio de los componentes originales.



### 3. ¿Cuándo debo realizar el ajuste del ángulo de la geometría de la suspensión?

La Geometría de la Suspensión debe ser revisada en todas las revisiones estipuladas por el fabricante del vehículo, al menos cada 7.000 km, siempre después de un fuerte impacto contra agujeros, rocas, guías u otros objetos, cuando se produce la sustitución de algún elemento de la suspensión o de la dirección, si el vehículo tiende a irse más hacia un lado, tiene dificultad para mantenerse en la trayectoria o cuando se comprueba el desgaste irregular de los neumáticos o cuando se sustituyen por otros nuevos.

Para los vehículos de carga en aplicaciones ligeras, se recomienda la verificación cada 10.000 km, y en aplicaciones severas cada 5.000 km. Los servicios de alineación deben planificarse y ejecutarse durante las paradas de mantenimiento preventivo.

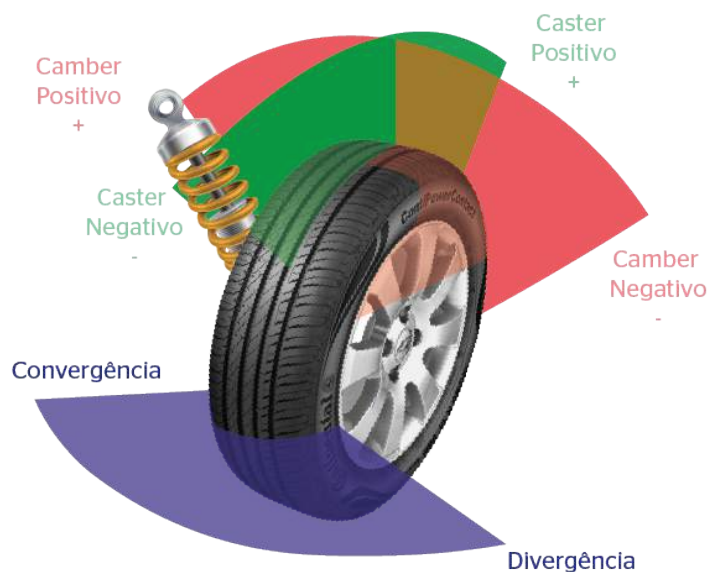


Figura 2. Ángulos ajustables en un vehículo de pasajeros.





#### **4. ¿Puedo realizar el ajuste del ángulo de la geometría de la suspensión en cualquier vehículo?**

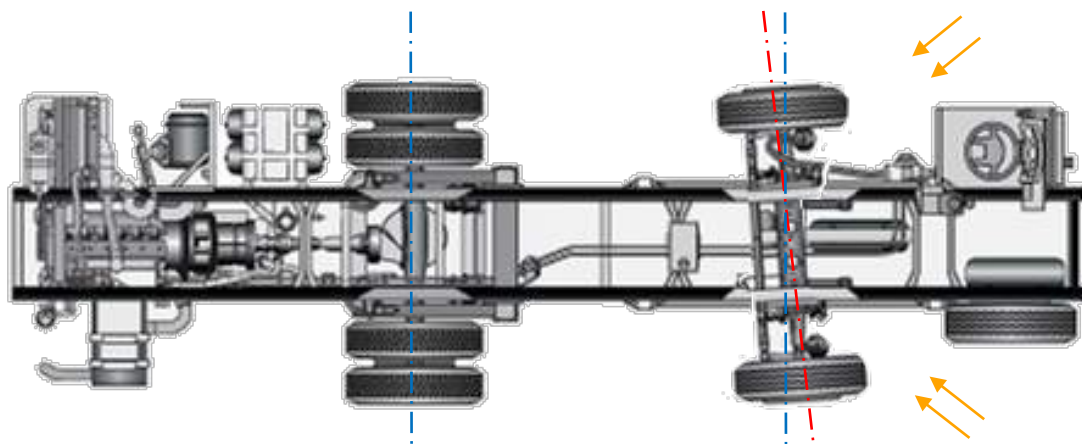
Sí. Los ángulos básicos y las líneas de referencia forman parte del diseño de todos los vehículos y su finalidad es distribuir convenientemente el peso sobre las ruedas, facilitando la conducción y consiguiendo un mayor rendimiento.

Es importante recordar que es fundamental para la prolongación de la vida útil de los neumáticos que la Geometría de la Suspensión cumpla con las especificaciones del fabricante del vehículo, de lo contrario su neumático sufrirá un desgaste irregular y, en casos extremos, incluso pinchazos, lo que obligará a su sustitución.



**5. Si no ajusto los ángulos de la Geometría de la Suspensión en mi vehículo, ¿qué daños puede causar?**

Los daños que se pueden producir si la suspensión no se ajusta a los grados establecidos son los siguientes: los componentes de la suspensión no tendrán la durabilidad ideal, el consumo de combustible aumentará significativamente, la marcha será incómoda, la estabilidad y la seguridad tanto en las rectas como en las curvas se verán reducidas, el desgaste de los neumáticos será irregular y en casos extremos puede haber pinchazos en los neumáticos.



*Figura 3. Ejemplo de un ángulo desajustado en un vehículo de carga.*



## 6. Comprender todos los elementos de la Geometría de la Suspensión

### 6.1. Alineación de la dirección

La alineación es especificada por el fabricante del vehículo para proporcionar una mayor eficiencia de rodadura, una mejor conducción y la optimización del grado de dirección.

Cualquier cambio en las especificaciones de alineación causado por agentes externos como: impactos, sacudidas, compresión lateral y desgaste de los componentes de la suspensión podría comprometer el buen manejo del vehículo y, en algunos casos, causar un desgaste irregular y prematuro de los neumáticos.

### 6.2. Alineación de la rueda delantera basada en la línea geométrica central

La convergencia de cada rueda delantera se mide y se ajusta con referencia a la línea central geométrica del vehículo. Este método proporciona un servicio de alineación satisfactorio siempre que las ruedas traseras del vehículo se sitúen perfectamente paralelas a la línea geométrica central.

En caso de que las ruedas traseras creen una línea direccional que forme un ángulo con la línea geométrica central, la geometría de la dirección saldrá de su punto central y el volante se doblará hacia un lado cuando el vehículo "gire" en línea recta.

### 6.3. Alineación de la rueda delantera basada en la línea direccional

En este método se mide la convergencia trasera y no se ajusta. Esta medida determina la línea direccional de las ruedas traseras que se utiliza como referencia para ajustar las ruedas delanteras.

Como resultado, en la mayoría de los casos, el volante estará centrado cuando el vehículo se mueva en línea recta.

#### 6.4. Alineación completa de las cuatro ruedas

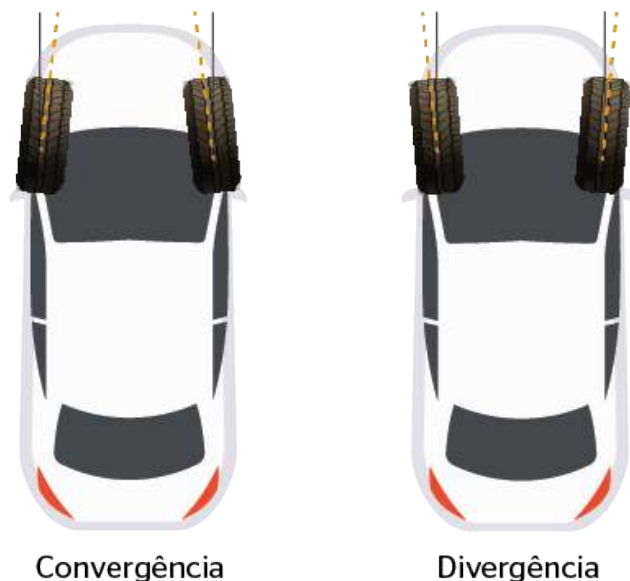
En comparación con los ejemplos anteriores, la alineación total es el servicio más completo. La convergencia trasera individual se mide y se ajusta a las especificaciones del fabricante. Este ajuste hace que la línea direccional de las ruedas traseras coincida con la línea geométrica central direccional.

En este caso las cuatro ruedas estarán paralelas entre sí y el volante centrado, tendremos entonces un paralelismo total del vehículo.

## 7. Convergencia y Divergencia (Toe-in, Toe-out)

La convergencia es el ajuste de las ruedas directrices para que estén más apretadas en la parte delantera que en la trasera.

La divergencia es la condición opuesta a la convergencia. Las ruedas están más abiertas en la parte delantera que en la trasera.



*Figura 4. Convergencia y divergencia.*

El grado de convergencia o divergencia puede expresarse de las siguientes maneras:

- Medida angular (en grados) relacionada con la línea central geométrica del vehículo;
- Medida lineal (en milímetros) tomando como referencia el borde de la rueda.

Si se modifican los valores especificados para la convergencia de las ruedas, la banda de rodadura de los neumáticos mostrará un desgaste acelerado en un hombro: si es muy convergente, en el hombro exterior y, si es divergente, en el hombro interior.



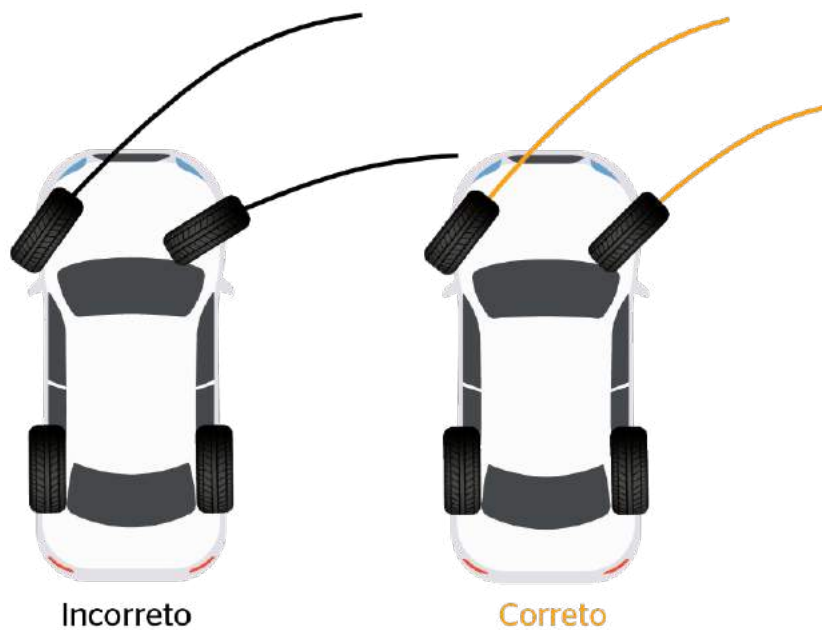


Figura 5. Efecto de la desalineación en una curva.

Mantener las ruedas paralelas a la trayectoria es esencial para evitar la fricción lateral de los neumáticos con el suelo y minimizar su desgaste. Cada 1 mm de desalineación, el vehículo se desplaza 1,5 m cada 1,5 km.

### 7.1. Divergencia (*Toe Out on Turns*)

Para tomar una curva, la rueda interior (con respecto a la trasera) debe girar más que la exterior para producir la divergencia necesaria y tomar la curva sin arrastrar los neumáticos.

Tras realizar la curva, esta situación de divergencia debe cesar, volviendo al paralelismo especificado. Si el ángulo de giro especificado para una rueda interior está fuera de las recomendaciones, todos los neumáticos del vehículo sufrirán un desgaste excesivo en las curvas, especialmente en su hombro interior, como consecuencia del arrastre al que están sometidos. Las diferencias de más de 1 ½ grados de lado a lado en el ángulo de divergencia en las curvas indican torsión o defecto en los brazos de dirección del vehículo.



*Figura 6. Divergencia*



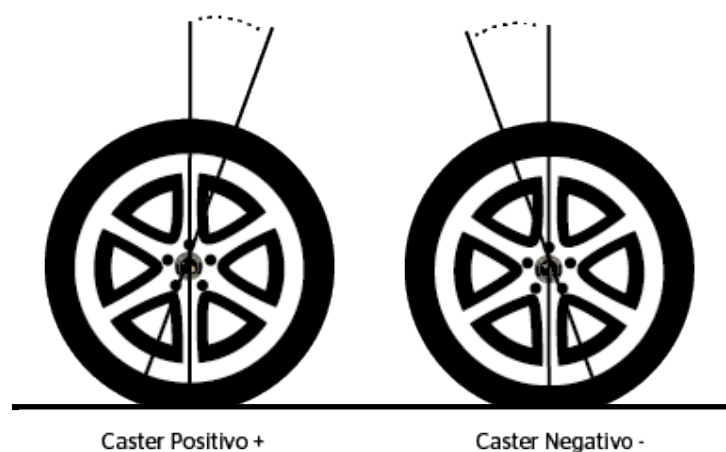
## 8. Ángulo de Avance (Caster)

Es el ángulo de inclinación hacia adelante (negativo) o hacia atrás (positivo) del perno maestro o brazo de soporte del eje en la parte superior en relación con un plano vertical, siendo responsable de la estabilidad direccional del vehículo.

### 8.1. Los efectos de Caster

Una rueda con poco o ningún caster hará que la rueda se tambalee, provocando un marcado desgaste en puntos localizados de la banda de rodadura de un neumático.

La desigualdad en el caster hace que la rueda se desplace hacia un lado provocando un desgaste irregular de la banda de rodadura y el calentamiento del neumático. Un exceso de caster provocará un desgaste total y prematuro de la banda de rodadura.



*Figura 7. Caster,*

- Positivo: cuando la inclinación del eje de giro es hacia delante;
- Negativo: cuando la inclinación del eje de giro es hacia atrás;
- Cero - cuando el eje de rotación es vertical.

### 8.1.2. Los efectos del caster fuera de las especificaciones

El caster, cuando es positivo, proyectando el eje de giro hacia delante, establece el punto de carga por delante del punto de contacto de la rueda con el suelo. Como resultado, las ruedas tienden a permanecer alineadas hacia delante, imponiendo una trayectoria recta al vehículo.

- Cuando insuficiente: Reduce la estabilidad direccional a alta velocidad y el esfuerzo direccional requerido a baja velocidad,
- Cuando es excesivo: Aumenta la estabilidad direccional a alta velocidad, el esfuerzo direccional requerido a baja velocidad y puede causar vibraciones laterales a alta velocidad,
- Diferente lado a lado: Puede hacer que el vehículo "tire" hacia un lado y puede causar problemas con el frenado repentino. La diferencia máxima permitida entre los lados es de  $\frac{1}{2}$  grado.

Vale la pena recordar que el caster, a pesar de ser un ángulo crítico para el control del vehículo, cuando está dentro de las especificaciones, no presenta una influencia significativa en el desgaste de los neumáticos.

## 9. Inclinación (Camber)

El camber viene determinado por la inclinación de la parte superior de la rueda, dentro o fuera del vehículo, respecto a un plano vertical. Compensa los movimientos de flexión de la suspensión, evita las vibraciones de las ruedas medias al volante y alivia la tensión en el momento de un balizamiento, y distribuye el peso del vehículo sobre los neumáticos de manera uniforme para evitar un desgaste irregular.

Llamamos ajuste de la inclinación de las ruedas de un vehículo respecto a un plano vertical, para controlar su rodadura, que puede ser positiva o negativa. Una inclinación excesiva provoca un desgaste anormal de la banda de rodadura y de los hombros: si el camber es positivo, el desgaste será en el hombro exterior; si es negativo, el desgaste será en el hombro interior del neumático.

En el pasado, el camber se ajustaba ligeramente positivo para compensar el aumento de peso del coche, ya sea transportando cargas o más pasajeros, pero hoy en día los valores tienden a ser negativos debido a varios factores, uno de ellos es la estabilidad: las ruedas tienden a tener camber positivo al entrar en las curvas, por lo que el camber negativo comenzó a utilizarse para compensar este fenómeno.

Sin embargo, cuando el vehículo está en movimiento - en condiciones normales de carga- el ángulo se vuelve diferente, por lo que la inclinación debe ser siempre cercana a cero para obtener un mayor kilometraje de los neumáticos y una mayor suavidad al viajar con el vehículo.

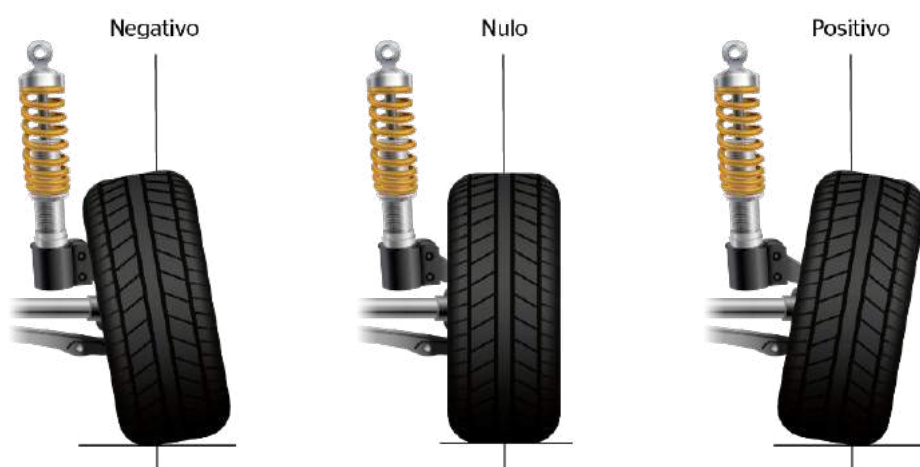


Figura 8. Camber.

## 9.1. Los efectos de Camber

### 9.1.1. Camber negativo.

Desgaste prematuro ocasional en el hombro interior de los neumáticos. Proyecta el punto de aplicación del peso del vehículo hacia el extremo del eje de la rueda, generando un efecto palanca que provoca inestabilidad vertical y fatiga.



Figura 9. Camber negativo.



Figura 10. Efecto de un camber negativo en los neumáticos.

### 9.1.2. Camber positivo.

Desgaste prematuro del hombro exterior de los neumáticos. Proyecta el punto de aplicación del peso del vehículo hacia la parte interior del eje de la rueda, disminuyendo el efecto palanca y, en consecuencia, aumentando la estabilidad vertical del vehículo.



Figura 12. Camber positivo.



Figura 11. Efecto de un camber positivo en los neumáticos.

### 9.1.3 *Camber* desigual

Cuando no se disponga de las especificaciones del fabricante, se debe tolerar una diferencia máxima de  $\frac{1}{2}$  grado de *camber* de lado a lado. El vehículo tiende a "tirar" hacia el lado de la rueda con el ajuste de inclinación más positivo, haciendo que los neumáticos se arrastren y se calienten.





## 10. KPI/SAI

KPI (*King Pin Inclination*) o SAI (*Steering Axle Inclination*) es el ángulo de inclinación del pasador maestro formada por la línea que cruza el eje de rotación y la vertical natural vista la rueda delantera.

Este tiene un valor fijo, es decir, no es uno de los parámetros de alineación ajustables, es un ángulo que no se mide directamente sino con una rotación preestablecida de las ruedas delanteras.



Figura 13. KPI/SAI.

El ángulo KPI/SAI contribuye a la estabilidad de la dirección, ya que impone a las ruedas una tendencia a mantener una trayectoria recta y reduce los efectos de los obstáculos sobre el volante.

El ángulo KPI/SAI permite el uso de ángulos de avance menos positivos para facilitar la maniobrabilidad del vehículo sin cambiar la estabilidad direccional.



## 11. Ángulo incluido (Included Angle)

El ángulo incluido es la suma de los ángulos KPI/SAI y camber. Está formado por el eje de giro y el eje geométrico de la rueda. La máxima diferencia de ángulo permitida entre una rueda y otra es de  $\frac{1}{2}$  grado.

Cuando se modifica el ángulo de camber, también se modifica el ángulo incluido.



Figura 14. Ejemplo de ángulo incluido.



## 12. Regresar (Set Back)

Set Back es la diferencia coaxial de los ejes. Representa el "retraso" de una de las ruedas delanteras, es decir, la distancia que una rueda está "detrás" de otra.

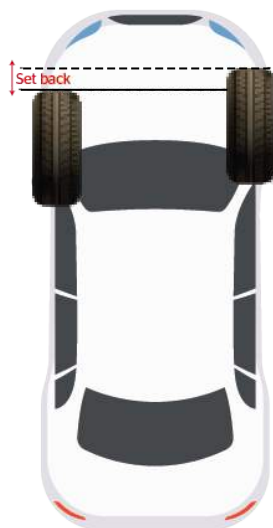


Figura 15. Set Back.

El ángulo de set back se forma entre la línea geométrica central y la perpendicular de la línea del eje delantero (medida en grados).

El set back se considera positivo cuando la rueda izquierda está delante de la derecha, y negativo cuando la rueda derecha está delante de la izquierda.

### 12.1. Efectos del ángulo de set back

Los ángulos de set back superiores a  $\pm 3/4$  grados pueden hacer que el vehículo se desplace hacia el lado de la rueda retrasada, lo que genera inestabilidad durante el frenado, acelera el desgaste y el calentamiento de los neumáticos y aumenta la tendencia direccional en rectas y curvas.



### 13. Radio de giro,

El radio de giro es la distancia entre el punto de contacto del neumático con el suelo y la proyección del eje direccional.

Esta característica depende de la geometría del sistema de dirección, es decir, de cuánto frena el volante sin alcanzar otros componentes del vehículo.

Los modelos de tracción trasera suelen ofrecer un menor diámetro de giro, porque en ellos el eje delantero está libre de los mecanismos de tracción, como los ejes laterales, lo que permite un mayor ángulo de giro.

El ángulo de giro significa que el vehículo no tenderá hacia un lado después de aplicar los frenos (si una de las ruedas delanteras frena más que la otra).



Figura 16. Radio de giro,

Radio de giro puede ser:

- Positivo: cuando la línea central del pasador maestro toca el suelo antes de la línea central del neumático (más cerca de la cara interna del neumático),
- Neutral: cuando la línea central del pasador maestro toca el suelo exactamente en el mismo punto que la línea central del neumático,
- Negativo: cuando la línea central del pasador maestro toca el suelo después de la línea central del neumático (más cerca de la cara exterior del neumático).





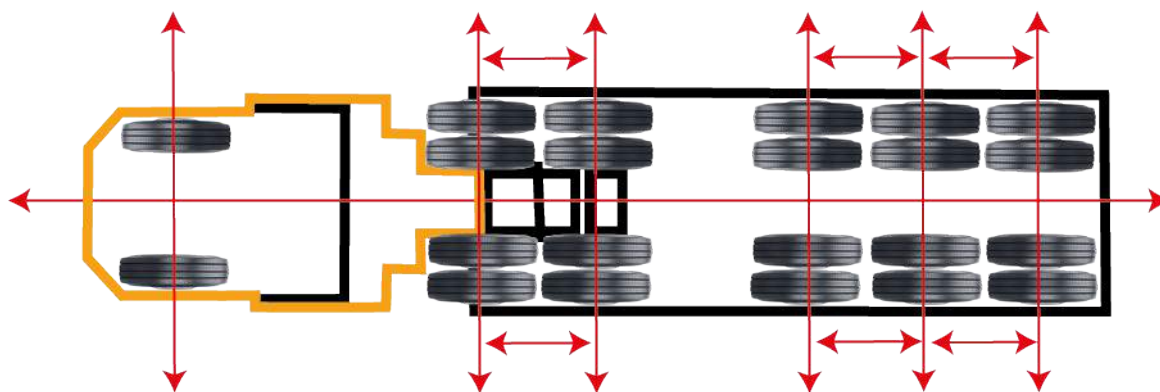
## 14. Paralelismo y alineación total

El paralelismo total significa que todas las ruedas son paralelas entre sí y paralelas a la línea central del vehículo y al volante centrado. Esto se considera ideal para conducir un vehículo.

En el caso de los vehículos de carga, los componentes deben estar totalmente en paralelo para funcionar de la mejor manera posible. Mantener alineadas todas las ruedas, incluidas las del semirremolque (si procede), ayuda a aumentar la vida útil de los neumáticos.

El camión, al igual que los demás vehículos, está diseñado para funcionar con juegos de ruedas y neumáticos perfectamente alineados y paralelos entre sí.

La desalineación tiene varias consecuencias, desde un mayor consumo de combustible, ya que los neumáticos tienen que ser arrastrados hacia delante, hasta el fallo de los neumáticos y otros componentes debido a un esfuerzo excesivo o a un ajuste inadecuado.



*Figura 17. Paralelismo y alineación completa del vehículo de carga.*



## 15. Procedimiento de geometría de la suspensión

### 15.1. Inspección de vehículos

#### 15.1.1. Neumáticos

- Compruebe si hay un desgaste anormal debido a un ajuste incorrecto de la presión, la inclinación y/o la convergencia,
- Asegúrese de que el tamaño, el dibujo y la marca son iguales uno al lado del otro,
- Las ruedas dobles deben tener neumáticos con una diferencia máxima del 3% en Ø,
- No mezcle los neumáticos radiales con los convencionales,
- Calibre los neumáticos según las recomendaciones del fabricante del vehículo y, en vehículos cargados, según la carga,
- Compruebe si las llantas presentan daños físicos, torsiones y abolladuras.

#### 15.1.2. Componentes del sistema de dirección y suspensión

- Compruebe el estado de los manguitos de ajuste, las abrazaderas y los tornillos,
- Compruebe el desgaste de las juntas,
- Compruebe el estado de los casquillos de los brazos de suspensión,
- Compruebe el libre movimiento de las ruedas en ambas direcciones,
- Compruebe el estado de la barra de dirección para ver si hay desgaste o huecos en las juntas,
- Compruebe la fijación de la caja de dirección en el chasis y la holgura lateral, si no es excesiva,
- En el caso de los vehículos equipados con dirección asistida, arranque el motor y compruebe que no hay fugas de aceite y que el nivel del líquido es normal, compruebe también el estado de la correa de transmisión de la bomba hidráulica,
- Gire el volante ligeramente hacia ambos lados para aliviar la presión de la bomba,

- Compruebe el estado de los casquillos de la barra estabilizadora y los tirantes (si los hay),
- Compruebe el estado de los muelles y los amortiguadores (observe la altura del vehículo),
- Cualquier componente dañado debe ser sustituido para obtener un servicio de alineación adecuado.

## 15.2. Verificación inicial de la geometría del vehículo

### 15.2.1. *Camber y Caster*

- Compruebe el camber y el caster de las dos ruedas delanteras.

### 15.2.2. *Convergencia y divergencia*

- Tome las lecturas de convergencia y divergencia con las ruedas orientadas hacia delante (en caso de que el vehículo muestre signos de daños en la parte delantera tome las lecturas de KPI y divergencia en las curvas).

### 15.2.3. *Diagnóstico*

- Comparar los valores de camber, caster y convergencia con las especificaciones del fabricante del vehículo,
- Pregunte al conductor si el vehículo tiene algún tipo de inestabilidad o tendencia a tirarse hacia un lado.

### 15.2.4. *Ajustes de la geometría del vehículo*

- Determinar los posibles medios de ajuste en el vehículo en uso: cuñas, manguitos de ajuste,
- cuchillas, ranuras, obilongos, etc.,
- Ajuste el camber y el caster, si es posible simultáneamente. Si no es posible ajustar el camber y el caster a las medidas óptimas, sacrifique los ángulos de caster para lograr el ajuste óptimo del camber,
- Ajuste la convergencia y la divergencia y centre el volante.

### 15.2.5. *Probar el vehículo*

- Gire el vehículo en una calle recta y plana,

- Soltar el volante y comprobar que no hay tendencia a tirar hacia un lado,
- Asegurarse de que el volante está centrado,
- Aplique los frenos gradualmente y observe si el vehículo mantiene la trayectoria recta.

## 16. Informes de los Servicios de Alineación - Interpretación

Las máquinas actuales de alineación de la suspensión son capaces de generar informes con detalles del estado de la suspensión del vehículo antes y después de realizar los ajustes. Estos informes suelen imprimirse y entregarse al consumidor.

La interpretación de estos informes es importante para el correcto diagnóstico del comportamiento del vehículo, como por ejemplo: ruidos, vibraciones y desgaste de componentes.

Aunque cada fabricante de equipos adopta su propia norma de información, su contenido y la forma en que se presentan los datos son bastante similares:



| Cliente:                            | Rafael Astolfi  |          | Data:     | 14/1/20 12:12     |         |         |
|-------------------------------------|-----------------|----------|-----------|-------------------|---------|---------|
| Oficina:                            | Alinhador nº. 2 |          | VIN:      | 8AGBN69S0KR100502 |         |         |
| Licença Nº.:                        | QPT-12345       |          | Técnico:  | Paulo Soares      |         |         |
| Quilometragem:                      | 12.400          |          | Ordem S.: | 1234              |         |         |
| RELATÓRIO DE ALINHAMENTO DO VEÍCULO |                 |          |           |                   |         |         |
| Chevrolet Cruze 1.4l Sedan 2018     |                 |          |           |                   |         |         |
| Ângulos Primários                   |                 |          | Inicial   | Especificações    |         | Final   |
|                                     |                 |          |           | min.              | máx.    |         |
| Eixo Dianteiro                      | Caster          | Esquerda | 4° 20'    | 3° 54'            | 5° 24'  | 4° 20'  |
|                                     |                 | Direita  | 4° 22'    | 3° 54'            | 5° 24'  | 4° 22'  |
|                                     | Camber          | Esquerda | -1° 13'   | -1° 03'           | 0° 27'  | 0° 18'  |
|                                     |                 | Direita  | 0° 06'    | -1° 03'           | 0° 27'  | 0° 06'  |
|                                     | Convergência    | Esquerda | 0° 03'    | 0° 03'            | 0° 15'  | 0° 03'  |
| Direita                             |                 | 0° 17'   | 0° 03'    | 0° 15'            | 0° 15'  |         |
| Total                               |                 | 0° 18'   | 0° 06'    | 0° 30'            | 0° 18'  |         |
| Eixo Traseiro                       | Camber          | Esquerda | -1° 12'   | -1° 48'           | -0° 48' | -1° 18' |
|                                     |                 | Direita  | -1° 12'   | -1° 48'           | -0° 48' | -1° 12' |
|                                     | Convergência    | Esquerda | 0° 09'    | -0° 09'           | 0° 15'  | 0° 09'  |
|                                     |                 | Direita  | 0° 00'    | -0° 09'           | 0° 15'  | 0° 00'  |
|                                     |                 | Total    | 0° 09'    | -0° 18'           | 0° 30'  | 0° 09'  |
| Âng. Máx. L. de Tração              |                 |          | -0° 04'   | ±0° 05'           |         | -0° 04' |
| Ângulos Secundários                 |                 |          | Inicial   | Especificações    |         | Final   |
|                                     |                 |          |           | min.              | máx.    |         |
| KPI/SAI                             | Esquerda        |          | 13° 40'   | 13° 40'           | 13° 40' | 13° 40' |
|                                     | Direita         |          | 13° 45'   | 13° 40'           | 13° 40' | 13° 45' |
| Ângulo Incluído                     | Esquerda        |          | 12° 27'   | ---               | ---     | 12° 27' |
|                                     | Direita         |          | 13° 51'   | ---               | ---     | 13° 51' |
| Divergência em Curvas               | Esquerda        |          | 0° 45'    | ---               | ---     | 0° 45'  |
|                                     | Direita         |          | 0° 45'    | ---               | ---     | 0° 45'  |
| Máx. Esterço da Roda Int.           | Esquerda        |          | 27° 00'   | ---               | ---     | 27° 00' |
|                                     | Direita         |          | 27° 00'   | ---               | ---     | 27° 00' |
| Alteração da Curva de Converg.      | Esquerda        |          | 0° 01'    | ---               | ---     | 0° 01'  |
|                                     | Direita         |          | 0° 01'    | ---               | ---     | 0° 01'  |
| Recuo                               | Esquerda        |          | 2 mm      | ---               | ---     | 2 mm    |
|                                     | Direita         |          | -5 mm     | ---               | ---     | -5 mm   |
| Diferença de Bitola                 |                 |          | -10 mm    |                   |         | -10 mm  |
| Dif. Distância entre Eixos          |                 |          | 7 mm      |                   |         | 7 mm    |
| Altura Livre Eixo Diant.            | Esquerda        |          | 150 mm    | 150 mm            | 150 mm  | 150 mm  |
|                                     | Direita         |          | 150 mm    | 150 mm            | 150 mm  | 150 mm  |
| Altura Livre Eixo Tras.             | Esquerda        |          | 150 mm    | 150 mm            | 150 mm  | 150 mm  |
|                                     | Direita         |          | 150 mm    | 150 mm            | 150 mm  | 150 mm  |
| Suporte Angular                     |                 |          | ---       | ---               |         | ---     |

Figura 18. Informe del modelo emitido por el equipo de alineación de la suspensión.

Estos informes presentan la misma lógica:

- Inicial: estado de la suspensión (ángulos de geometría) antes de realizar los ajustes,
- Especificaciones: valores definidos por el ensamblador para los parámetros y sus tolerancias. Estos valores se introducen en la base de datos del equipo, que debe actualizarse con frecuencia,
- Final: estado de la suspensión (ángulos de geometría) una vez realizados los ajustes.

No todos los fabricantes de automóviles facilitan las especificaciones de sus vehículos a los desarrolladores de equipos de ajuste de la geometría del vehículo. No es raro que falte información completa sobre los ángulos secundarios y, a veces, también falta información sobre los ángulos primarios de algunos modelos.

Algunos fabricantes tampoco proporcionan las especificaciones del eje trasero cuando el vehículo es 4x4 / AWD.

A continuación, detallaremos los principales puntos de un informe estándar e interpretaremos su contenido.

## 16.1. Análisis de los parámetros del informe

### 16.1.1. Ángulos primarios

| Cliente:                            | Rafael Astolfi  | Data:     | 14/1/20 12:12     |                |         |         |
|-------------------------------------|-----------------|-----------|-------------------|----------------|---------|---------|
| Oficina:                            | Alinhador nº. 2 | VIN:      | 8AGBN69SOKR100502 |                |         |         |
| Licença Nº.:                        | QPT-12345       | Técnico:  | Paulo Soares      |                |         |         |
| Quilometragem:                      | 12.400          | Ordem S.: | 1234              |                |         |         |
| RELATÓRIO DE ALINHAMENTO DO VEÍCULO |                 |           |                   |                |         |         |
| Chevrolet Cruze 1.4I Sedan 2018     |                 |           |                   |                |         |         |
| Ângulos Primários                   |                 |           | Inicial           | Especificações |         | Final   |
|                                     |                 |           |                   | mín.           | máx.    |         |
| Eixo Dianteiro                      | Caster          | Esquerda  | 4° 20'            | 3° 54'         | 5° 24'  | 4° 20'  |
|                                     |                 | Direita   | 4° 22'            | 3° 54'         | 5° 24'  | 4° 22'  |
|                                     | Camber          | Esquerda  | -1° 13'           | -1° 03'        | 0° 27'  | 0° 18'  |
|                                     |                 | Direita   | 0° 06'            | -1° 03'        | 0° 27'  | 0° 06'  |
|                                     | Convergência    | Esquerda  | 0° 03'            | 0° 03'         | 0° 15'  | 0° 03'  |
|                                     |                 | Direita   | 0° 17'            | 0° 03'         | 0° 15'  | 0° 15'  |
| Total                               |                 | 0° 18'    | 0° 06'            | 0° 30'         | 0° 18'  |         |
| Eixo Traseiro                       | Camber          | Esquerda  | -1° 12'           | -1° 48'        | -0° 48' | -1° 18' |
|                                     |                 | Direita   | -1° 12'           | -1° 48'        | -0° 48' | -1° 12' |
|                                     | Convergência    | Esquerda  | 0° 09'            | -0° 09'        | 0° 15'  | 0° 09'  |
|                                     |                 | Direita   | 0° 00'            | -0° 09'        | 0° 15'  | 0° 00'  |
|                                     |                 | Total     | 0° 09'            | -0° 18'        | 0° 30'  | 0° 09'  |
| Âng. Máx. L. de Tração              |                 |           | -0° 04'           | ±0° 05'        |         | -0° 04' |

1) Datos de los consumidores y de los vehículos.

2) Tipo de vehículo.

3) Caster del eje delantero del

4) Camber del eje delantero.

5) Convergencia del eje delantero.

Figura 19. Ángulo primario - Descripción de los parámetros del eje delantero.

1 - Datos del consumidor y del vehículo: se trata de información importante para la matriculación y el historial del vehículo. Los datos precisos ayudan a interpretar correctamente los resultados de las mediciones.

2 - Tipo de vehículo: debe contener el tipo de vehículo y el año correctos para que las especificaciones del ángulo de geometría sean correctas.

La información inexacta, como el error en la selección del año correcto del vehículo o las bases de datos obsoletas, incapaces de proporcionar las tolerancias correctas, afecta o impide la ejecución correcta de los ajustes.

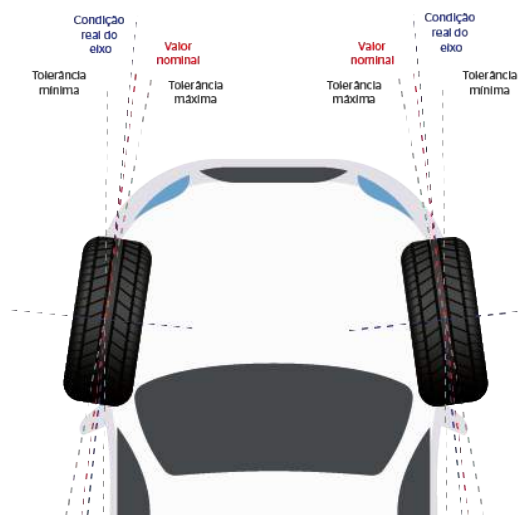


Figura 20. Representación gráfica esquemática de los valores nominales y sus tolerancias.

3 - Caster del eje delantero (ángulo de avance): la diferencia entre el lado izquierdo y el derecho no debe ser superior a  $\frac{1}{2}$  grado, para evitar el arrastre de los neumáticos en las curvas y el desgaste excesivo. Los valores de caster insuficientes generan vibraciones en la rueda, provocando puntos de desgaste localizados en la banda de rodadura y los valores de caster excesivos aceleran el desgaste uniforme de la banda de rodadura.

4 - Camber del eje delantero (camber): la diferencia entre los lados izquierdo y derecho no debe ser más de  $\frac{1}{2}$  grado, para evitar que el vehículo presente tendencia direccional. Esto acelera el desgaste de los neumáticos, ya que el conductor corrige constantemente su trayectoria. Los valores bajos de camber (negativos) generan oscilaciones verticales en el vehículo y desgaste en los hombros interiores de los neumáticos delanteros. Los valores altos de camber (positivos) generan desgaste en los hombros exteriores de los neumáticos delanteros.

Los valores límite, aunque cumplan las especificaciones, también pueden contribuir a un desgaste más rápido o irregular de los neumáticos.

5 - Convergencia del eje delantero (toe-in, toe-out): este campo muestra el posicionamiento actual de la rueda delantera izquierda y derecha (convergente o divergente) y la convergencia total del eje (suma de los valores de la rueda izquierda y

derecha) que también puede ser convergente (ruedas orientadas hacia el interior) y divergente (ruedas orientadas hacia el exterior).

Los impactos generados por los agujeros y los obstáculos pueden hacer que una rueda sea más convergente o divergente que la otra o incluso que una rueda sea convergente y otra divergente. Esta condición genera un fuerte arrastre de los neumáticos, lo que acelera el desgaste de ambos, incluso si sólo uno está fuera de especificación, ya que una rueda genera una fuerza de tracción lateral sobre la otra.

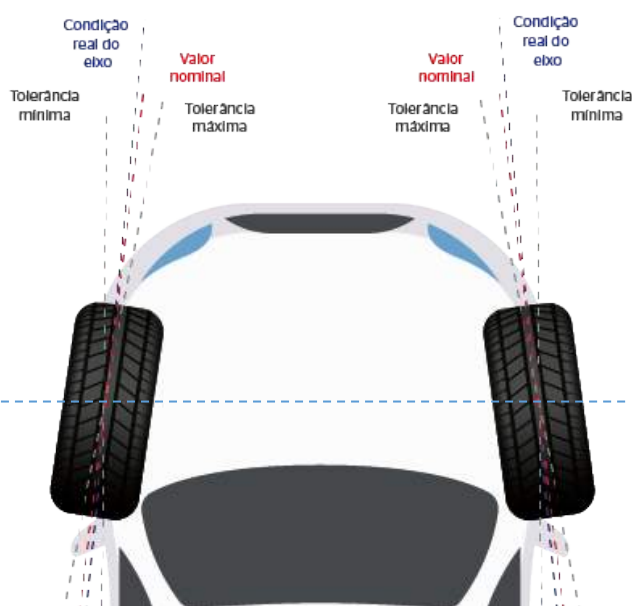


Figura 21. Condición en la que los neumáticos están en diferentes ángulos: el neumático izquierdo fuera de la tolerancia máxima y el derecho dentro de la especificada, pero más cerca del límite mínimo.

Los valores límite, aunque cumplan las especificaciones, también pueden contribuir a un desgaste más rápido o irregular de los neumáticos.



Figura 22. Ejemplo de neumático bajo la condición de arrastre lateral forzado por desalineación.

| Cliente:                            |              | Rafael Astolfi  | Data:     |                | 14/1/20 12:12     |         |
|-------------------------------------|--------------|-----------------|-----------|----------------|-------------------|---------|
| Oficina:                            |              | Alinhador nº. 2 | VIN:      |                | 8AGBN69SOKR100502 |         |
| Licença Nº.:                        |              | QPT-12345       | Técnico:  |                | Paulo Soares      |         |
| Quilometragem:                      |              | 12.400          | Ordem S.: |                | 1234              |         |
| RELATÓRIO DE ALINHAMENTO DO VEÍCULO |              |                 |           |                |                   |         |
| Chevrolet Cruze 1.4l Sedan 2018     |              |                 |           |                |                   |         |
| Ângulos Primários                   |              |                 | Inicial   | Especificações |                   | Final   |
|                                     |              |                 |           | mín.           | máx.              |         |
| Eixo Dianteiro                      | Caster       | Esquerda        | 4° 20'    | 3° 54'         | 5° 24'            | 4° 20'  |
|                                     |              | Direita         | 4° 22'    | 3° 54'         | 5° 24'            | 4° 22'  |
|                                     | Camber       | Esquerda        | -1° 13'   | -1° 03'        | 0° 27'            | 0° 18'  |
|                                     |              | Direita         | 0° 06'    | -1° 03'        | 0° 27'            | 0° 06'  |
|                                     | Convergência | Esquerda        | 0° 03'    | 0° 03'         | 0° 15'            | 0° 03'  |
|                                     |              | Direita         | 0° 17'    | 0° 03'         | 0° 15'            | 0° 15'  |
| Total                               |              | 0° 18'          | 0° 06'    | 0° 30'         | 0° 18'            |         |
| Eixo Traseiro                       | Camber       | Esquerda        | -1° 12'   | -1° 48'        | -0° 48'           | -1° 18' |
|                                     |              | Direita         | -1° 12'   | -1° 48'        | -0° 48'           | -1° 12' |
|                                     | Convergência | Esquerda        | 0° 09'    | -0° 09'        | 0° 15'            | 0° 09'  |
|                                     |              | Direita         | 0° 00'    | -0° 09'        | 0° 15'            | 0° 00'  |
|                                     | Total        |                 | 0° 09'    | -0° 18'        | 0° 30'            | 0° 09'  |
| Âng. Máx. L. de Tração              |              | -0° 04'         | ±0° 05'   |                | -0° 04'           |         |

6) Camber del eje trasero del

7) Convergencia del eje delantero.

8) Ángulo máximo de la línea de

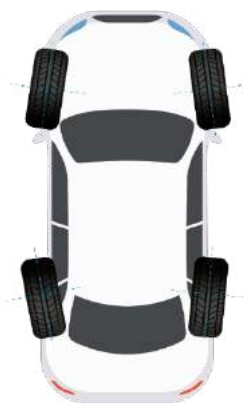
Figura 23. Ângulo primário: descrição de los parâmetros del eje trasero.

6 - Camber del eje trasero (camber): la diferencia entre el lado izquierdo y el derecho no debe ser mayor a  $\frac{1}{2}$  grado, para evitar que el vehículo gane tendencia direccional (que la parte trasera tire o empuje a la delantera). Esto acelera el desgaste de los neumáticos, ya que el conductor corrige constantemente la dirección del vehículo. Los valores bajos (negativos) de la inclinación generan desgaste en los hombros interiores y

los valores altos (positivos) de la inclinación generan desgaste en los hombros exteriores de los neumáticos traseros.

7 - Convergencia del eje trasero (toe-in, toe-out): este campo muestra la posición actual de la rueda trasera izquierda y derecha (convergente o divergente) y la convergencia total del eje (suma de los valores de las ruedas izquierda y derecha) que también puede ser convergente (ruedas orientadas hacia el interior) y divergente (ruedas orientadas hacia el exterior).

Los valores límite, aunque cumplan las especificaciones, también pueden contribuir a un desgaste más rápido o irregular de los neumáticos.



*Figura 24. Incluso con todas las ruedas en ángulos no especificados, el vehículo puede no tender a "tirar" hacia los lados.*

8 - Ángulo de empuje máximo: mide la diferencia entre el eje geométrico y la línea central de las ruedas traseras, sin considerar la desviación del eje sino el desplazamiento del vehículo. Los ángulos de la línea de tracción (ángulo de impulso) superiores a  $0^{\circ}12'$  pueden hacer que el volante se doble y el vehículo derive.

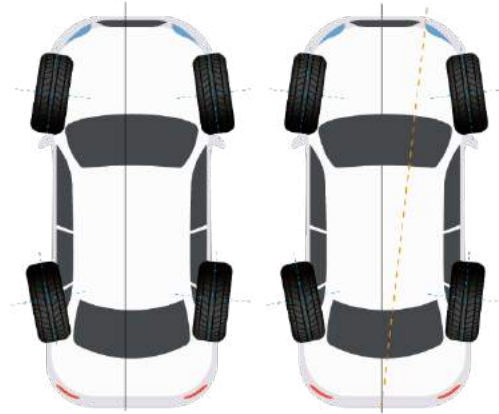


Figura 25. Representación del ángulo de la línea de tracción.



### 16.1.2. Ângulos secundarios

| Ângulos Secundários            |          | Inicial | Especificações |         | Final   |     |
|--------------------------------|----------|---------|----------------|---------|---------|-----|
|                                |          |         | mín.           | máx.    |         |     |
| KPI/SAI                        | Esquerda | 13° 40' | 13° 40'        | 13° 40' | 13° 40' | 9)  |
|                                | Direita  | 13° 45' | 13° 40'        | 13° 40' | 13° 45' | 10) |
| Ângulo Incluído                | Esquerda | 12° 27' | ---            | ---     | 12° 27' | 11) |
|                                | Direita  | 13° 51' | ---            | ---     | 13° 51' | 12) |
| Divergência em Curvas          | Esquerda | 0° 45'  | ---            | ---     | 0° 45'  | 13) |
|                                | Direita  | 0° 45'  | ---            | ---     | 0° 45'  | 14) |
| Máx. Esterço da Roda Int.      | Esquerda | 27° 00' | ---            | ---     | 27° 00' | 15) |
|                                | Direita  | 27° 00' | ---            | ---     | 27° 00' | 16) |
| Alteração da Curva de Converg. | Esquerda | 0° 01'  | ---            | ---     | 0° 01'  | 17) |
|                                | Direita  | 0° 01'  | ---            | ---     | 0° 01'  | 18) |
| Recuo                          | Esquerda | 2 mm    | ---            | ---     | 2 mm    |     |
|                                | Direita  | -5 mm   | ---            | ---     | -5 mm   |     |
| Diferença de Bitola            |          | -10 mm  |                |         | -10 mm  |     |
| Dif. Distância entre Eixos     |          | 7 mm    |                |         | 7 mm    |     |
| Altura Livre Eixo Diant.       | Esquerda | 150 mm  | 150 mm         | 150 mm  | 150 mm  |     |
|                                | Direita  | 150 mm  | 150 mm         | 150 mm  | 150 mm  |     |
| Altura Livre Eixo Tras.        | Esquerda | 150 mm  | 150 mm         | 150 mm  | 150 mm  |     |
|                                | Direita  | 150 mm  | 150 mm         | 150 mm  | 150 mm  |     |
| Suporte Angular                |          | ---     | ---            |         | ---     |     |

Figura 26. Ângulos secundarios.

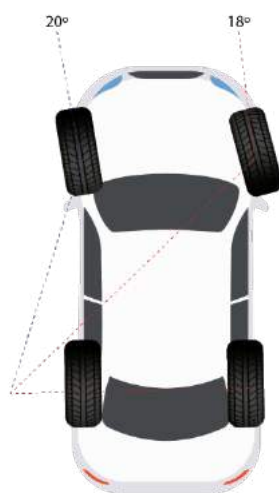
9 - KPI/SAI: el perno maestro es el eje sobre el que gira la rueda cuando se gira el volante. La función de este ángulo es alinear el centro de giro de las ruedas con la zona de contacto del neumático con el suelo, para que el neumático no sea arrastrado al girar la dirección y ésta sea más ligera al maniobrar a baja velocidad. La inclinación del pasador maestro sigue ayudando a la tendencia a apuntar hacia adelante mientras se mantiene una trayectoria recta del vehículo.

Este ángulo está fijado y definido en el diseño del vehículo y no tiene ninguna regulación. El uso de ruedas con un offset diferente al original acaba modificando el calibre del eje y perjudicando el efecto deseado de la inclinación del pasador maestro, haciendo más pesada la dirección, así como el uso de ruedas más grandes o más pequeñas, tanto en anchura como en diámetro.

Los cambios en los valores de los KPI pueden indicar componentes dañados por impactos en las conexiones entre componentes.

10 - Ángulo incluido: suma de los ángulos KPI y camber. Dado que no es posible realizar ajustes en el ángulo del KPI, si el ángulo incluido está fuera del especificado, puede ser necesario corregirlo mediante un camber. La máxima diferencia entre los lados  $1 \frac{1}{2}$ .

11 - Convergencia en las curvas: es la expresión de la diferencia de ángulos entre las ruedas en una curva (divergencia). Los ángulos fuera de especificación hacen que el neumático se arrastre por el exterior de la curva.



*Figura 27. Divergencia en curvas de 2°.*

12 - Estr. máx. de rueda int. (giro máximo interior): es el ángulo que describe la rueda izquierda o que describe la rueda derecha cuando está totalmente direccionada (fin de carrera) con respecto al eje direccional.



Figura 28. Representación gráfica de los ángulos estereoscópicos máximos.

13 – Cambio en la curva de convergencia (*toe curve change*): permite al operador medir el cambio de la convergencia individual de cada una de las ruedas delanteras a lo largo del recorrido de la suspensión (compresión / elevación del muelle).

Un cambio de convergencia excesivo durante la conducción del vehículo es perjudicial y provoca un desgaste prematuro de los neumáticos. Un cambio muy grande en una sola de las ruedas puede causar lo que llamamos "bump steer", una condición peligrosa que hace que el vehículo cambie de dirección rápidamente cuando se mueve en un terreno irregular y puede causar accidentes.

No hay ninguna especificación o tolerancia de fábrica, pero la diferencia debe ser lo más pequeña posible. Además, la comparación de los valores de la izquierda y la derecha puede ayudar a diagnosticar problemas en los componentes del sistema de dirección.

14 - Retroceso (*set back*): los valores de retroceso fuera de las especificaciones pueden indicar deformaciones en las bandejas de los vehículos causadas por impactos.

15 - Diferencia de ancho de vía (*track width diff.*) / diferencia de distancia entre ejes (*wheel base diff.*): El ancho de vía es la distancia entre una rueda y otra. Los cambios en estos valores pueden ser una señal de problemas de paralelismo entre los ejes y pueden ayudar a identificar daños estructurales en el vehículo y problemas de geometría. Estos parámetros son especialmente sensibles en los vehículos de carga con más de 2 ejes.



Figura 29. Representación de los problemas de alineación de los ejes.

16 - Altura libre del eje delantero (*front ride height*): distancia entre el suelo y el centro del eje delantero. Los cambios pueden ser un signo de problemas en los muelles y amortiguadores o en sus puntos de fijación.

17 - Altura libre del eje trasero (*rear ride height*): distancia entre el suelo y el centro del eje trasero. Los cambios pueden ser un signo de problemas en los muelles y amortiguadores o en sus puntos de fijación.

18 - Ángulo del bastidor (*frame angle*): se trata del ángulo de la suspensión/chasis/longitud medido en algunos modelos antiguos de pick-ups americanas de GM/GMC, ya que este ángulo influía en el valor de *caster* del vehículo. Este parámetro ya no es aplicable a los vehículos actuales y en desuso.

## 17. Impacto de las condiciones de alineación en el ahorro de combustible

Las condiciones de alineación de los ejes y las ruedas, así como las configuraciones de los ángulos de la geometría de la suspensión del vehículo, influyen directamente en el consumo de combustible. Los ejes desajustados generan arrastre de los neumáticos, lo que acaba generando resistencia a su marcha.

Un estudio realizado por Cummins en 2006 muestra este efecto en un vehículo de carga. Las pruebas mostraron un aumento de algo más del 2% en el consumo de combustible debido a desajustes de unos 2,5 mm. Los desajustes de esta magnitud son bastante comunes y a menudo se consideran normales o se descuidan.

La alineación, la presión, el estado de desgaste y el emparejamiento de los juegos de ruedas gemelas son parámetros que, en conjunto, pueden influir en la autonomía del vehículo hasta en un 12%.

|  | Teste 1     | Teste 2        | Teste 3        | Teste 4         | Teste 5         |
|--|-------------|----------------|----------------|-----------------|-----------------|
|  |             |                |                |                 |                 |
| Convergencia de neumáticos direccionales | 0mm<br>0"   | 6,35mm<br>1/4" | 6,35mm<br>1/4" | 9,525mm<br>3/8" | 9,525mm<br>3/8" |
| Desalineación de los ejes de tracción    | 0mm<br>0"   | 0mm<br>0"      | 12,7mm<br>1/2" | 25,4mm<br>1"    | 25,4mm<br>1"    |
| Desajustes del eje del remolque          | 0mm<br>0"   | 12,7mm<br>1/2" | 12,7mm<br>1/2" | 25,4mm<br>1"    | 0mm<br>0"       |
| <b>Impacto en el consumo</b>             | <b>0,0%</b> | <b>+ 0,6%</b>  | <b>+ 0,8%</b>  | <b>+ 1,7%</b>   | <b>+ 2,2%</b>   |

*Figura 30. Impacto de las condiciones de alineación en el ahorro de combustible. Fuente: Michael H. Smith*



Continental do Brasil Produtos Automotivos

Rua Hilda Del Nero Bisquolo, 102 - 21º andar  
Jundiaí/SP | Brasil

[www.conti.com.br](http://www.conti.com.br)  
[www.contiacademy.com.br](http://www.contiacademy.com.br)  
[Treinamento.conti.com.br](http://Treinamento.conti.com.br)