

# Sistema mecánico de dirección a las cuatro ruedas para vehículos automóviles

D. Dopico, J. Cuadrado, P. Morer

*Escuela Politécnica Superior, Mendizábal s/n, 15403 Ferrol  
Tel: 981337400, Fax: 981337410, E-mail: ddopico@mail2.udc.es*

## Resumen

Radio de giro reducidos, capacidad para maniobrar en pequeños espacios y posibilidad de efectuar aparcamientos más sencillos, son algunas de las ventajas introducidas por los sistemas de dirección a las cuatro ruedas. Más allá de estas ventajas, estos sistemas aportan también una clara mejora en el comportamiento del vehículo en maniobras a gran velocidad: aumento de la velocidad de paso por curva y reducción de la tendencia al sobreviraje del vehículo son algunas de estas ventajas. Aunque la mayoría de estos sistemas son actuados hidráulicamente y controlados electrónicamente, sistemas completamente mecánicos pueden ser convenientes para vehículos de actividades especiales, en los que la robustez juega un papel crucial. Este artículo, expone un nuevo diseño de un sistema de dirección a las cuatro ruedas completamente mecánico, cuyas características son la simplicidad, robustez y adaptabilidad a los requerimientos particulares del vehículo.

**Palabras Clave:** maniobrabilidad, comportamiento, robustez.

## Abstract

Reduced radius for U-turns, improved manoeuvrability in narrow spaces and easier parking, are some of the advantages introduced by rear-axle steering systems. Furthermore, these systems provide a better behaviour of vehicle at high speeds: increased velocity in curves and reduction of overturning are some of this advantages. Although most of these systems are hydraulically actuated and electronically controlled, fully mechanical alternatives can be convenient for special purpose vehicles, which may demand more robustness. This article shows a new design of a fully mechanical rear-axle steering system, whose main characteristics are simplicity, robustness and adaptability to particular vehicle requirements.

**Keywords:** manoeuvrability, dynamical behavior, robustness.

## 1. Introducción

Los sistemas de dirección a las cuatro ruedas aportan maniobrabilidad a los vehículos, necesaria como resultado del incremento de densidad del tráfico, y además suponen mejoras en el comportamiento dinámico del vehículo. Por otro lado, los vehículos de actividades especiales, que trabajan en condiciones más exigentes, también necesitan una maniobrabilidad notable para salir de situaciones comprometidas.

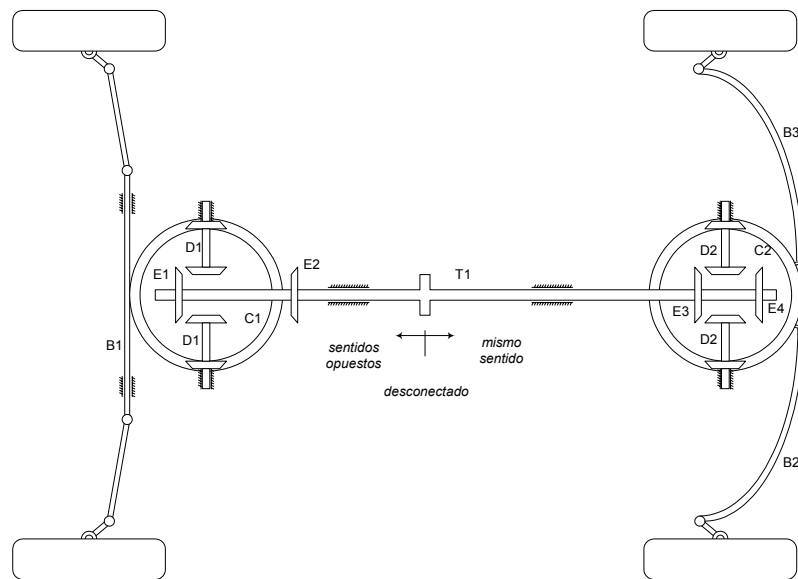
Para las aplicaciones urbanas, los sistemas hidráulicamente actuados y electrónicamente controlados [1,2] pueden ser la solución adecuada, debido a su versatilidad y su fácil instalación. Quizás la robustez de un sistema completamente mecánico puede ser

aprovechada de manera más satisfactoria en otro tipo de vehículos, que requieran un diseño, fabricación y funcionamiento con un elevado grado de fiabilidad.

En este artículo se presenta un mecanismo híbrido, compuesto por engranajes y barras articuladas. El mecanismo es una mejora de una versión previa propuesta en [3], que sufría algunas carencias e imprecisiones debido al uso de cables.

## 2. El mecanismo y su funcionamiento

El mecanismo en cuestión se ilustra en la Figura 1, donde la parte frontal del vehículo está a la izquierda.



**Figura 1.** Esquema del mecanismo.

El sistema está compuesto por los siguientes sólidos (Figura 1):

- Barra de dirección (B1)
- Caja de dirección delantera (C1)
- Engranajes interiores delanteros (D1)
- Árbol de transmisión (T1)
- Engranajes del árbol de transmisión (E1), (E2), (E3), (E4)
- Engranajes interiores traseros (D2)
- Caja de dirección trasera (C2)
- Barras de dirección traseras (B2), (B3)

Se contemplan tres modos de funcionamiento: *desconectado*, *mismos sentidos* y *sentidos opuestos*.

En la posición *desconectado*, la barra de transmisión no engrana en ningún elemento precedente en la cadena, y el mecanismo trabaja como un sistema convencional de dirección a las ruedas delanteras.

En la posición *mismos sentidos*, los engranajes delanteros D1 conducen el árbol de transmisión al engranar con el engranaje E1. En la parte trasera, el engranaje E3 engrana con los D2 que conducen la caja de dirección trasera C2. En esta posición, las ruedas traseras giran en el mismo sentido que las ruedas delanteras.

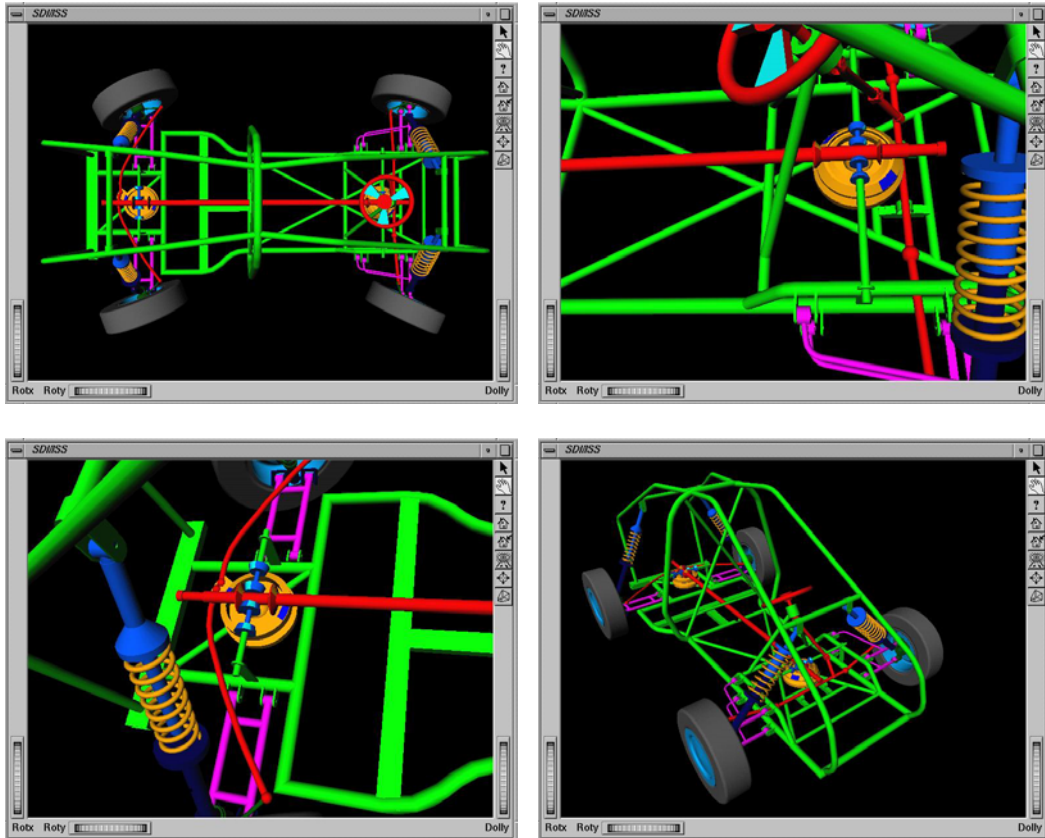
En la posición *sentidos opuestos*, la caja delantera de dirección conduce el árbol de transmisión, al engranar su dentado exterior con el engranaje E2 de dicho árbol. En la parte trasera, el engranaje E4 engrana con los D2, que conducen la caja de dirección trasera C2. En esta posición las ruedas traseras giran en sentido opuesto a las ruedas delanteras.

### **3. Simulación cinemática**

La simulación cinemática del mecanismo nos permite, a través de la salida gráfica, una mejor comprensión de su funcionamiento.

El mecanismo se modelizó utilizando coordenadas mixtas (naturales+relativas), y de forma que sirviera también para la simulación dinámica. El modelo consta de 58 puntos, 11 vectores unitarios, 7 ángulos y 5 distancias, lo que supone un total de 219 variables. Una vez modelizado el mecanismo, se procede a la resolución repetida del problema de posición del mecanismo, cuya visualización realista en la pantalla del ordenador permite observar con claridad el funcionamiento del mismo.

Fácilmente se identifican en la Figura 2 todos los elementos expuestos en la Figura 1.



**Figura 2.** a) Giro sentidos opuestos; b) Caja de dirección delantera; c) Caja de dirección trasera; d) Vista general.

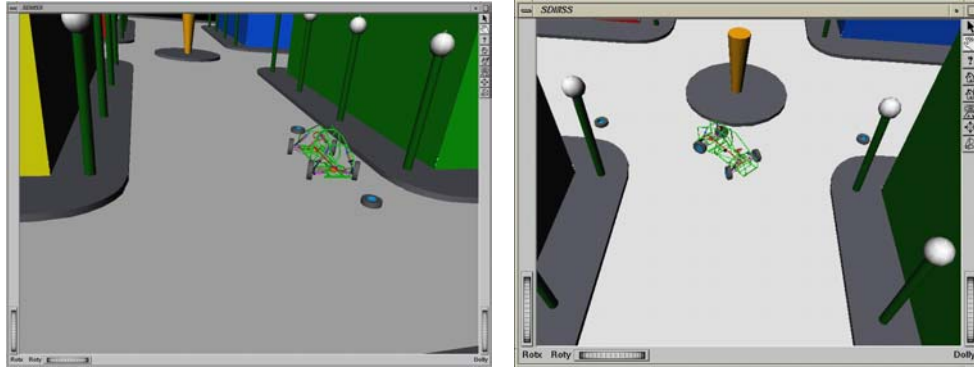
#### 4. Simulación dinámica

La simulación dinámica permite comprobar las ventajas que aporta el sistema para la conducción del vehículo, sin necesidad de construir un prototipo.

Para realizar la simulación dinámica, se ha empleado la formulación Lagrangiana aumentada de índice 3 con proyecciones de velocidad y aceleración propuesta en [4].

Se han simulado dos tipos de maniobras:

*Maniobras a baja velocidad.* Muestran las ventajas que aporta el sistema de dirección en cuanto a maniobrabilidad del vehículo. Se caracterizan por elevadas relaciones de giro entre las ruedas traseras y delanteras. Se ha simulado una maniobra de aparcamiento (Figura 3a) y otra de cambio de sentido (Figura 3b), apreciándose claras ventajas.



**Figura 3.** a) Maniobra de aparcamiento; b) Cambio de sentido

*Maniobras a alta velocidad.* Muestran las ventajas que aporta el sistema de dirección en cuanto a estabilidad del vehículo. Se caracterizan por pequeñas relaciones de giro entre ruedas traseras y delanteras, y en ellas las ruedas traseras siempre giran en el mismo sentido que las ruedas delanteras. Se ha simulado el trazado de curvas a alta velocidad, observándose una importante reducción de la tendencia al sobreviraje del vehículo.

## 5. Conclusiones

En este artículo se ha presentado un sistema de dirección a las cuatro ruedas totalmente mecánico para un vehículo automóvil. Frente a los sistemas electrónico-hidráulicos, que son más versátiles, este sistema aporta mayor robustez y fiabilidad.

El empleo de este sistema proporciona una serie de ventajas claras:

- Notable reducción del radio de giro del vehículo.
- Posibilidad de efectuar maniobras de aparcamiento o salir de situaciones comprometidas mediante una simple traslación lateral del vehículo. Esto se consigue cuando las ruedas traseras giran en el mismo sentido que las delanteras y el mismo ángulo.
- Mejora en la estabilidad del vehículo, con reducción de la tendencia del vehículo al sobreviraje, muy importante en vehículos con tracción trasera.

## **6. Referencias**

1. T. Seller, W. Kogel, *Rear Axle Steering System for Trucks and Buses*, SAE-Paper 922183, (1996).
2. H. Ch. Pflug, E. C. von Glassner and R. Povel, *Commercial Vehicles with Intelligent Rear Axle Steering Systems*, SAE-Paper 962185, (1996).
3. J. J. Molinos, *Dirección Integral para Vehículos*, Oficina Española de Patentes y Marcas, P9401401, (1994).
4. J. Cuadrado, R. Gutierrez, M.A. Naya and P. Morer, *A Comparison in Terms of Accuracy and Efficiency between a MBS Dynamic Formulation with Stress Analysis and a Non-linear FEA Code*, *Int. J. For Numerical Methods in Engineering*, **Vol.(51)** (2001) 1033.

## **7. Agradecimientos**

Este trabajo ha sido realizado en el contexto del proyecto PGIDT99INN16601, realizado en colaboración con el CIS-Ferrol, y financiado por la Secretaría General de I+D de la Xunta de Galicia.