

{ Modelos multicuerpo de automóviles para
plataformas de hardware in the loop }

David Vilela Freire

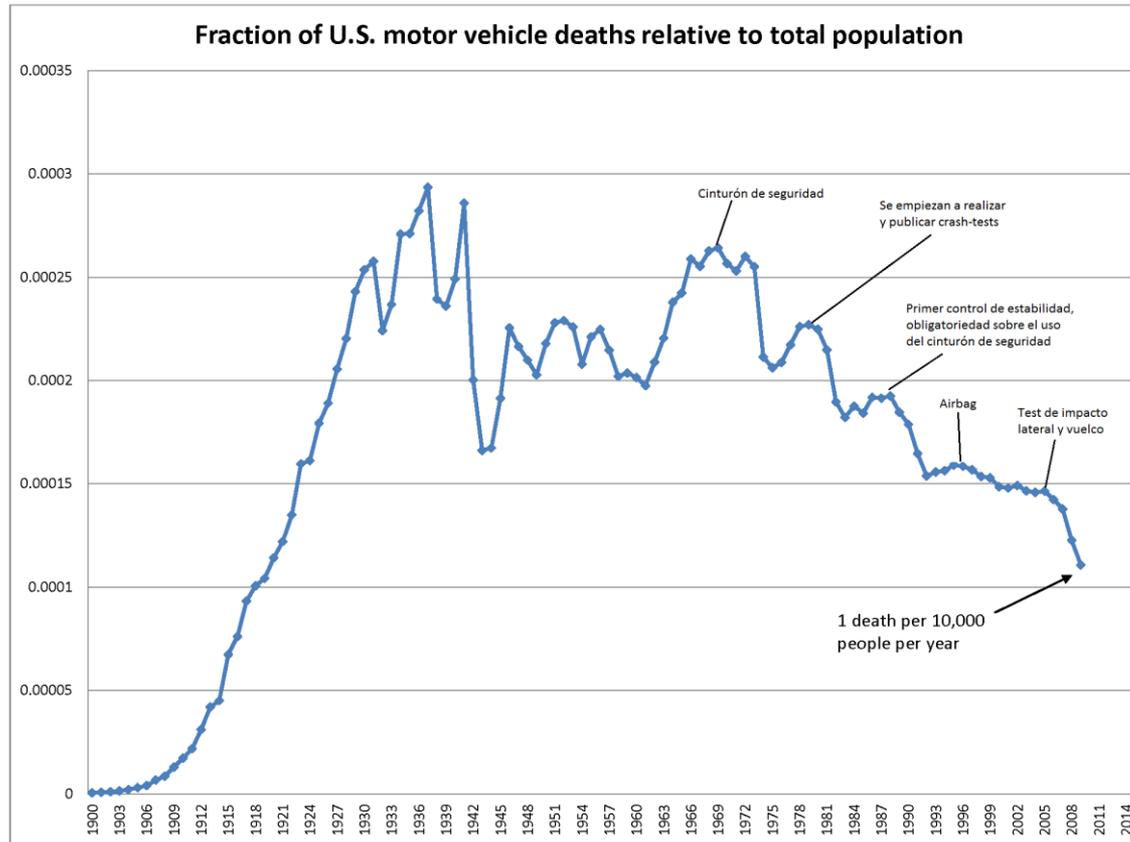
Master de Investigación en
Tecnologías Navales e Industriales

Escuela Politécnica Superior, Universidade da Coruña

Motivación

- Automoción: industria en constante crecimiento
 - 1000 millones de vehículos en 2011
- Muertes en carretera
 - Hasta 2008, los accidentes de tráfico han sido la primera causa externa de muerte en España
- Necesidad de mejorar constantemente
 - Competencia por innovar y ofrecer mayor seguridad

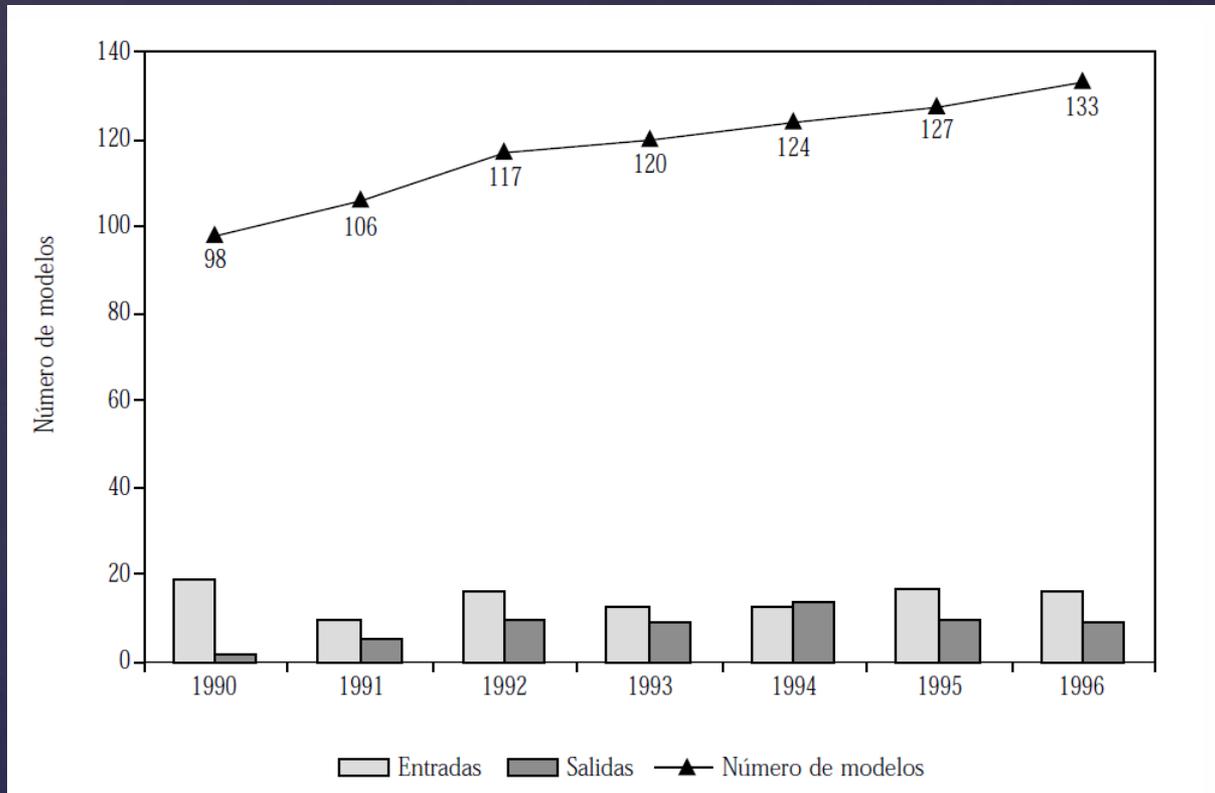
Mortalidad en carretera



Fuente: wikipedia.org

Consecuencias

- Ciclos de producción más cortos



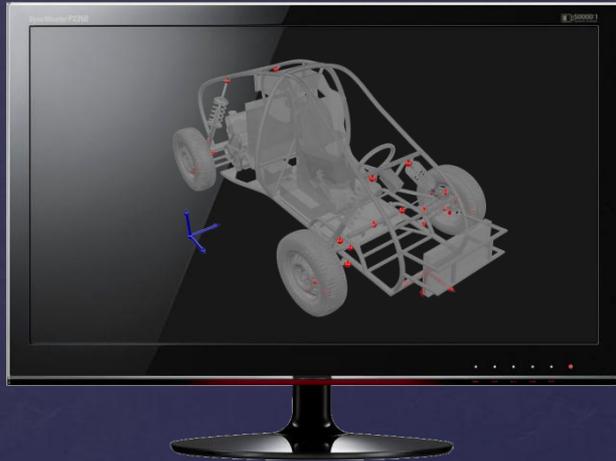
Fuente: *El ciclo de los modelos de automóviles en el mercado español*
M.ª JOSÉ MORAL RINCÓN (Universidad de Vigo)

Simulación como respuesta

- Necesidad de herramientas para reducir tiempos y costes
- Simulación
 - Permite conocer el comportamiento de un producto de manera previa a su fabricación
 - Prototipado rápido: maniobras peligrosas y condiciones críticas

Hardware in the Loop: simulación híbrida

Modelo multicuerpo
[Software]



Controlador
[Hardware]



Tecnalia



Tecnalia Research & Innovation es una corporación internacional de I+D. Su división de automoción se centra, entre otras cosas, en seguridad y vehículos eléctricos.



'Dynacar es un entorno de simulación en tiempo real, potente y flexible, para el diseño, desarrollo y validación de sistemas o subsistemas de vehículos.'



UNIVERSIDADE DA CORUÑA



Proyecto Eunice

‘Eco-design and Validation of In-Wheel Concept for Electric Vehicles’

tecnalia Inspiring Business



Motor eléctrico 'in-wheel'

- Ventajas

- Mejor control de tracción
- Menor peso
- Aprovechamiento del espacio

- Incógnitas

- Masa no suspendida: influencia sobre el confort, maniobrabilidad, estabilidad

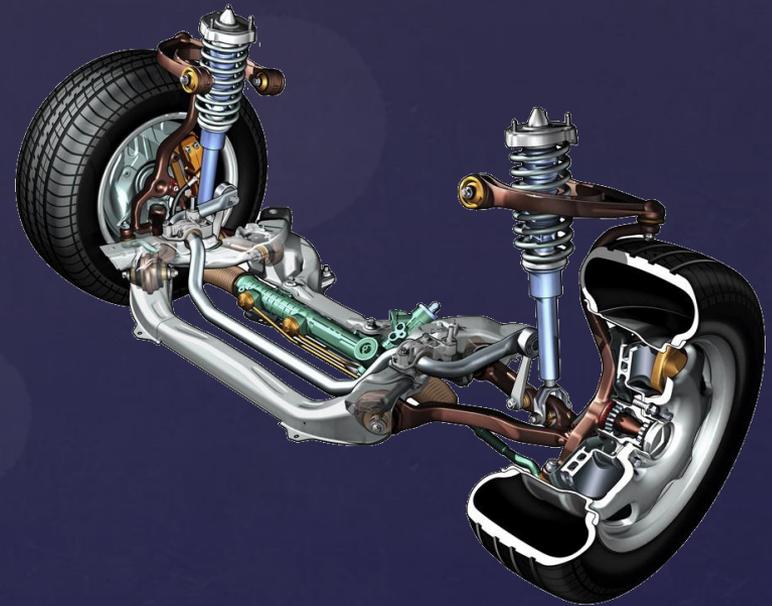


Objetivos

- Desarrollo de un modelo multicuerpo de automóvil
 - Necesidad de tiempo real
- Integración en plataforma de tiempo real
 - PXI de National Instruments
- Estudio de comportamiento de motores in-Wheel
 - Confort, estabilidad, maniobrabilidad, control de dirección

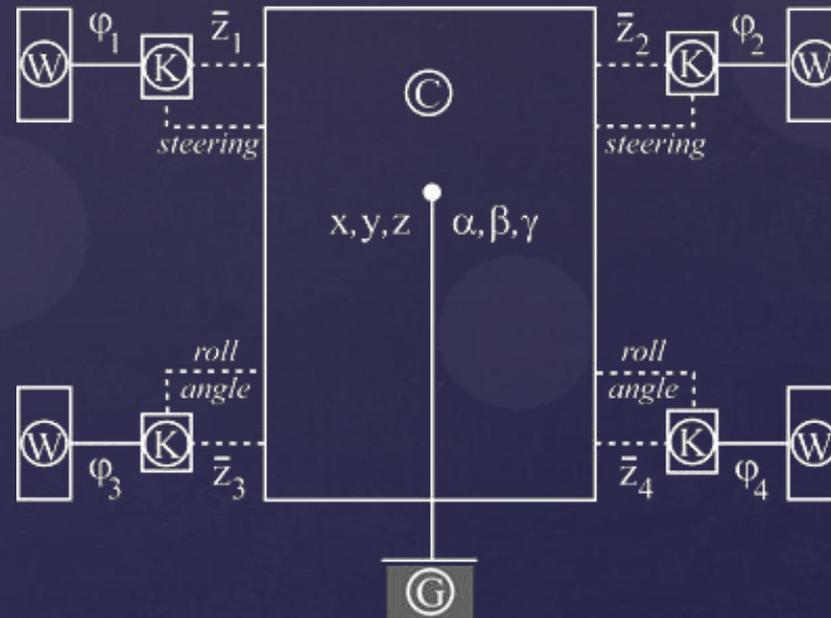
El problema de la suspensión

- Los fabricantes no proporcionan datos
 - Parámetros desconocidos
 - Secreto industrial
- Solución
 - Ingeniería inversa
 - Experimentación
 - Tablas de datos
- No existe información cinemática
 - Macropares



Formulación

- Topología cinemática de tipo árbol
- Coordenadas independientes, no necesita ecuaciones de restricción



$$\mathbf{z}^T = \{x \quad y \quad z \quad \alpha \quad \beta \quad \gamma \quad \bar{z}_1 \quad \bar{z}_2 \quad \bar{z}_3 \quad \bar{z}_4 \quad \bar{\varphi}_1 \quad \bar{\varphi}_2 \quad \bar{\varphi}_3 \quad \bar{\varphi}_4 \}$$

Formulación

- Método Matriz R: obtención recursiva de fuerzas y matrices de masa
- Integración con regla trapezoidal + iteración de Newton-Raphson

Modelización

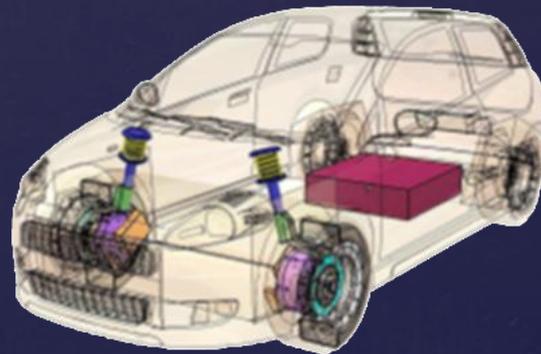
- Motores: masas puntuales de 30 kg
- Suspensiones: macropares + motion ratio + bump stop
- Barra antivuelco y twist beam: muelle lineal relativo
- Modelo de neumático
 - Fuerza normal: muelle lineal
 - Fuerzas tangenciales: regulación polinómica de tercer orden con saturación
- Detección de colisiones: Octree
 - Partición octal recursiva del espacio

Modelo

- Fiat Grande Punto (segmento B)
- Suspensiones McPherson y Twist-beam

Distancia entre ejes	2.51 m
Batalla	1.50 m
Masa del chasis	955 kg
Masa de la mangueta delantera	12.5 kg
Masa de la mangueta trasera	32.5 kg
Masa de la rueda	17.5 kg
Rigidez suspensión delantera	58,860 N/m

Amortiguamiento suspensión delantera	8,533 Ns/m
Rigidez de la barra antivuelco	10,000 N/m
Rigidez suspensión trasera	39,240 N/m
Amortiguamiento suspensión trasera	5,138 Ns/m
Rigidez twist-beam	10,000 N/m
Radio de la rueda	315.9 mm
Rigidez del neumático	237,000 N/m



Video demostrativo

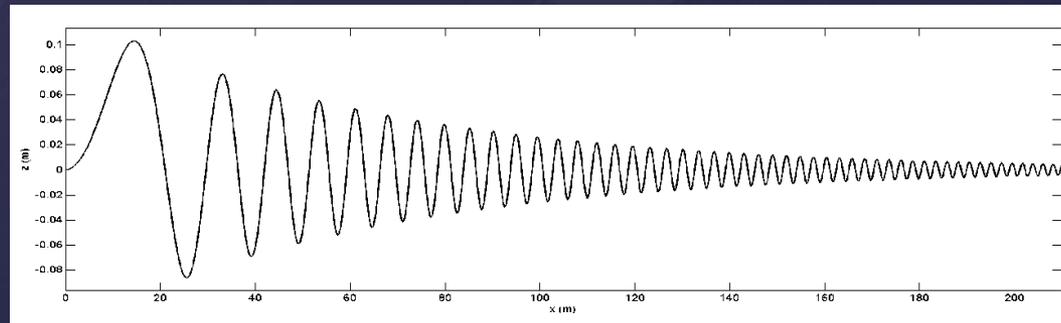


Tests de comportamiento

- Indicadores adecuados
 - Afectados por el aumento de masa no suspendida
- Confort
 - Sine Sweep test (ISO 2631:2004)
- Maniobrabilidad / Estabilidad
 - Obstacle Avoidance test (ISO 3888:2002)
- Control de dirección
 - Constant Radius test (ISO 4138:2004)

Sine sweep test

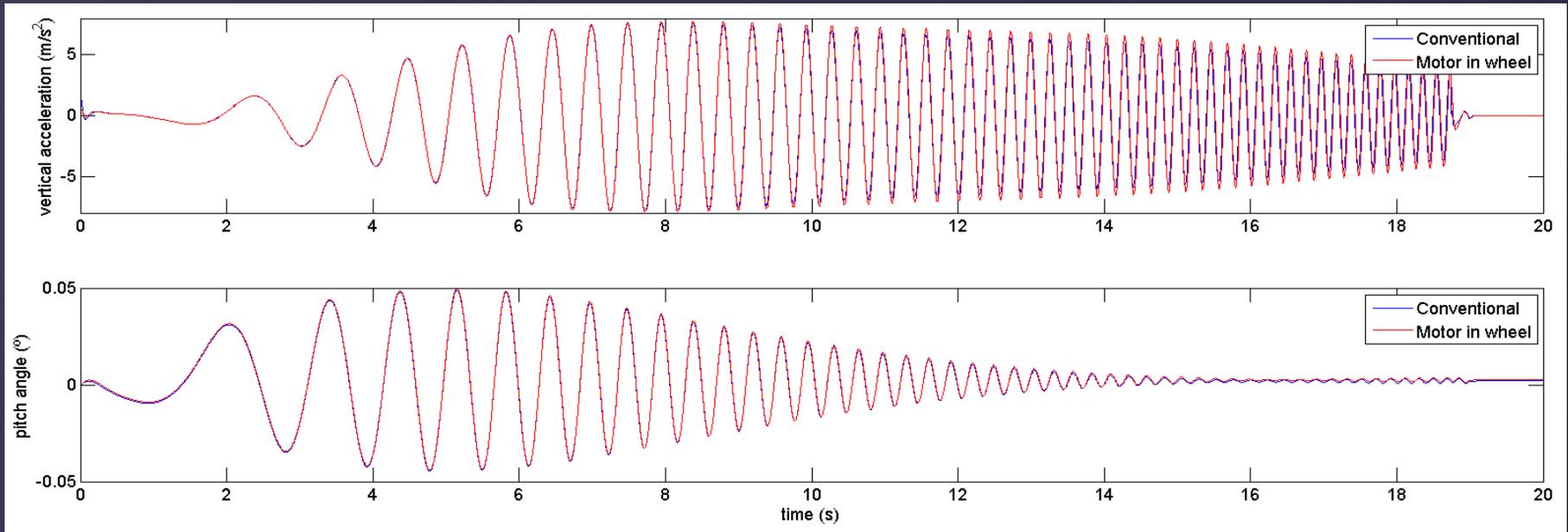
- Medida del confort
 - Impact feel: aceleración vertical
 - Pitch control: ángulo de pitch
- Velocidad constante: 40 km/h



Sine sweep test. Video



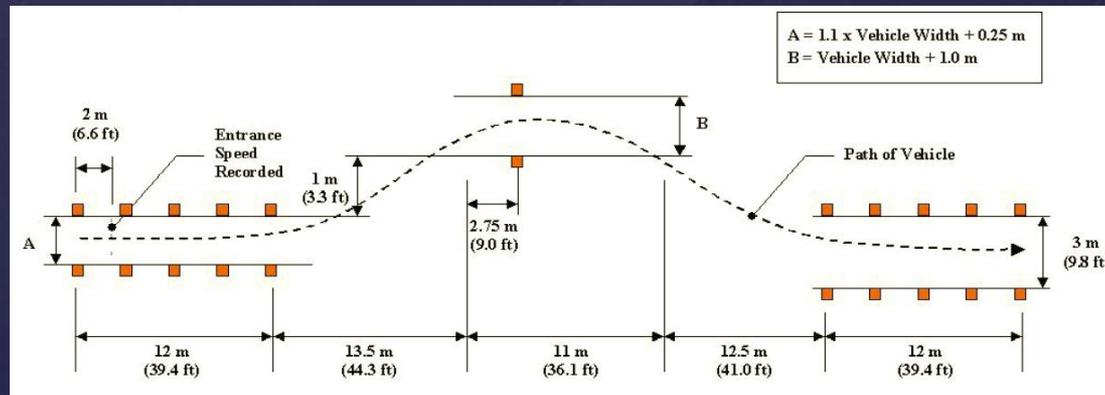
Sine sweep test. Resultados



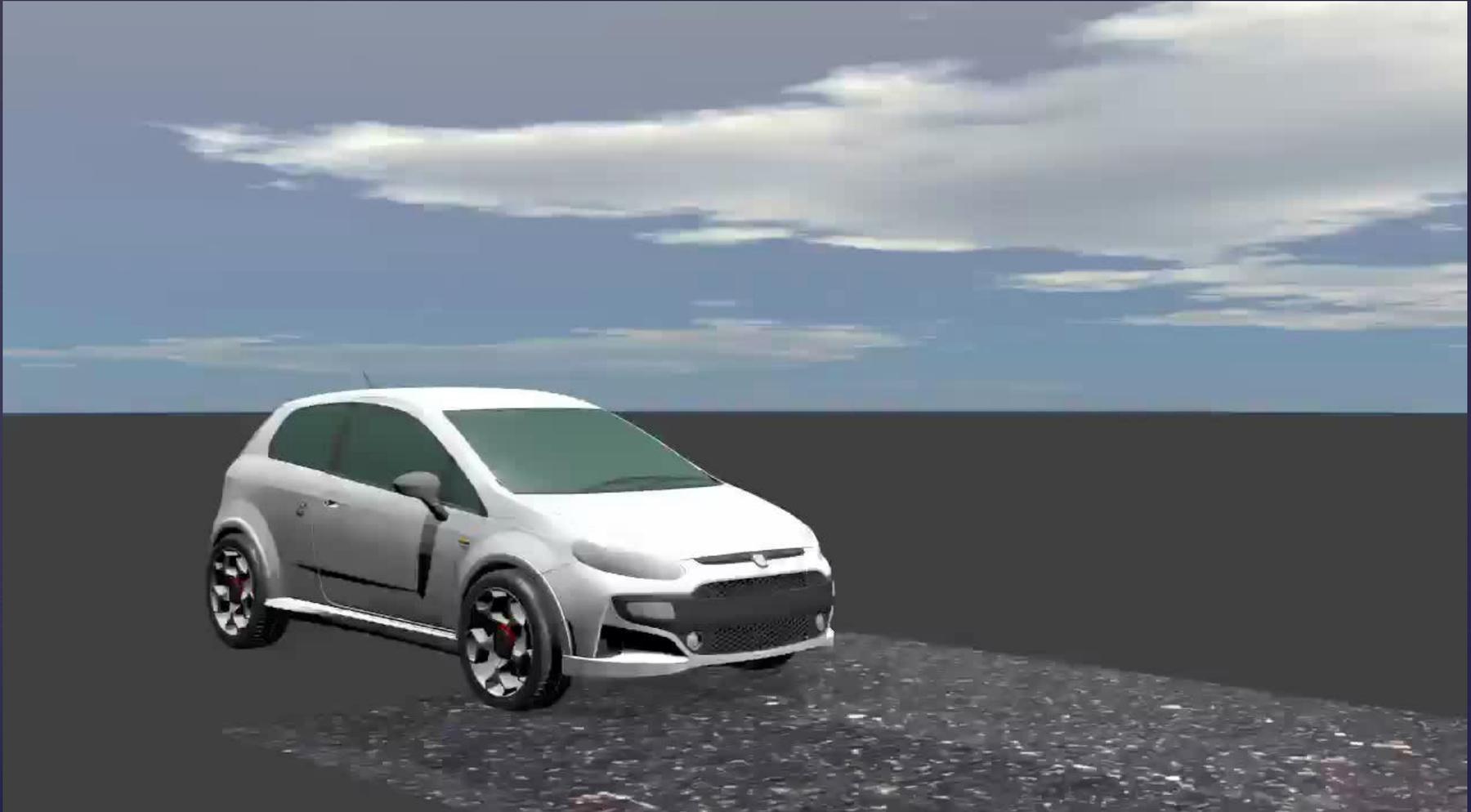
- Sin diferencias en pitch control
- Mayores aceleraciones verticales
 - Ligero empobrecimiento del confort a altas frecuencias

Obstacle avoidance test

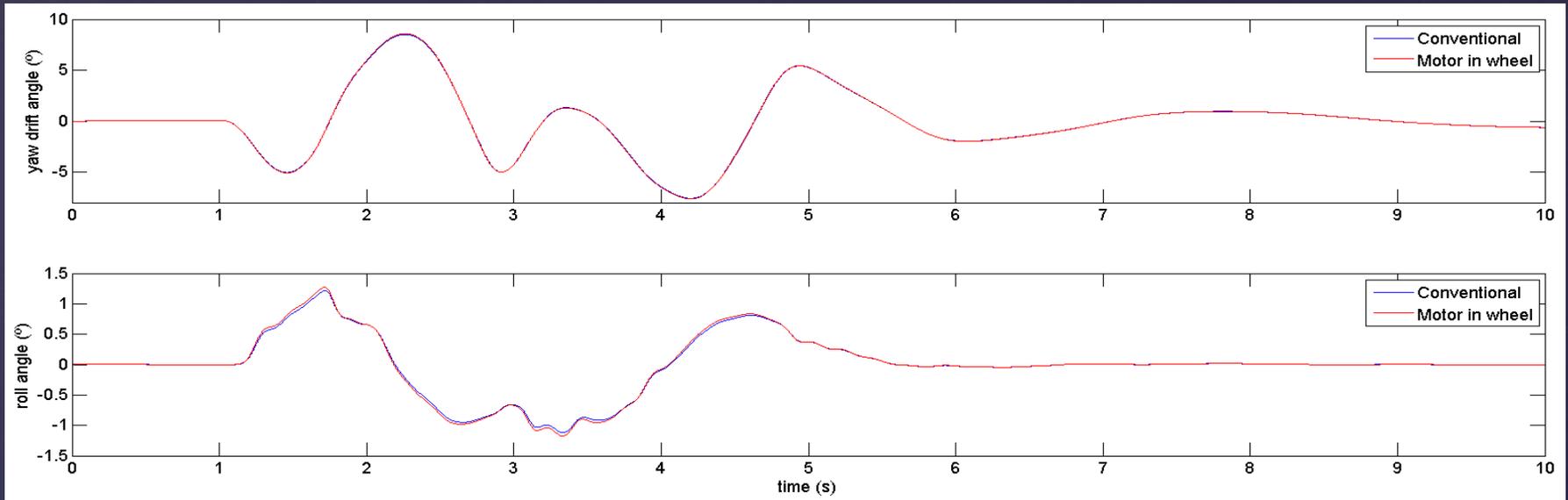
- Doble cambio de carril
 - Maniobrabilidad: ángulo de yaw
 - Estabilidad: ángulo de roll
- Velocidad de entrada aceptable: 43 km/h
- Controlador proporcional



Obstacle avoidance test. Video



Obstacle avoidance test. Resultados



- Ángulo de yaw similar
- Ángulo de roll empobrecido
 - Ligeramente más inestable

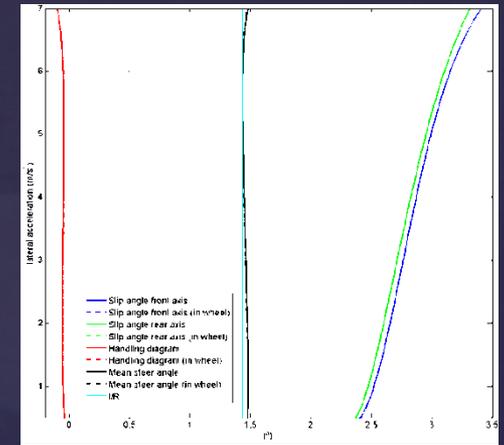
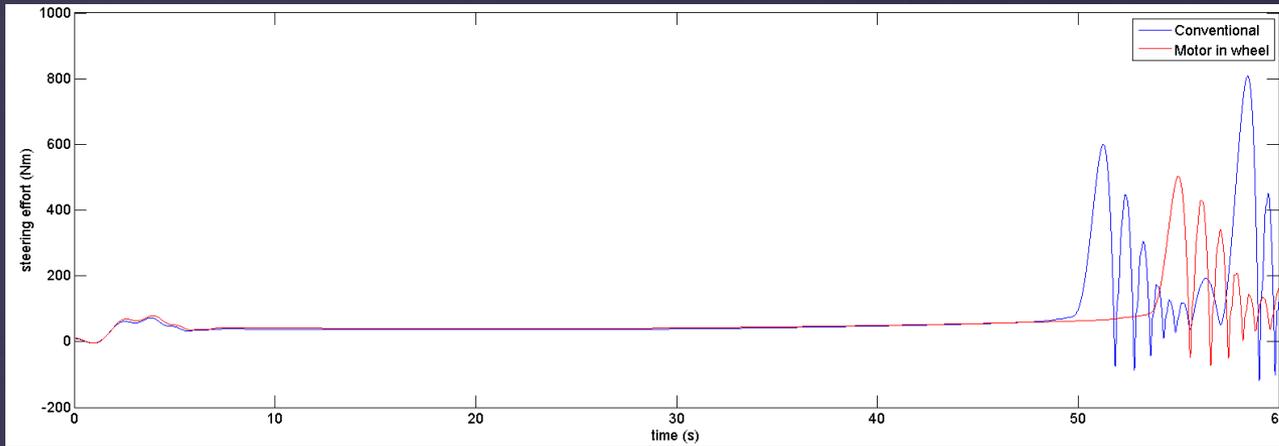
Constant radius test

- Control de dirección
 - Esfuerzo sobre la dirección
- Pista circular de 100 m de radio
- Par constante de 125 Nm
- Inestabilidad detectada a 100 km/h

Constant radius test. Video



Constant radius test. Resultados



- Idéntico comportamiento en ambos casos
- Dirección lineal
- Subvirador

Eficiencia

- Procesador: Intel Core i7 @ 3.07 GHz
- Paso de tiempo: 1 ms

Test	Simulación (s)	CPU-time (s)
Sine sweep	20	1.272
Obstacle avoidance	10	0.614
Constant radius	60	1.851

Conclusiones

- Desarrollo de un simulador multicuerpo de automóvil
 - Prototipado rápido
 - Ensayo de componentes y subsistemas
- Realización de tests de comportamiento
 - Maniobrabilidad y control de dirección sin variación
 - Estabilidad y confort ligeramente degradados

Trabajo futuro

- Comportamiento durante maniobras en las que las ruedas pierden contacto con el suelo (baches)
- Desarrollo de estrategias de control de par para mejorar la maniobrabilidad.
- Comparación con otros simuladores
- Nuevas funcionalidades
 - Fuerzas aerodinámicas
 - Diferentes tipos de ejes y suspensiones
 - Sensores virtuales

{ Modelos multicuerpo de automóviles para
plataformas de hardware in the loop }

David Vilela Freire

Master de Investigación en
Tecnologías Navales e Industriales

Escuela Politécnica Superior, Universidade da Coruña