

# SIMULACIÓN DE CONDUCCIÓN DE UN VEHÍCULO AUTOMÓVIL

ABRAHAM PRIETO GARCÍA

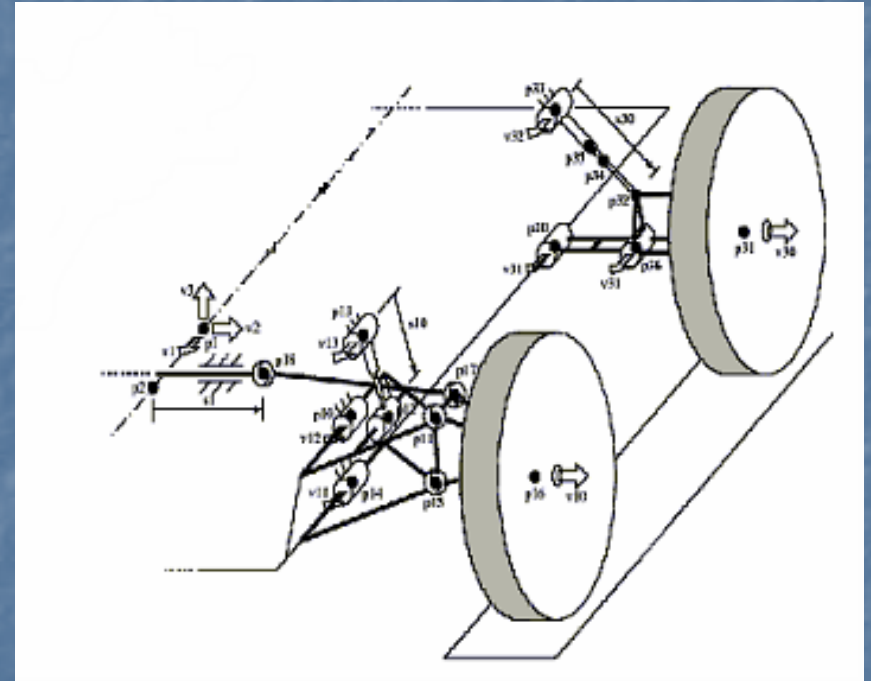
- Objetivo: Simulación dinámica y representación de un vehículo real

## Ventajas de un simulador

- Ensayo de mecanismos sin construirlos
- Variación de parámetros
- Optimización
- Respuesta en situaciones críticas
- Entrenamiento del conductor

# Punto de partida: Antecedentes

- Librería en Fortran 77
  - Modelo del sistema mecánico
    - DIM=159
    - NRT=161
    - NIN=10
  - Formulación dinámica
  - Integración numérica



# Partes del proyecto

- Simulación del sistema mecánico
  - Modelo de neumático
  - Modelo motor
  - Modelo cambio automático
  - Modelo freno
- Representación Gráfica
  - Librerías OpenGL
  - Software para la creación de entornos
- Control de la simulación
  - Interacción usuario-simulador
  - DirectX

# Simulación del sistema mecánico

Posición y  
velocidad inicial

$$\Phi(q) = 0$$
$$\dot{\Phi}(q) \cdot \dot{q} = 0$$

Ecuaciones de  
Lagrange: (DAE)

$$M\ddot{q} + \Phi_q^t \cdot \lambda = Q$$
$$\Phi = 0$$

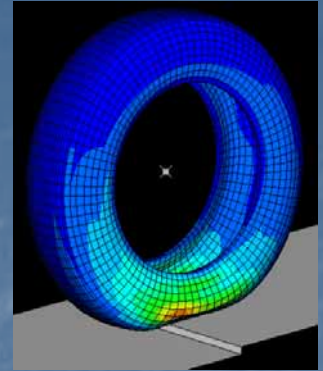
Lagrange aumentado  
proyecciones ortogonales  
(ODE)

$$M\ddot{q} + \Phi_q^t \alpha \Phi + \Phi_q^t \lambda^* = Q$$

Regla trapezoidal  
Newton Raphson

$$Mq_{n+1} + \frac{\Delta t^2}{4} \Phi_{q_{n+1}}^t (\alpha \Phi_{n+1} + \lambda_{n+1}) -$$
$$\frac{\Delta t^2}{4} Q_{n+1} + \frac{\Delta t^2}{4} M\hat{q}_n = 0$$

# Modelo de neumático

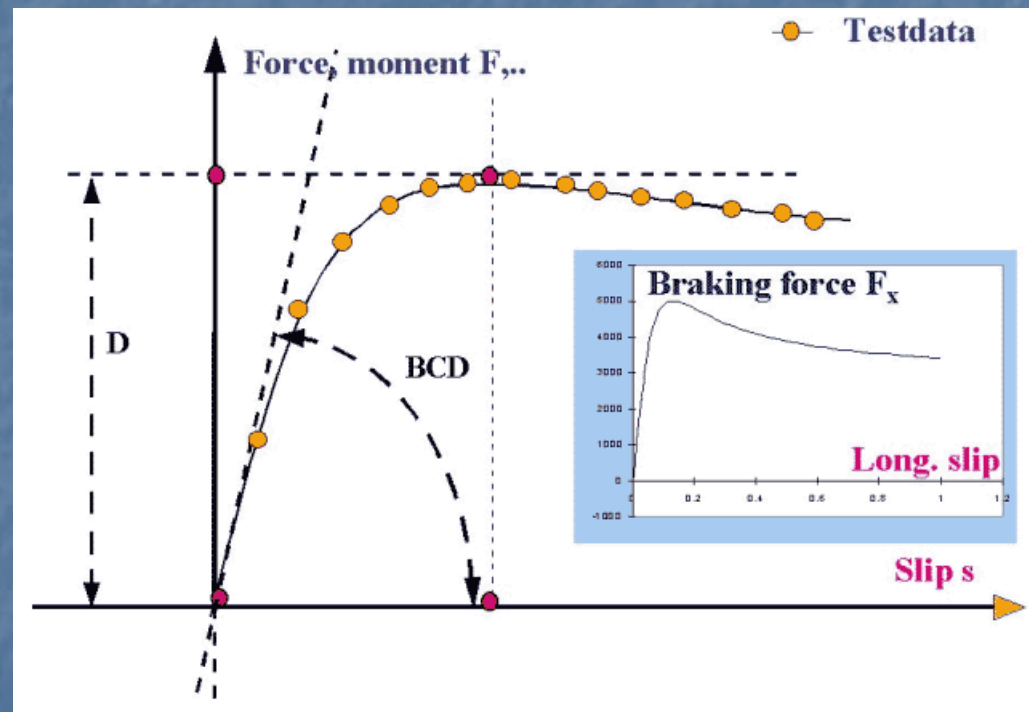


- Dos efectos dinámicos
  - Rozamiento neumático-suelo
  - Reacción a la compresión del neumático

# Rozamiento neumático-suelo

- Fuerza lateral y momento autoalineante

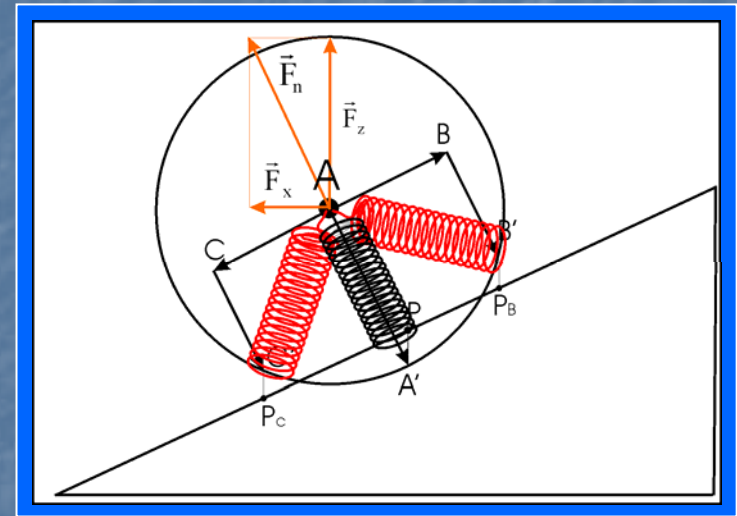
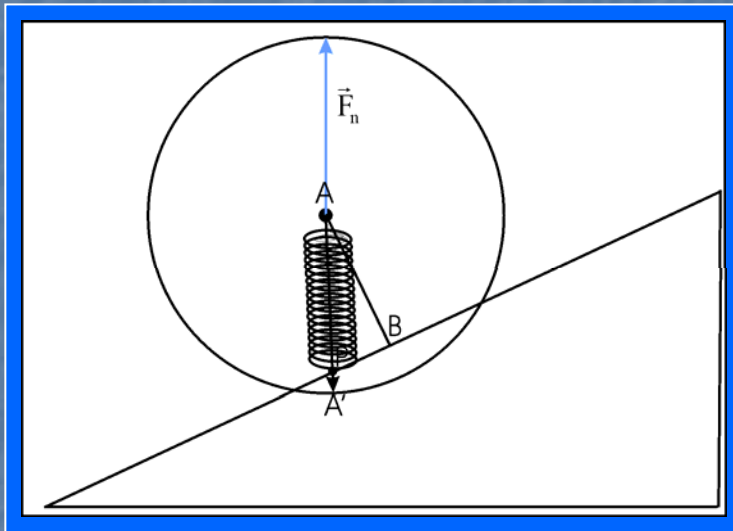
- Pacejka (1986)
- Fórmula mágica



$$y(x) = D \operatorname{sen} [C \operatorname{arctg} \{ Bx - E (Bx - \operatorname{arctg}(Bx)) \}]$$

# Reacción a la compresión

## Modelo de muelles



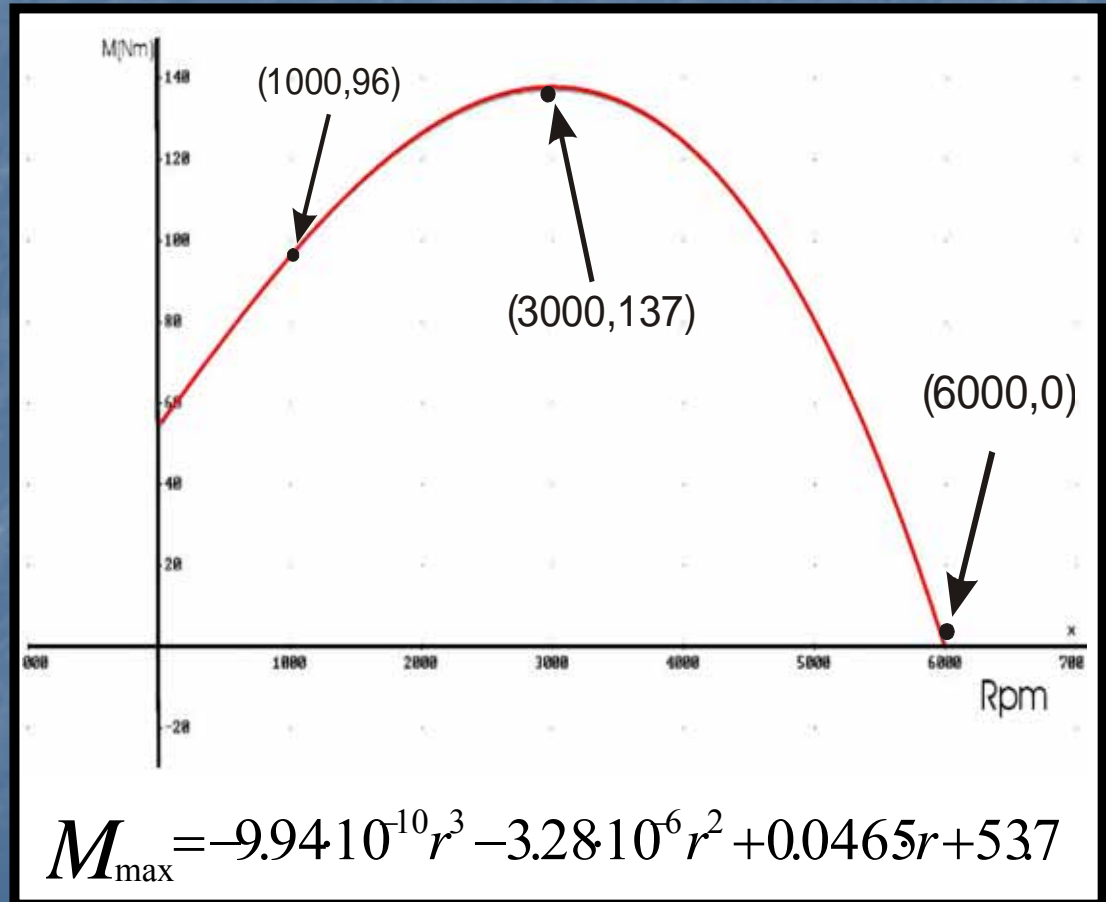
- Muelle vertical
  - Reacción vertical
  - Suelo plano

- Tres muelles
  - Muelle normal al suelo
  - Detecta obstáculos



# Modelo de motor

- Par plena admisión
- Par admisión nula
- Datos del motor  
CHRYSLER 150-Automático
- 96 Nm a 1000 rpm.
- Par máximo: 137 Nm a 3000 rpm.
- Punto de par nulo.
- Velocidad máxima teórica 200 Km/h.



# Modelo de cambio de marchas

- Par resultante (Acelerador)

$$M_{resultante} = f M_{max} + M_{contrapresion}(1-f)$$

- Relación de reducción

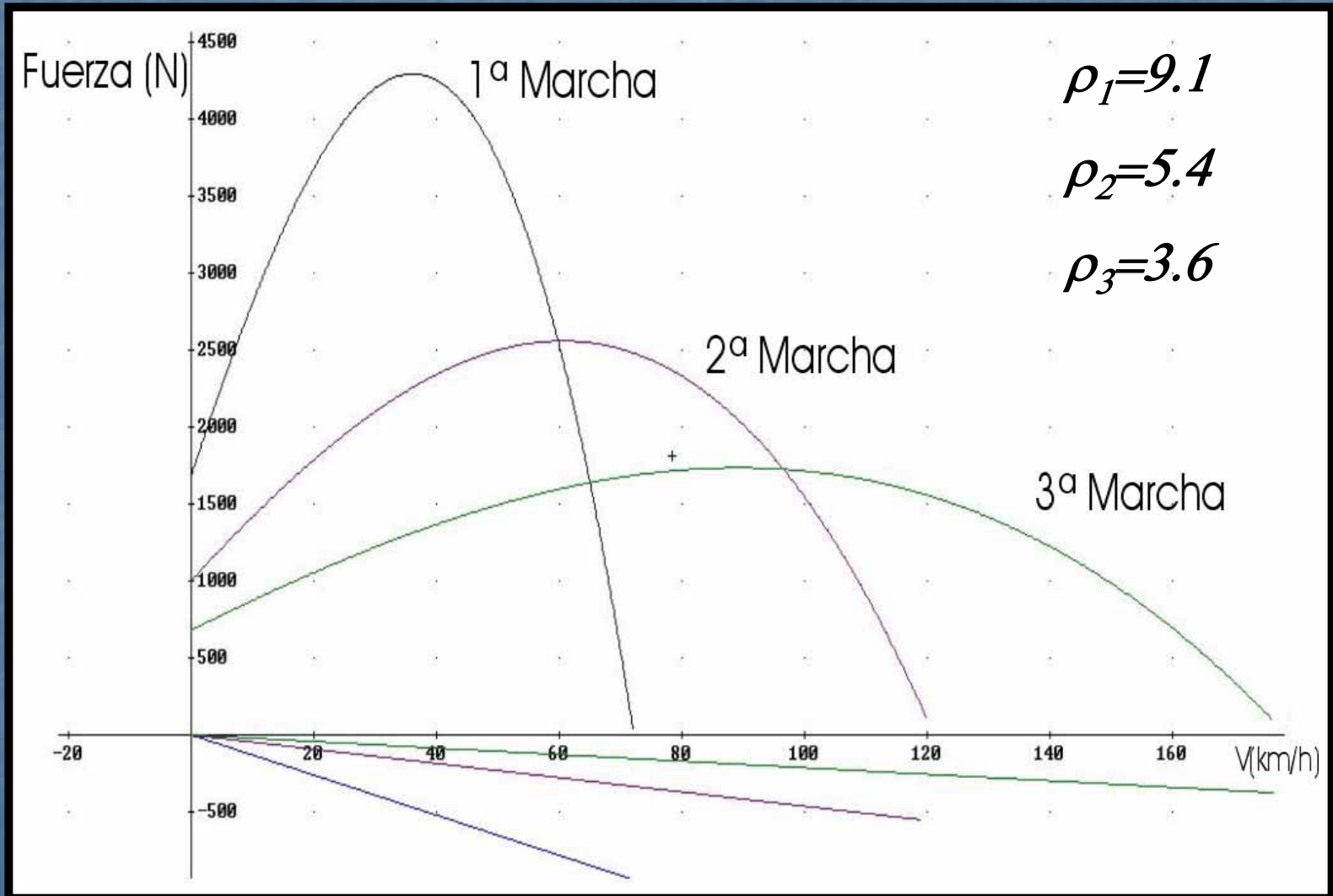
$$\frac{W_{rueda}}{W_{motor}} = \rho$$

- Fuerza en la rueda

$$M_{motor} W_{motor} = M_{rueda} W_{rueda}$$

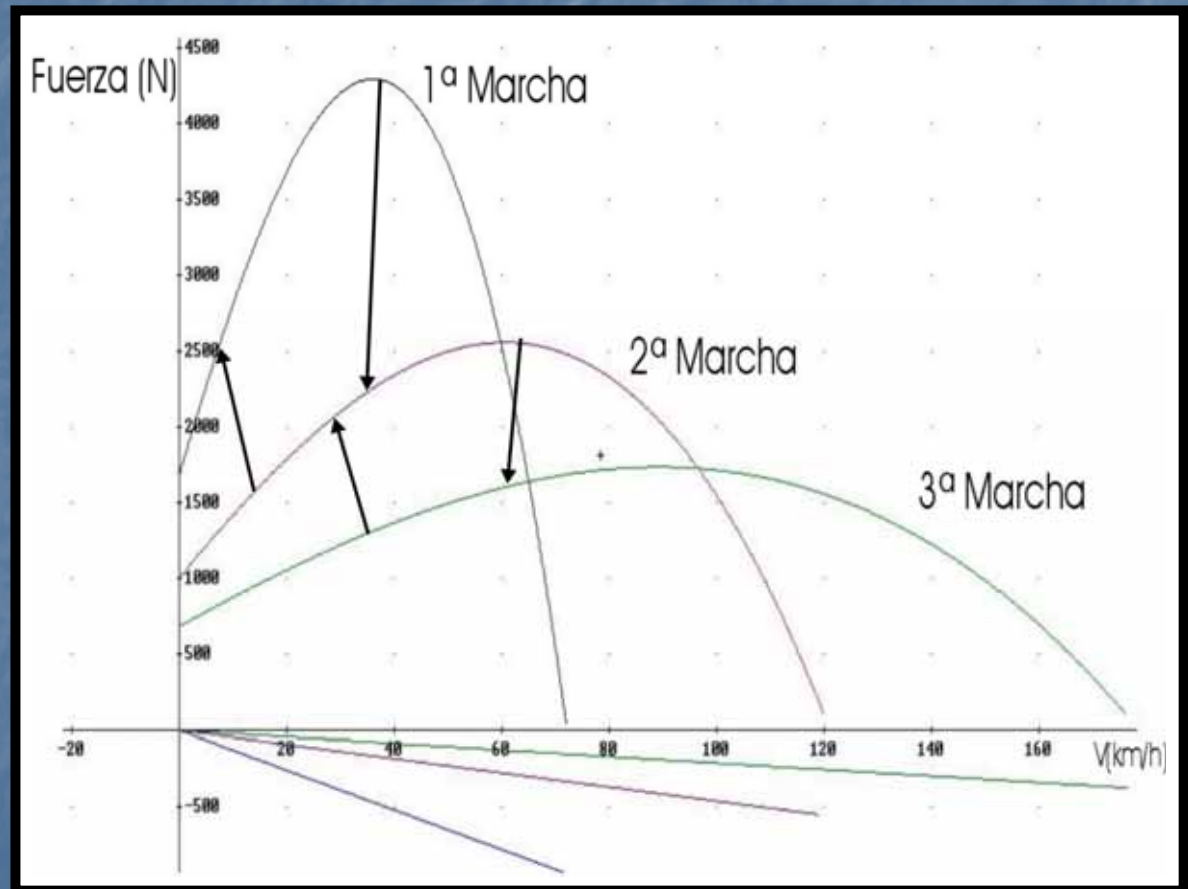
$$F_{rueda} = \frac{M_{rueda}}{r_{rueda}} = \frac{M_{motor}}{r_{rueda} \rho}$$

# Curvas de fuerza/velocidad



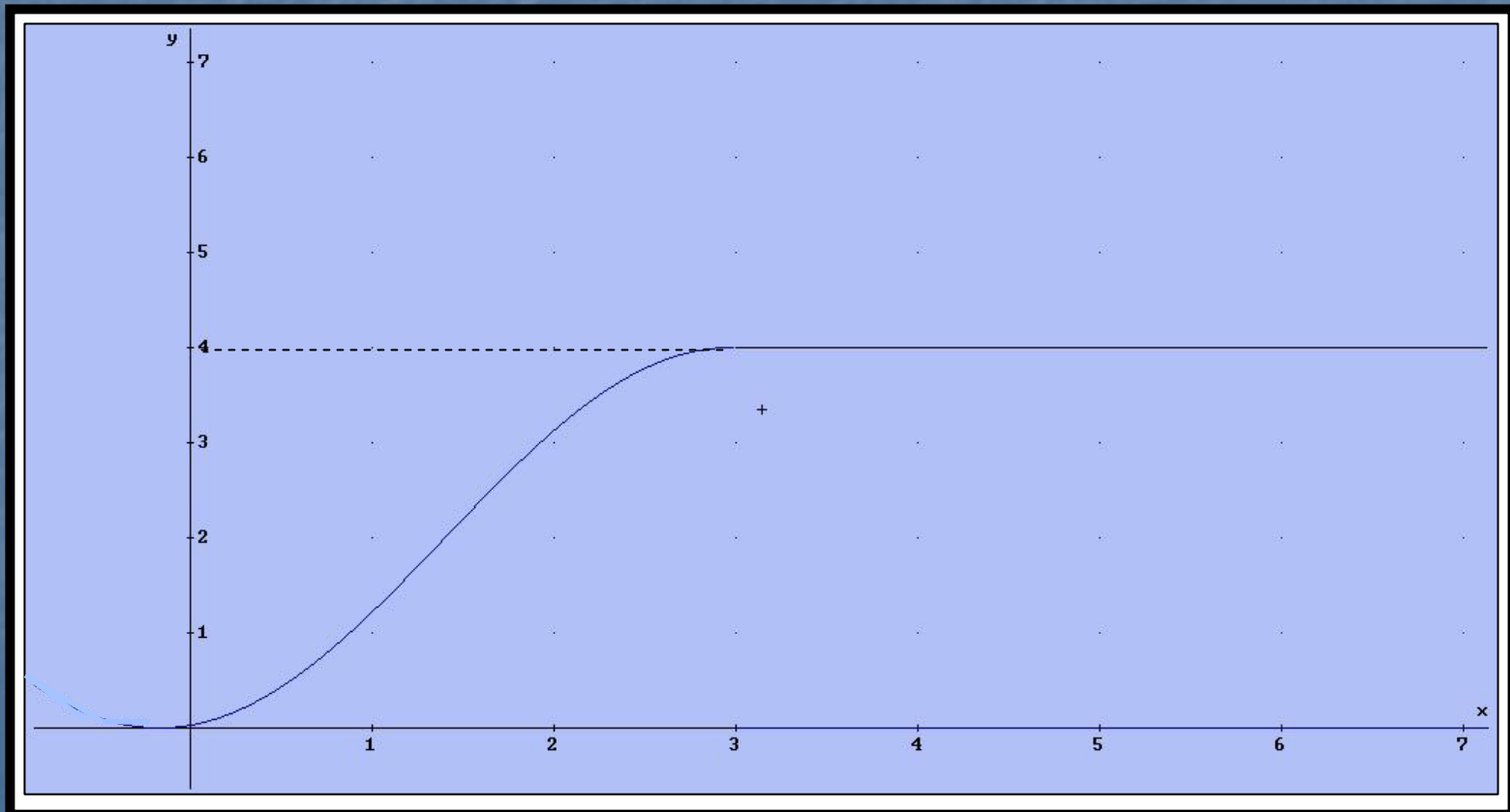
# Modelo de cambio automático

- Parámetros reales
  - Rpm
  - Par resistente
- Parámetros del modelo
  - Rpm
  - Aceleración



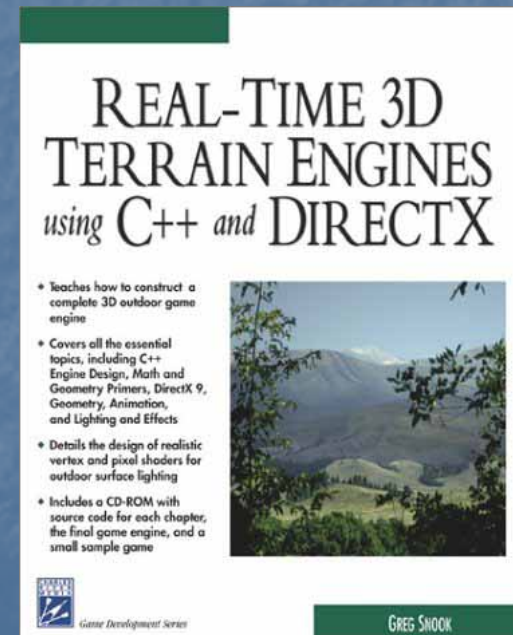
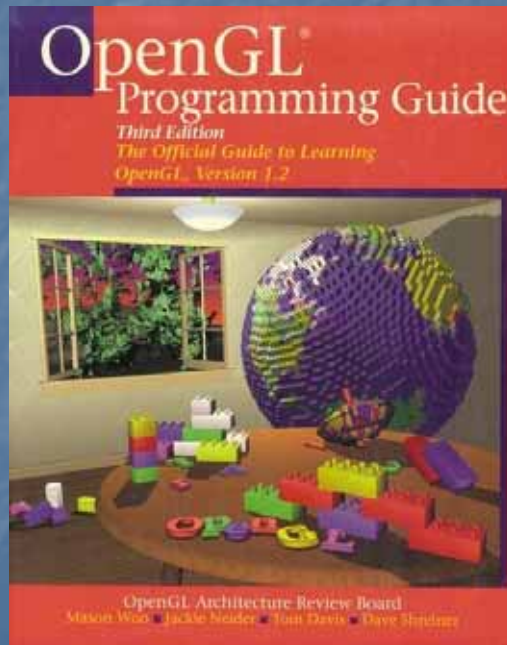
# Modelo de freno

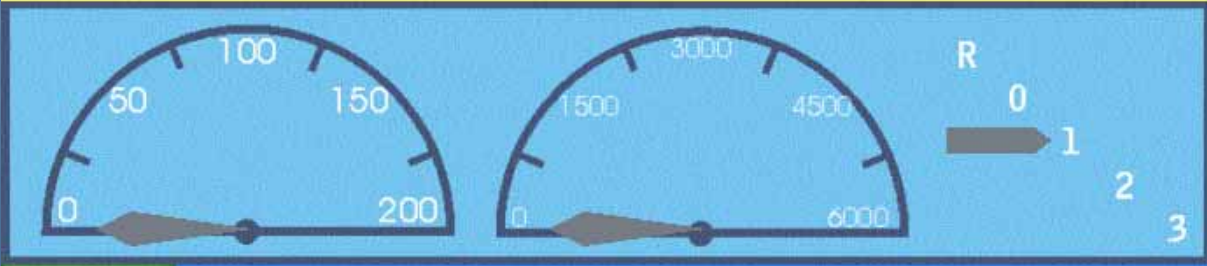
- Freno a las cuatro ruedas
- Problema a bajas velocidades
- Curva suavizada

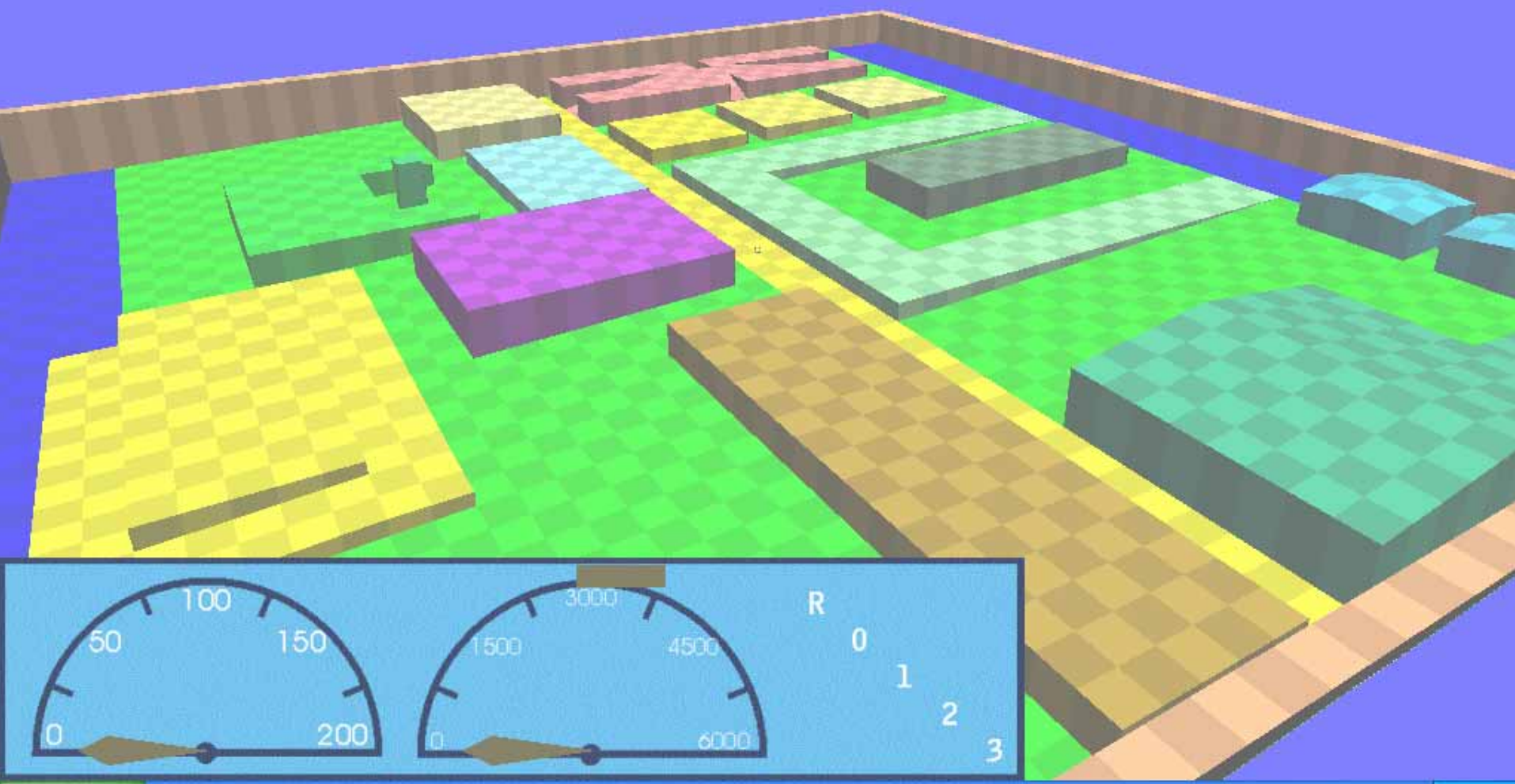


# Representación gráfica

## ■ OpenGL y Direct3D









# El entorno OpenGL

- Representación sencilla del prototipo
- Representación entorno de pruebas
- Creación de un generador de entornos
  - Genera el suelo que lee la librería de cálculo
  - Proporciona la representación del entorno gráfico
- Representación y cálculo obtienen el suelo del mismo fichero

Patron - Bloc de notas

Archivo Edición Formato Ver Ayuda

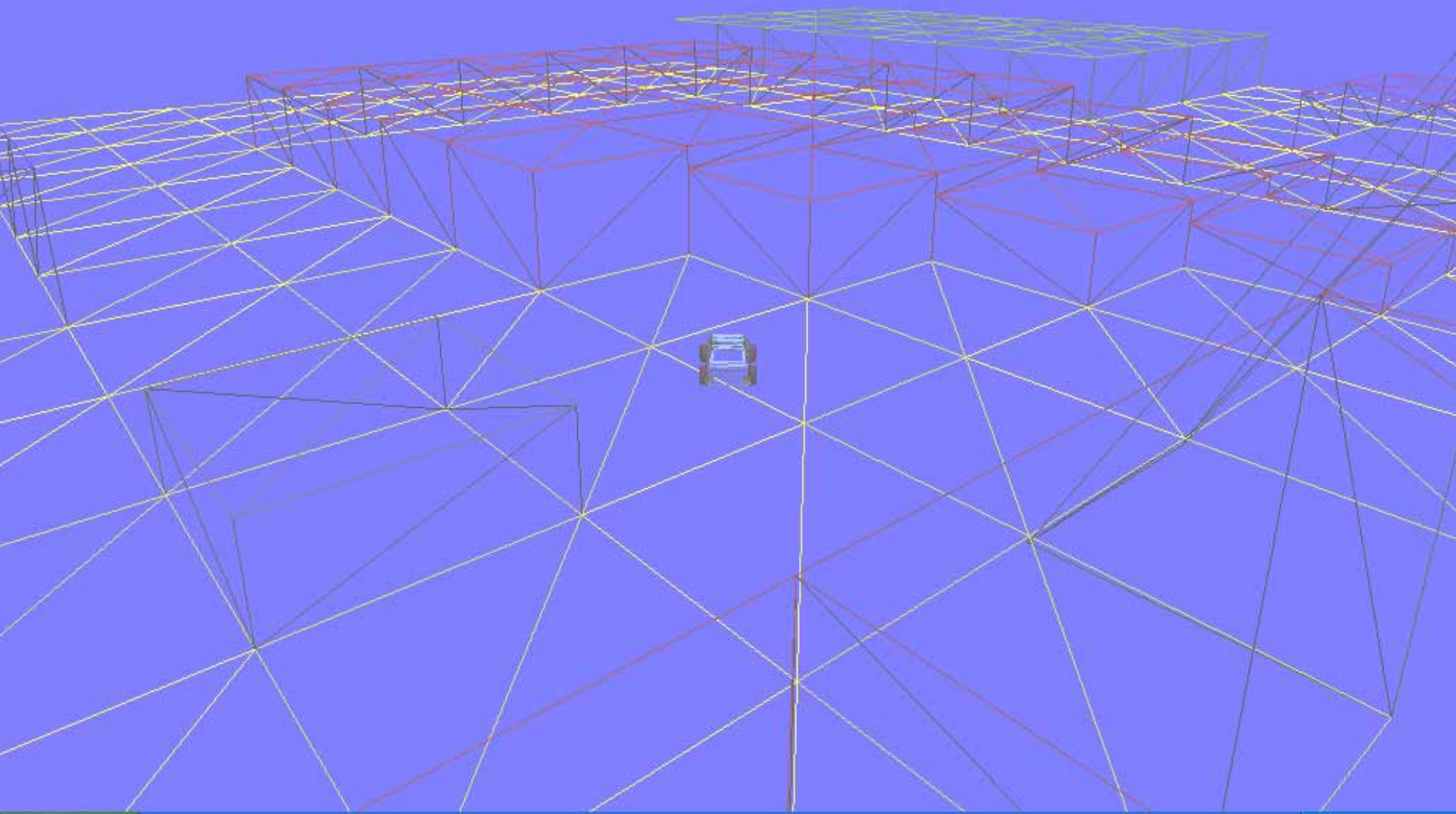
VillaAnniba.lot

X1	Y1	Z1	X2	Y2	Z2	X3	Y3	Z3	R	G	B
-199	159.9	5	199	159	5	0	8.0001	0	0	1	0
-199	-159.9	-5	199	-159.99	-5	0	-8.0001	0	0	1	0
-199	199.9	5	199	199.9	5	0	160.01	5	0	0	1
-199	-199.9	-5	199	-199.9	-5	0	-160.01	-5	0	0	1
-183.9	-8.01	10	-183.9	-55.9	10	-135.9	-55.9	10	1	1	0.5
-119.9	-8.01	4	-48.1	-8.01	4	-48.1	-47.99	4	0.5	1	1
-31.9	-23.9	10	23.9	-23.9	10	23.9	-87.9	10	0.7	0.1	0.9
-119.9	-64.01	6	-104.1	-64.01	6	-104.01	-91.9	6	0	1	0.1
-61.9	-64.01	6	-48.1	-64.01	6	-48.01	-91.9	6	0	1	0.1
-119.9	-92.1	6	-48.1	-92.1	6	-48.1	-127.9	6	0	1	0.1
-81	-79	15	-81	-79.2	15	-81.2	-79	15	0	1	0.4
-31.9	-104.1	3	63.9	-104.1	0	63.9	-119.9	0	1	1	0
64	-105	0	79.9	-105	0	79.9	-119	0	1	1	0
64	-120.1	0	79.9	-120.1	0	79.9	-159.9	-2	1	1	0
64	-160.1	-2	79.9	-160.1	-2	79.9	-175.9	-2	1	1	0
-32	-160.1	-5	63.9	-160.1	-2	63.9	-175.9	-2	1	1	0
-32	-120.1	3	63.9	-120.1	3	63.9	-159.9	3	1	1	0
-183.9	8.1	10	-136.1	8.1	10	-136.1	143.9	10	1	0.5	0.5
-183.9	79.9	2.5	-168.1	79.9	10	-168.1	72.1	10	1	0.5	0.5
-151.9	79.9	10	-151.9	72.1	10	-136.1	72.1	2.5	1	0.5	0.5
-167.9	143.9	4.47	-167.9	88.1	10	-152.1	88.1	10	1	0.5	0.5
-167.9	55.9	10	-152.1	8.1	0	-167.9	8.1	0	1	0.5	0.5
-63.9	8.1	5	-40.1	159.9	5	-40.1	8.1	5	0.5	1	0.6
63.9	8.1	5	40.1	159.9	5	40.1	8.1	5	0.5	1	0.6
-39.9	8.1	5	39.9	8.1	5	39.9	31.9	5	0.5	1	0.6
-15.9	56.1	12	15.9	56.1	12	15.9	143.9	12	0.3	0.5	0.36
-119.9	143.9	8	-80.1	143.9	8	-80.1	104.1	8	1	1	0.4
-119.9	95.9	7	-80.1	95.9	7	-80.1	56.1	7	1	1	0.2
-119.9	47.9	6	-80.1	47.9	6	-80.1	8.1	6	1	1	0
120.1	144.1	15	120.1	159.9	17	135.9	159.9	19	0.125	0.784	0.902
136.1	144.1	17	136.1	159.9	19	151.9	159.9	17	0.125	0.784	0.902
120.1	160.1	17	120.1	175.9	15	135.9	175.9	17	0.125	0.784	0.902
136.1	160.1	19	136.1	175.9	17	151.9	175.9	15	0.125	0.784	0.902
80.1	144.1	15	80.1	159.9	17	95.9	159.9	19	0.125	0.784	0.902
96.1	144.1	17	96.1	159.9	19	111.9	159.9	17	0.125	0.784	0.902

Urbanización - Bloc de notas

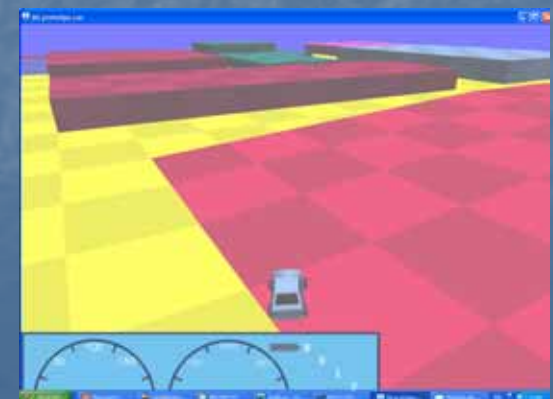
Archivo Edición Formato Ver Ayuda

X	Y	Z	Nx	Ny	NZ	R	G	B
-200.000000	-200.000000	-5.000000	0.000000	0.000000	1.000000	0.000000	0.000000	1.000000
-200.000000	-192.000000	-5.000000	0.000000	0.000000	1.000000	0.000000	0.000000	1.000000
-200.000000	-184.000000	-5.000000	0.000000	0.000000	1.000000	0.000000	0.000000	1.000000
-200.000000	-176.000000	-5.000000	0.000000	0.000000	1.000000	0.000000	0.000000	1.000000
-200.000000	-168.000000	-5.000000	0.000000	0.000000	1.000000	0.000000	0.000000	1.000000
-200.000000	-160.000000	-5.003298	-0.000007	-0.032889	0.999459	0.000000	0.000000	1.000000
-200.000000	-152.000000	-4.740045	-0.000007	-0.032889	0.999459	0.000000	0.000000	1.000000
-200.000000	-144.000000	-4.476792	-0.000007	-0.032889	0.999459	0.000000	0.000000	1.000000
-200.000000	-136.000000	-4.213538	-0.000007	-0.032889	0.999459	0.000000	0.000000	1.000000
-200.000000	-128.000000	-3.950285	-0.000007	-0.032889	0.999459	0.000000	0.000000	1.000000
-200.000000	-120.000000	-3.687032	-0.000007	-0.032889	0.999459	0.000000	0.000000	1.000000
-200.000000	-112.000000	-3.423778	-0.000007	-0.032889	0.999459	0.000000	0.000000	1.000000
-200.000000	-104.000000	-3.160525	-0.000007	-0.032889	0.999459	0.000000	0.000000	1.000000
-200.000000	-96.000000	-2.897272	-0.000007	-0.032889	0.999459	0.000000	0.000000	1.000000
-200.000000	-88.000000	-2.634018	-0.000007	-0.032889	0.999459	0.000000	0.000000	1.000000
-200.000000	-80.000000	-2.370765	-0.000007	-0.032889	0.999459	0.000000	0.000000	1.000000
-200.000000	-72.000000	-2.107512	-0.000007	-0.032889	0.999459	0.000000	0.000000	1.000000
-200.000000	-64.000000	-1.844258	-0.000007	-0.032889	0.999459	0.000000	0.000000	1.000000
-200.000000	-56.000000	-1.581005	-0.000007	-0.032889	0.999459	0.000000	0.000000	1.000000
-200.000000	-48.000000	-1.317752	-0.000007	-0.032889	0.999459	0.000000	0.000000	1.000000
-200.000000	-40.000000	-1.054498	-0.000007	-0.032889	0.999459	0.000000	0.000000	1.000000
-200.000000	-32.000000	-0.791245	-0.000007	-0.032889	0.999459	0.000000	0.000000	1.000000
-200.000000	-24.000000	-0.527992	-0.000007	-0.032889	0.999459	0.000000	0.000000	1.000000
-200.000000	-16.000000	-0.264738	-0.000007	-0.032889	0.999459	0.000000	0.000000	1.000000
-200.000000	-8.000000	0.000000	0.000000	0.000000	1.000000	1.000000	1.000000	0.000000
-200.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	1.000000	1.000000	1.000000	0.000000
-200.000000	8.000000	-0.014934	-0.000075	-0.032996	0.999455	0.000000	0.000000	1.000000
-200.000000	16.000000	0.249179	-0.000075	-0.032996	0.999455	0.000000	0.000000	1.000000
-200.000000	24.000000	0.513293	-0.000075	-0.032996	0.999455	0.000000	0.000000	1.000000
-200.000000	32.000000	0.777407	-0.000075	-0.032996	0.999455	0.000000	0.000000	1.000000
-200.000000	40.000000	1.041521	-0.000075	-0.032996	0.999455	0.000000	0.000000	1.000000
-200.000000	48.000000	1.305634	-0.000075	-0.032996	0.999455	0.000000	0.000000	1.000000
-200.000000	56.000000	1.569748	-0.000075	-0.032996	0.999455	0.000000	0.000000	1.000000
-200.000000	64.000000	1.833862	-0.000075	-0.032996	0.999455	0.000000	0.000000	1.000000
-200.000000	72.000000	2.097976	-0.000075	-0.032996	0.999455	0.000000	0.000000	1.000000
-200.000000	80.000000	2.362089	-0.000075	-0.032996	0.999455	0.000000	0.000000	1.000000
-200.000000	88.000000	2.626203	-0.000075	-0.032996	0.999455	0.000000	0.000000	1.000000
-200.000000	96.000000	2.890317	-0.000075	-0.032996	0.999455	0.000000	0.000000	1.000000
-200.000000	104.000000	3.154431	-0.000075	-0.032996	0.999455	0.000000	0.000000	1.000000



# Representación gráfica

- Posición de las cámaras
- Tiempo real / tiempo de proceso
  - Fotogramas por segundo



# Interacción usuario/simulador

- Teclado
- DirectInput
- Volante y pedales



# Esquema del programa



# Conclusiones

- Desarrollo de una simulación en tiempo real
- Desarrollo del software de entornos
- Programación modular: Flexibilidad
- Comunicación eficaz Fortran-C++
- Interacción realista usuario-programa