

# Software para simulación de dumpers de obra de la empresa JRilo

Autor: Alejandro Yáñez Cagiao

Tutores: Daniel Dopico Dopico,  
Alberto Luaces Fernández

Número de proyecto: 2223\_GEM\_6



# Descripción del proyecto

- Simulador interactivo en tiempo real.
- Solicitado por parte de la empresa JRilo.
- Destinado a la formación de operarios.
- Permite replicar situaciones cotidianas y extremas en un entorno seguro.

# Características del dumper simulado

- Asiento del operador giratorio.
- Articulación en el centro del vehículo.
- Dirección controlada por una botella hidráulica.
- No cuenta con suspensión.
- Múltiples modos de velocidad.



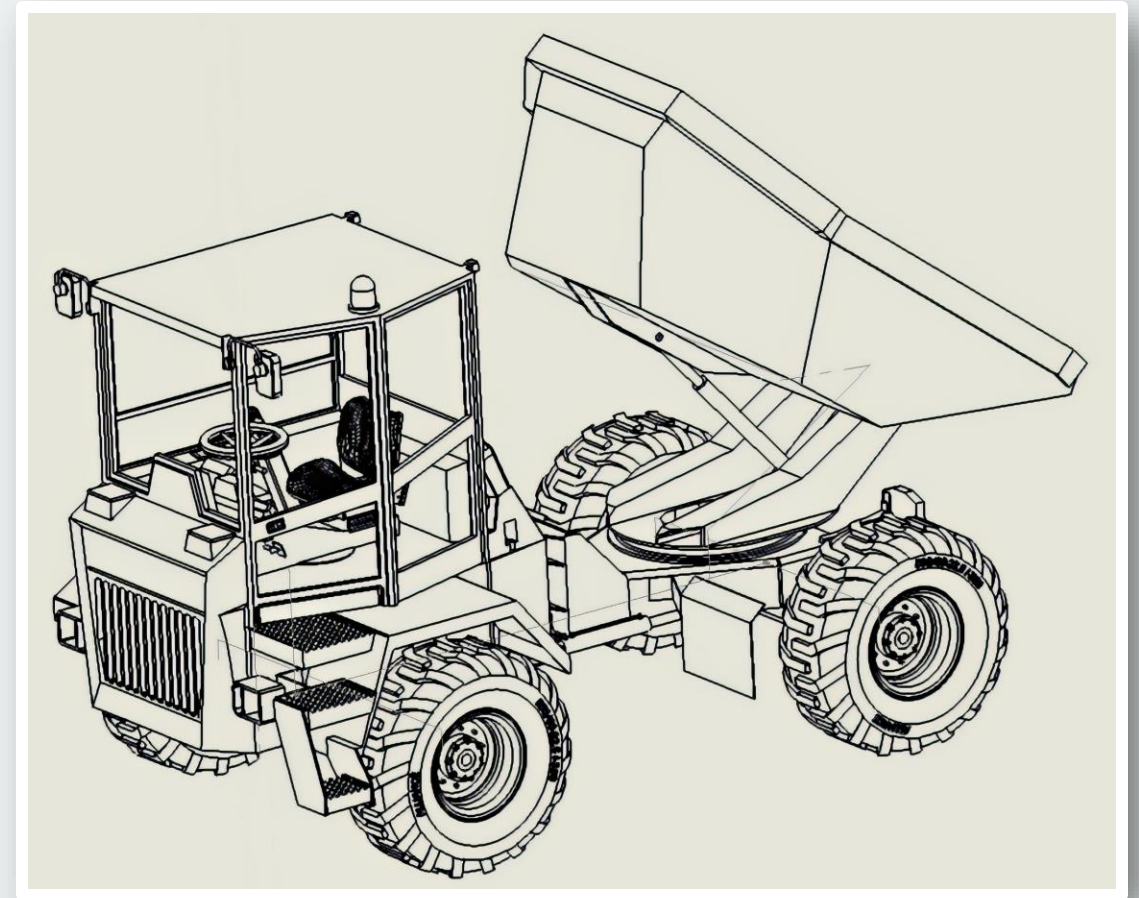
# Comparación con simuladores actuales

- Único simulador que cuenta con el modelo de dumper solicitado.
- El vehículo cuenta con todas las funcionalidades encontradas en su contraparte real.
- Permite la simulación de situaciones peligrosas específicas para este dumper.



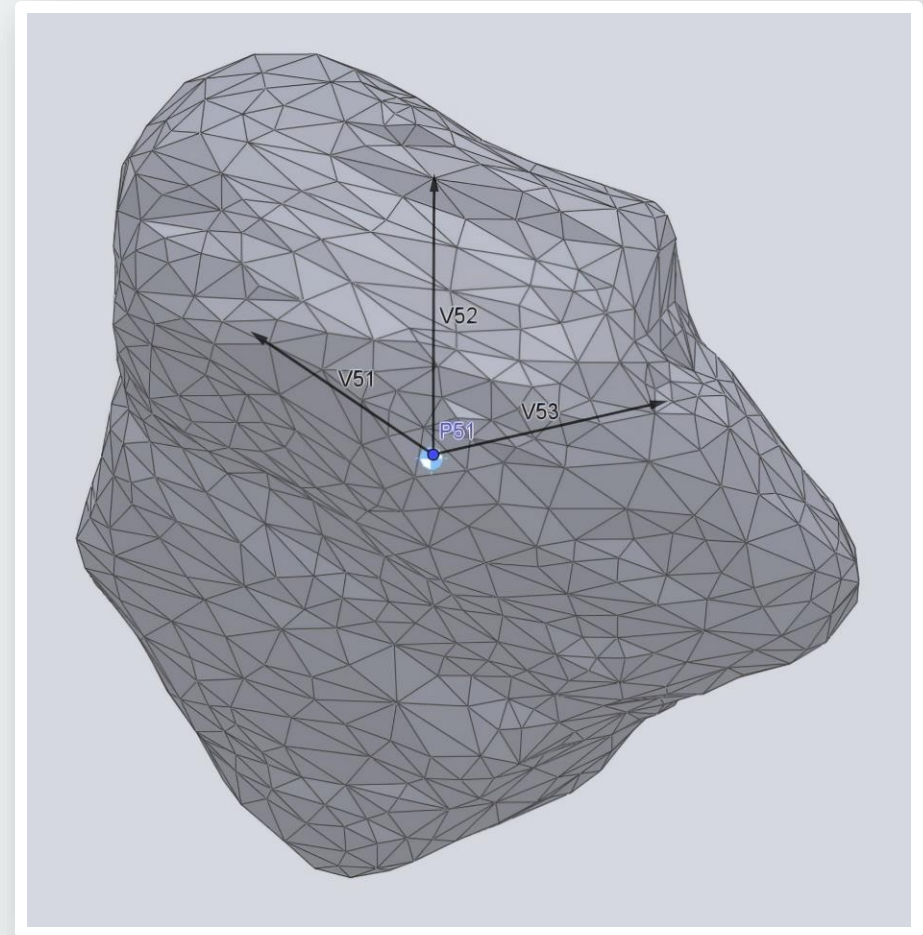
# Creación de los modelos CAD

- Se utilizaron diagramas del manual de la máquina para modelizar con exactitud las piezas.
- Se desarrollaron modelos simplificados para comprobar la factibilidad del movimiento.
- Modelos CAD de terceros para componentes específicos.



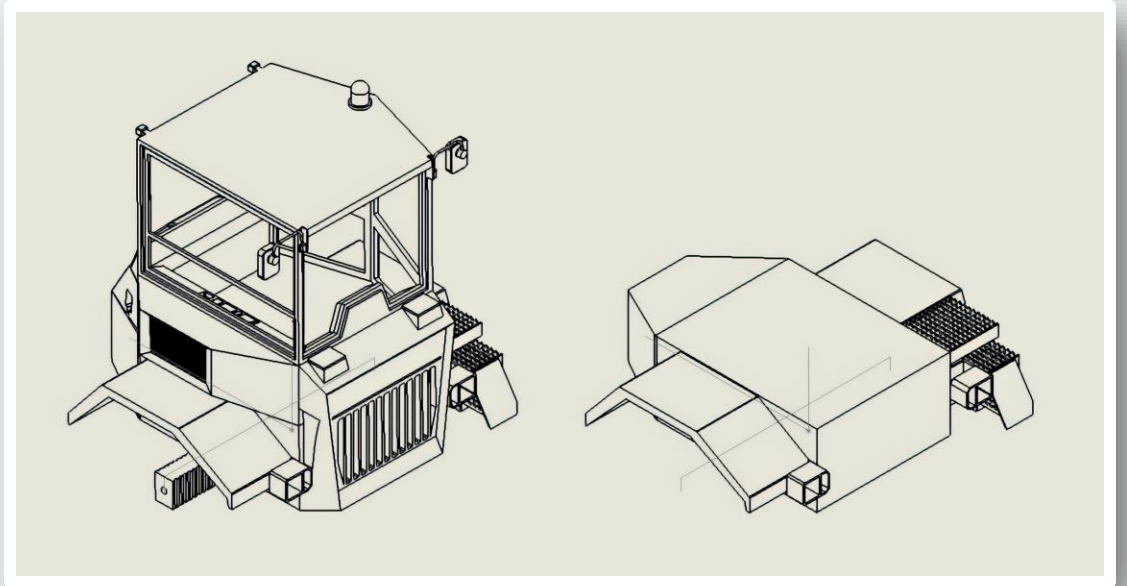
# Descripción del modelo de carga

- Roca de granito de gran tamaño.
- Masa dentro de las capacidades de carga máxima de la máquina.
- Cuenta con libertad total de movimiento.



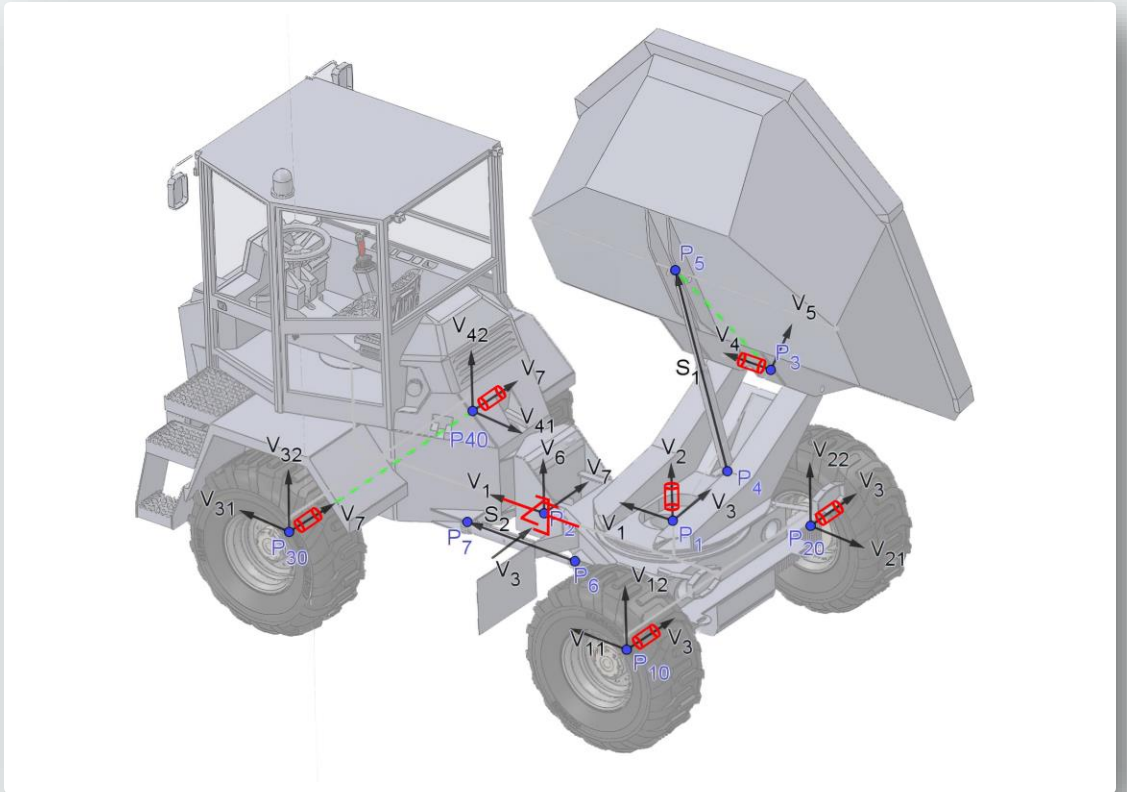
# Modelización del sistema multicuerpo

- Programado en Fortran empleando la biblioteca MBSLIM.
- Es necesario conocer las propiedades de distribución de masas de los sólidos.
- Imprescindible definir los pares cinemáticos del sistema.



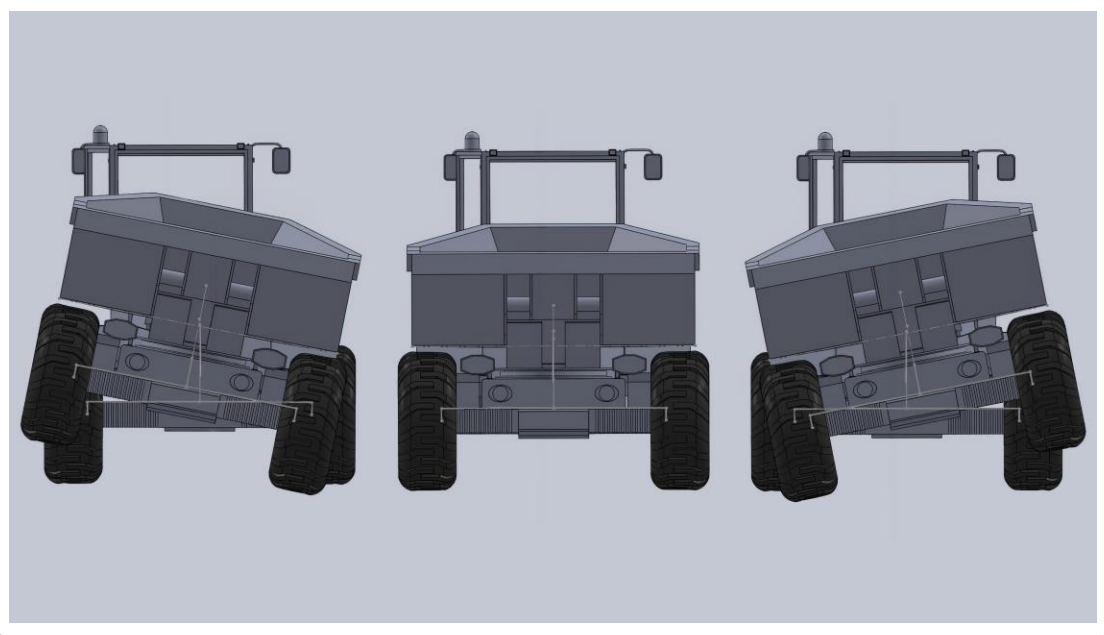
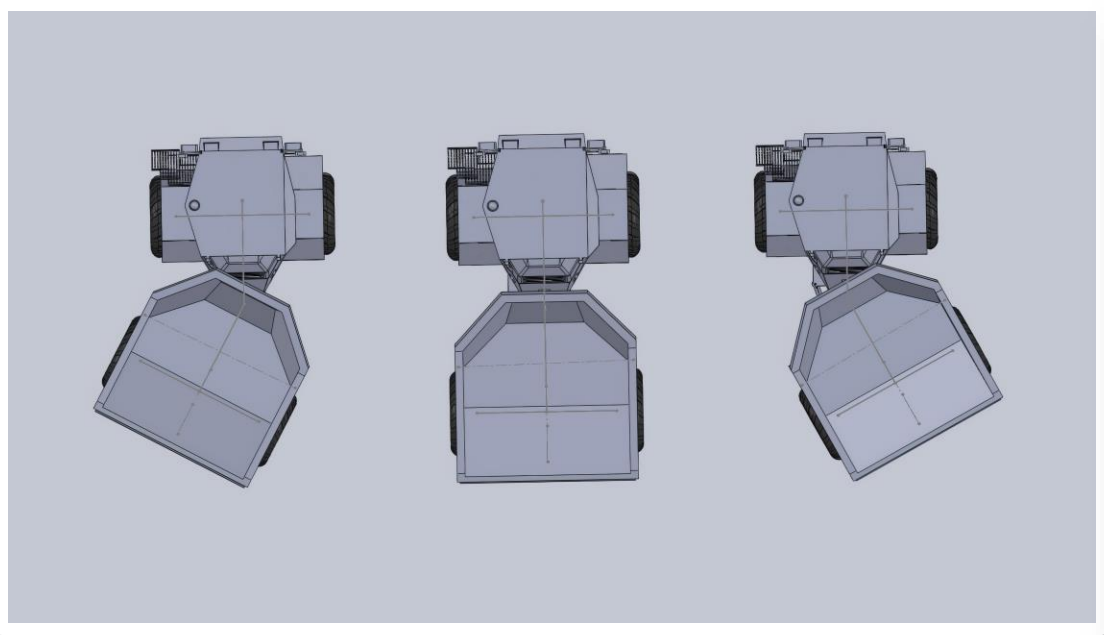
# Pares cinemáticos del sistema

- Se han definido pares cinemáticos para permitir la gama de movimientos de la máquina.
- Articulación central como junta cardan.
- El resto de articulaciones como pares de revolución.





# Articulación con junta cardan

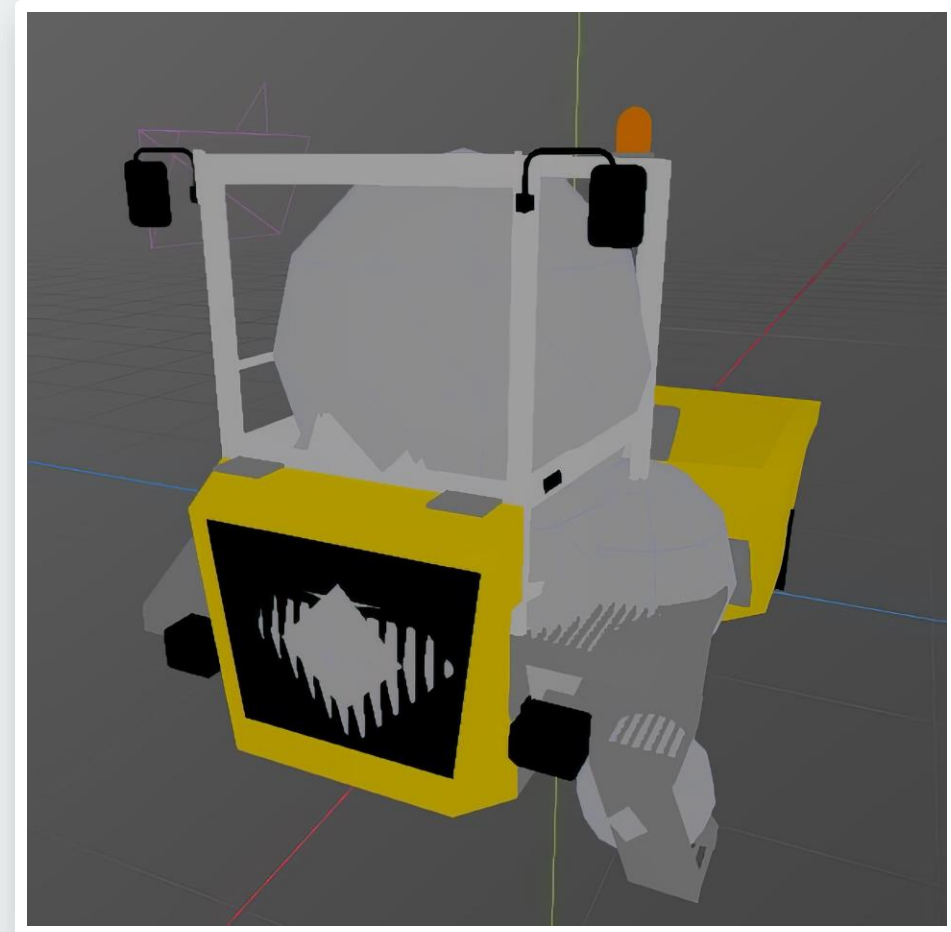


# Modelos de fuerza empleados

- Fuerzas gravitatorias.
- Fuerzas tope.
- Fuerzas de contacto y fricción.
- Fuerzas tangenciales de neumático.
- Fuerzas del motor.
- Fuerzas de freno.
- Fuerzas de los actuadores.

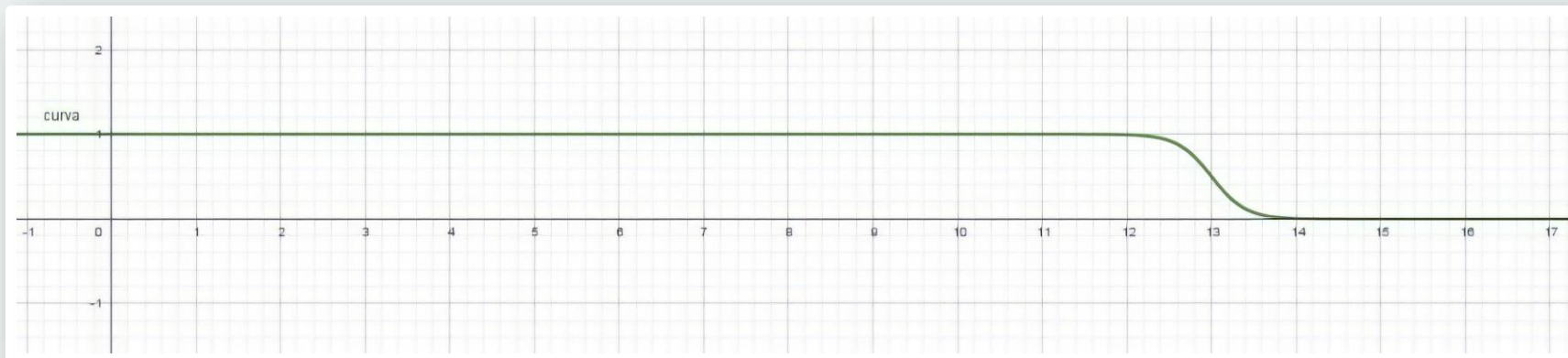
# Simulación de los contactos de la máquina

- Diversos modelos de fuerzas normales y de fricción en cada contacto.
- Contactos de tipo esfera-malla.
- Empleados en los neumáticos, en la unidad de accionamiento, en el volquete y en el modelo de carga.



# Funcionamiento del motor

- Cada una de las cuatro ruedas dispone de una actuación independiente.
- La actuación del acelerador es directamente proporcional a la lectura recibida desde los mandos.
- La máquina cuenta con dos modos de velocidad, cada uno de ellos con unas velocidades máximas. Se emplea una curva para limitar la actuación.

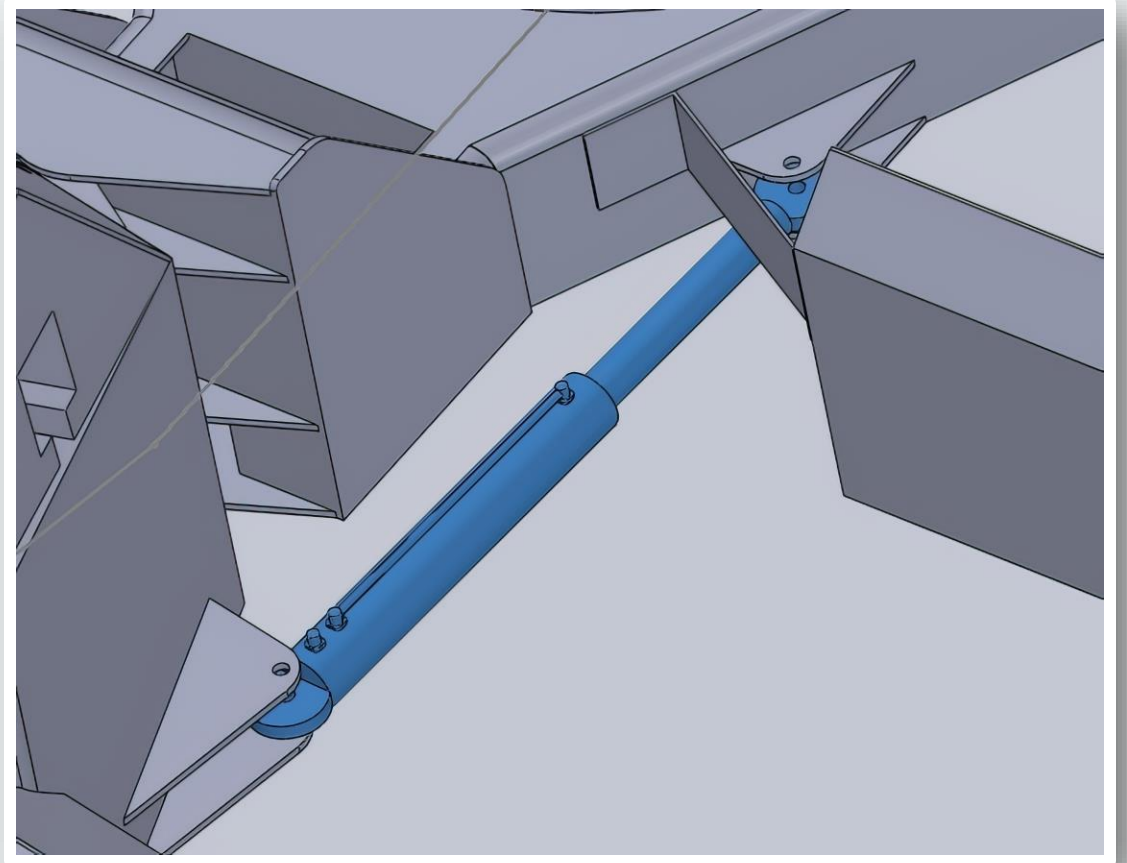


# Funcionamiento de los frenos

- El sistema de frenado se aplica exclusivamente a las ruedas delanteras.
- El par opuesto al movimiento del sistema de frenado se pondera por la señal recibida por el pedal de freno.
- Se consideran dos fases en su funcionamiento, en función de que la rueda se encuentre en movimiento o esté prácticamente detenida.

# Funcionamiento de la dirección y volquete

- La dirección está controlada por un cilindro hidráulico.
- El volquete está controlado por dos botellas, una para la rotación y otra para la elevación.
- Estas actuaciones están modeladas por un sistema que permite limitar la aceleración, velocidad y posiciones extremas.



# Algoritmo de control de los cilindros hidráulicos

- Su objetivo es simular la capacidad del motor real.
- En este algoritmo se tienen en consideración distintas situaciones.

Actuación nula:  $a^i = -k_{freno}^i v_{t-1}^i$

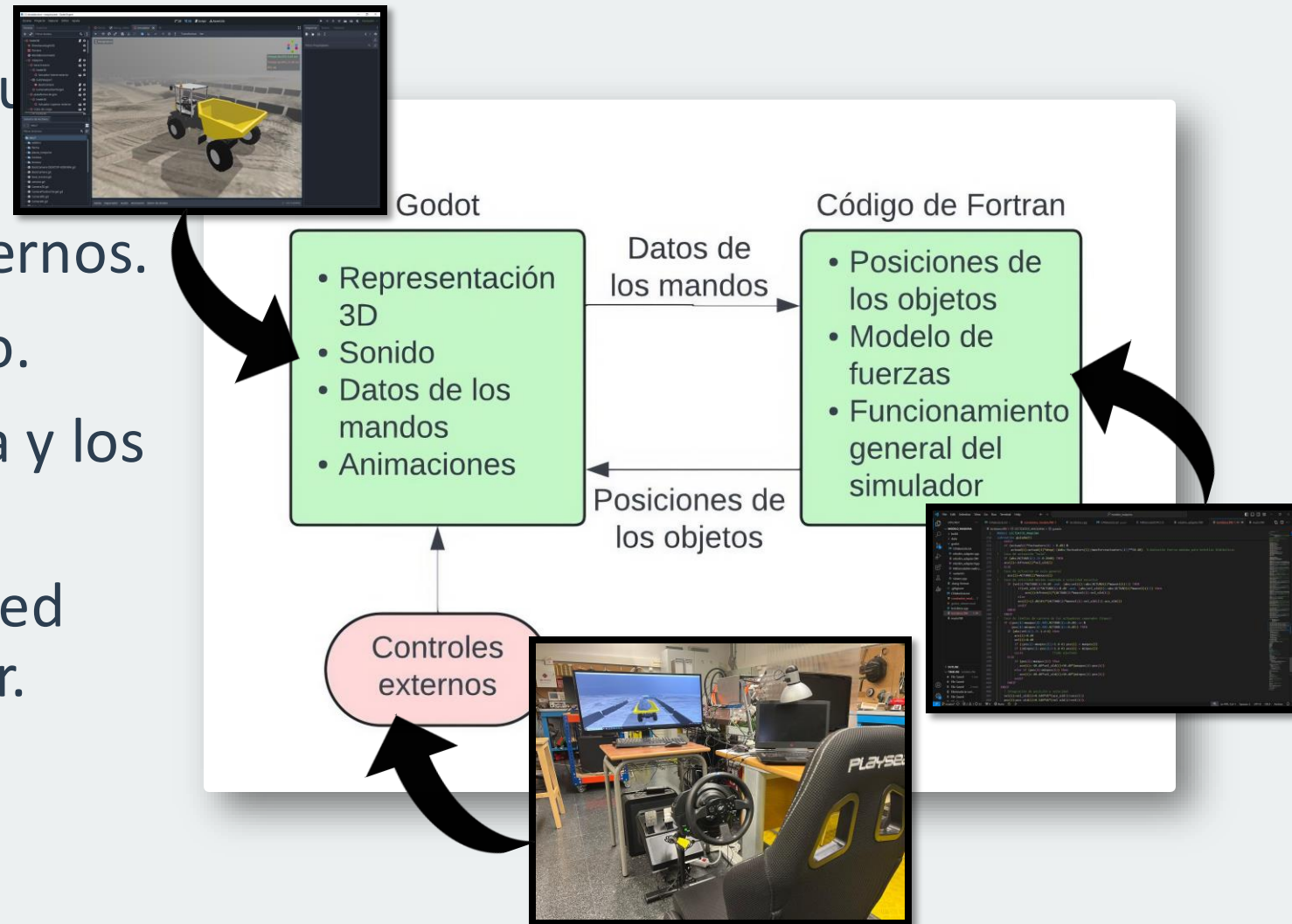
Actuación no nula:  $a^i = k_{act}^i a_{max}$

Velocidad máxima superada:  $a^i = k_{freno}^i (k_{act}^i v_{max} - v_{t-1}^i)$

Posición extrema superada:  $a^i = 0, \quad v^i = 0, \quad S = S_{max}$

# Salida gráfica del simulador

- Representación 3D del simulador en Godot.
- Lectura de los mandos externos.
- Implementación del sonido.
- Configuración de la cámara y los controles.
- Intercambio de datos por red con el código del simulador.





# Descripción del circuito de pruebas

- Dividido en varias secciones para poner a prueba la habilidad del operario en distintos ámbitos.
- Incluye todas las situaciones peligrosas descritas en el manual del dumper.



# Vídeo de funcionamiento del simulador



# Software para simulación de dumpers de obra de la empresa JRilo

Autor: Alejandro Yáñez Cagiao

Tutores: Daniel Dopico Dopico,  
Alberto Luaces Fernández

Número de proyecto: 2223\_GEM\_6

