

Plataforma de simulación física de resistencia al avance para motores de vehículos eléctricos

- ORADOR: JOSE MAXIMILIANO SOTELO.
- DEPARTAMENTO DE ELECTROTECNIA FACULTAD DE INGENIERÍA, UNIVERSIDAD DE BUENOS AIRES. AREA DE MAQUINAS ELÉCTRICAS.

Introducción:

- ▶ La Movilidad Eléctrica irá ganando espacio por su elevada eficiencia y sustentabilidad ambiental.
- ▶ Necesidad de evaluación de comportamiento dinámico y energético de los sistemas motrices.
- ▶ Es factible disponer un sistema de simulación física de la resistencia al avance del móvil en régimen estacionario y dinámico.

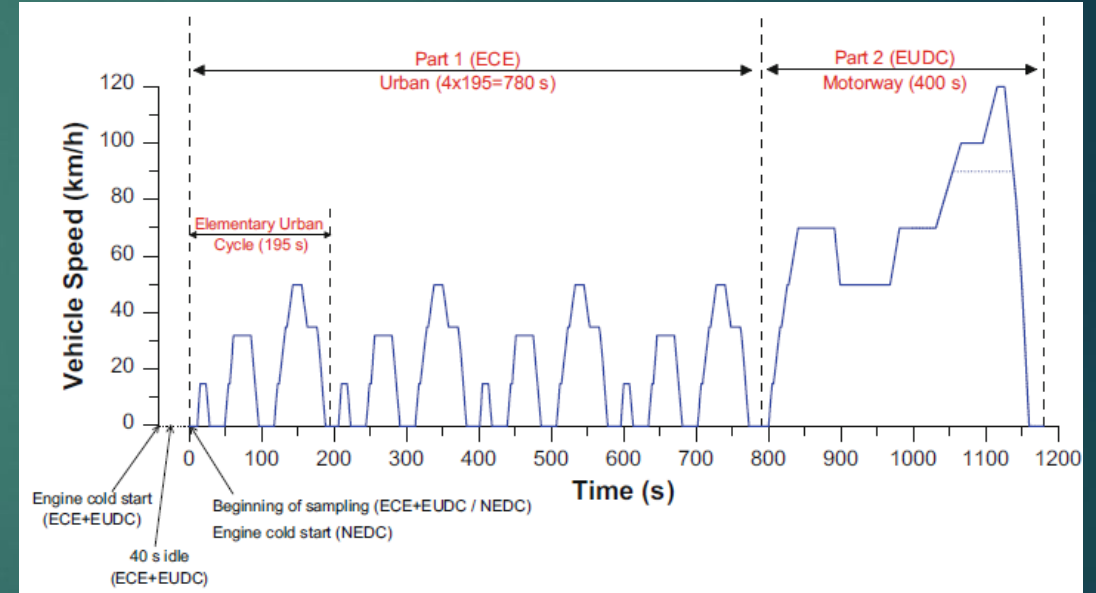
Introducción:

- ▶ El sistema debe permitir simular la cupla resistente función de la velocidad y la cupla acelerante.
- ▶ La máquina debe admitir operar en un rango amplio de cupla y velocidad. Se utiliza un Motor Sincrónico de Imanes Permantentes Interiores.
- ▶ El convertidor debe controlar cupla y admitir la variación externa de su valor de consigna. Se aplica un convertidor por control vectorial.
- ▶ Conformación de una plataforma de pruebas con dichas características.

Introducción:

Hay normas internacionales que establecen ciclos de trabajo para verificación de eficiencia y autonomía, por ejemplo:

- ▶ Perfil FTP-72 (SAE J1634)
- ▶ Perfil europeo



Resistencia al avance

- ▶ Resistencia aerodinámica.
- ▶ Resistencia al ascenso (pendiente)
- ▶ Resistencia por rodadura.
- ▶ Cupla resistente referida a motor

$$F_a = \frac{1}{2} \cdot \rho \cdot A_f \cdot C_D \cdot V^2$$

$$F_p = M \cdot g \cdot \text{sen} \alpha \approx M \cdot g \cdot p$$

$$F_r = \frac{M \cdot g \cdot a}{r_{din}} = f_r \cdot M \cdot g$$

$$C_r = \frac{(F_r + F_a + F_p) \cdot r_{din}}{i_c \cdot \eta}$$

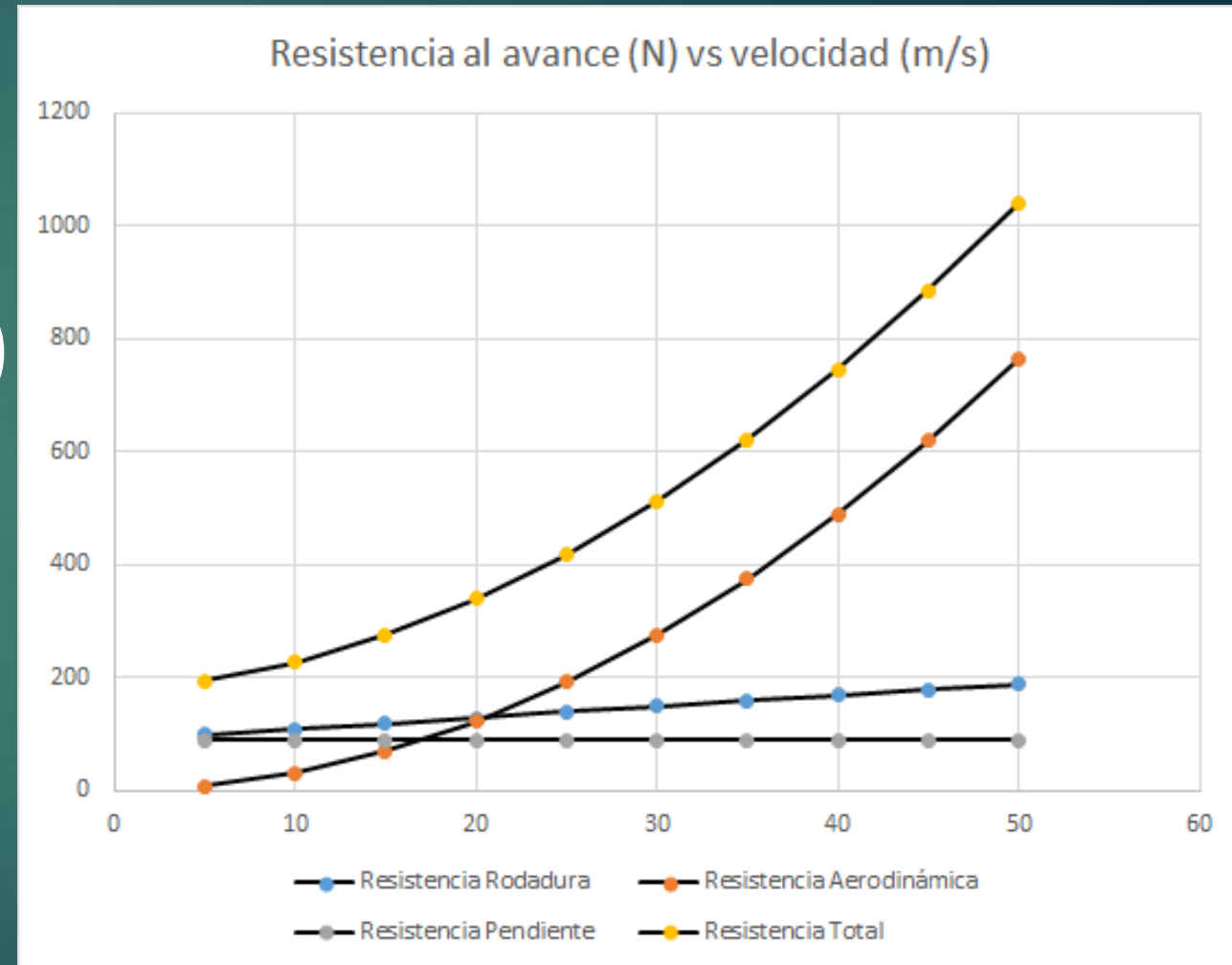
i_c : relación de cadena cinemática

r_{din} : radio dinamico neumático

Resistencia al avance estacionaria total

- ▶ Resistencia por rodadura.
- ▶ Resistencia aerodinámica.
- ▶ Resistencia al ascenso (pendiente)

Ejemplo auto de 900 kg



Resistencia al avance estacionaria total

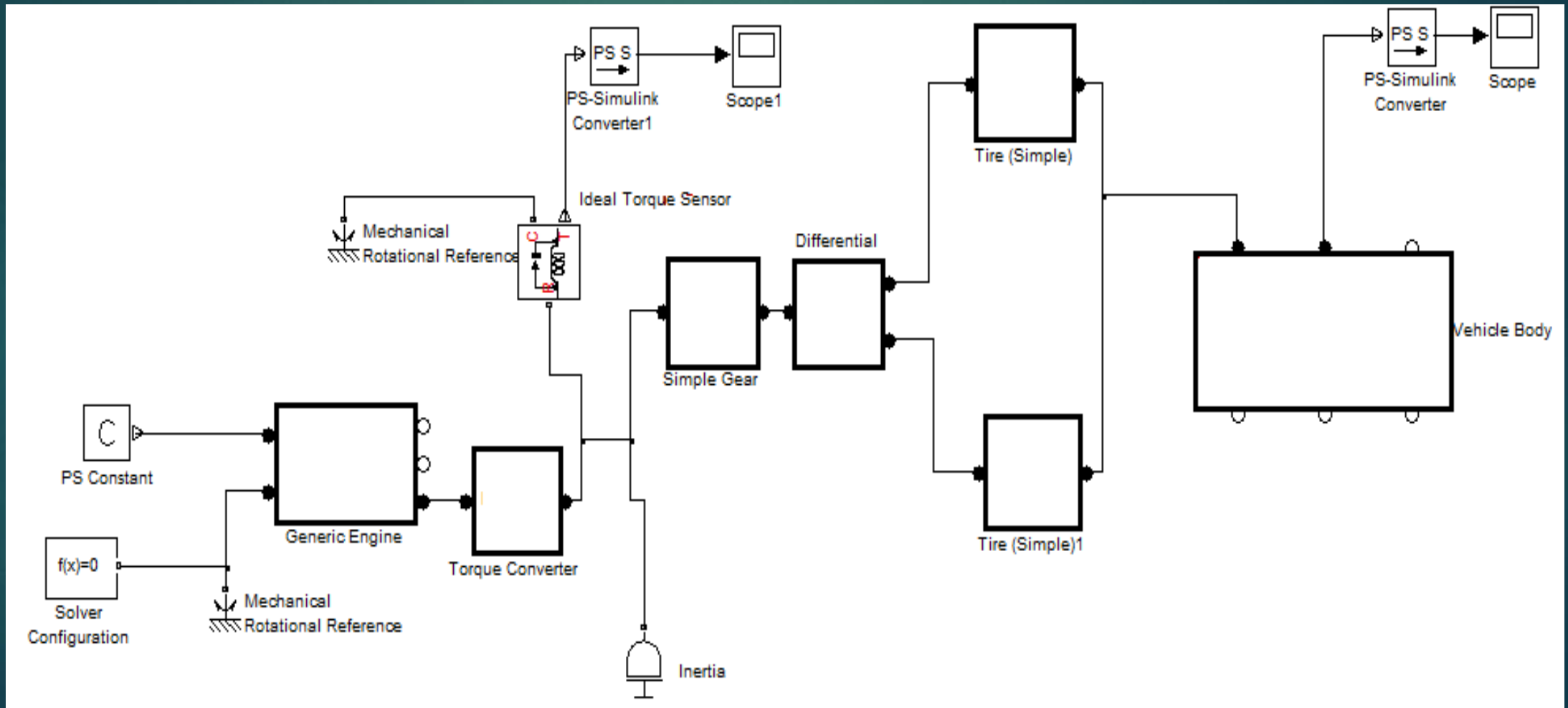
- ▶ Cupla acelerante total

$$C_a = \left(\frac{M \cdot r_{\text{din}}^2}{i_c^2} + \frac{J_r}{i_g^2} + J_m \right) \cdot \frac{d\Omega}{dt} = J_{\text{eq}} \cdot \frac{d\Omega}{dt}$$

- ▶ Inercial
- ▶ Derivada según el tiempo de la vel.

Modelo en Simulink

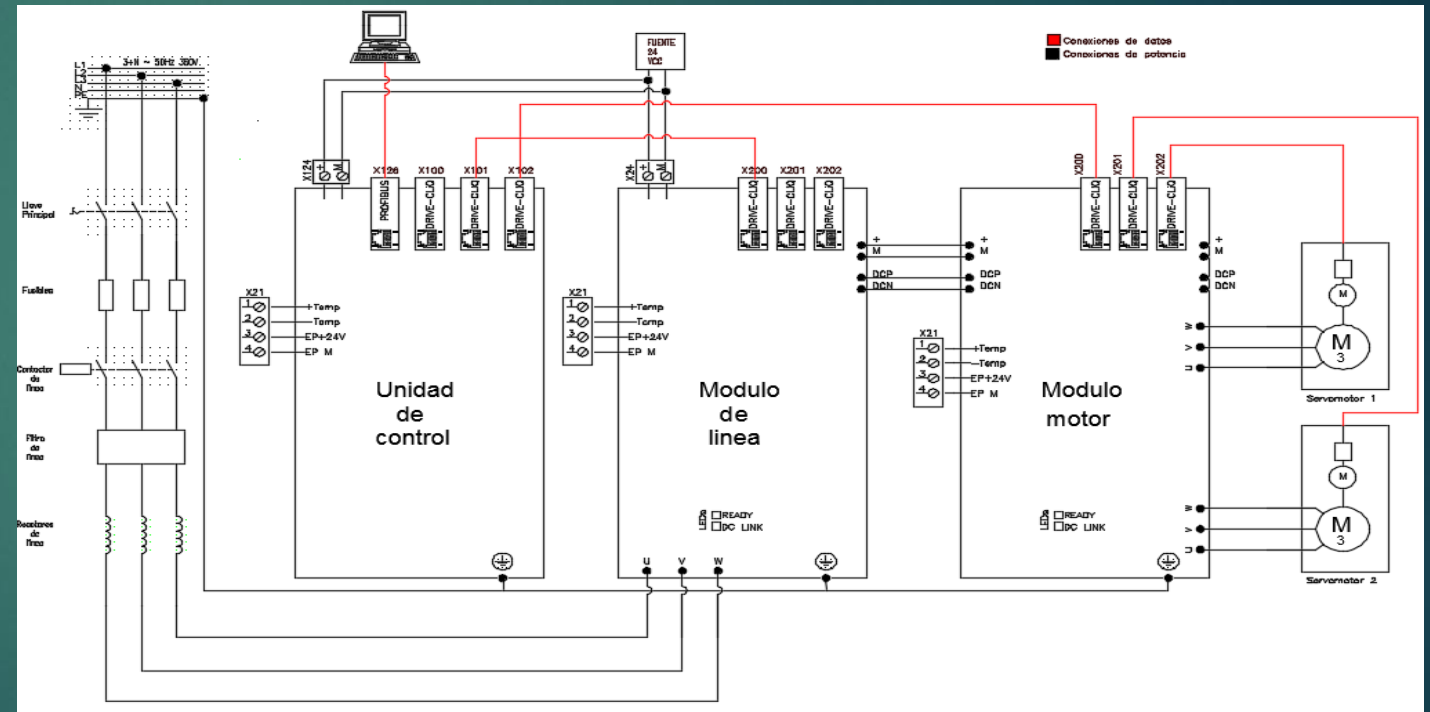
- ▶ Se desarrolló modelo para determinar características par-velocidad.



Configuración del banco

Componentes utilizados

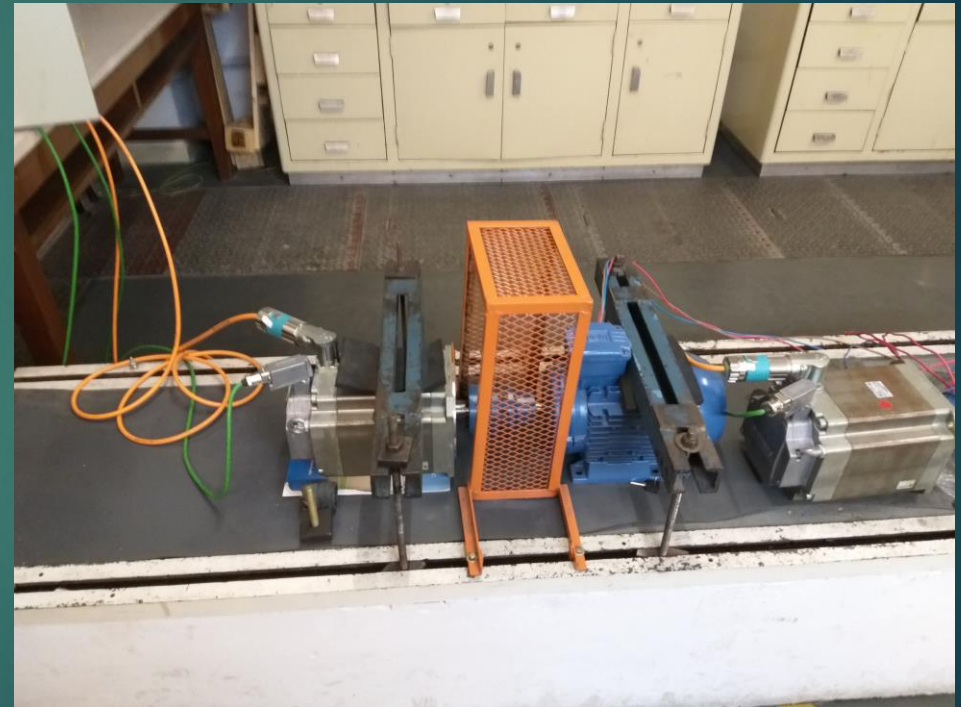
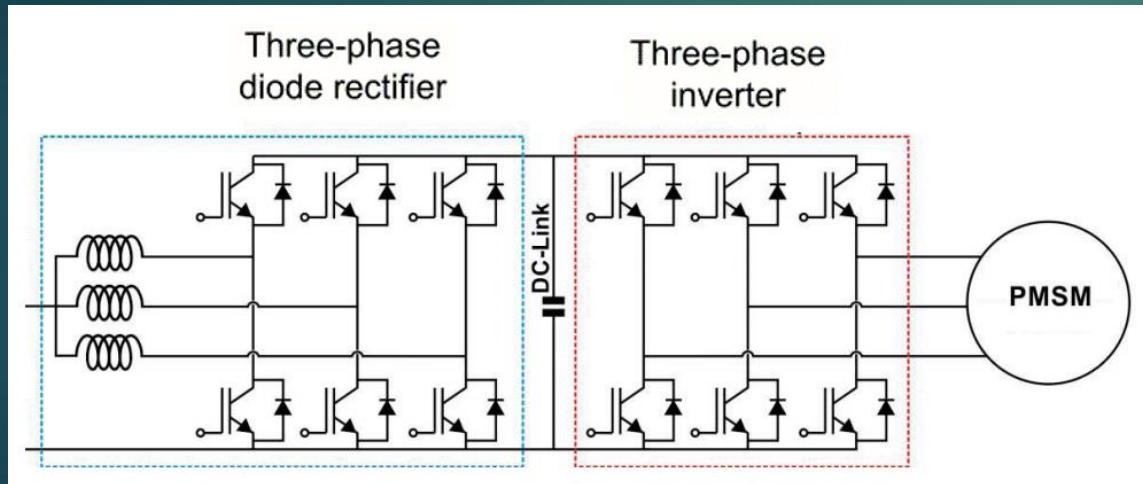
- ▶ 1. Unidad de control Simotion D425
- ▶ 2. Modulo de línea
- ▶ 3. Modulo motor doble
- ▶ 4. Motores Síncrónicos de Imanes Permanentes
- ▶ 5. Computadora con puerto Ethernet



Configuración del banco

Electrónica de potencia

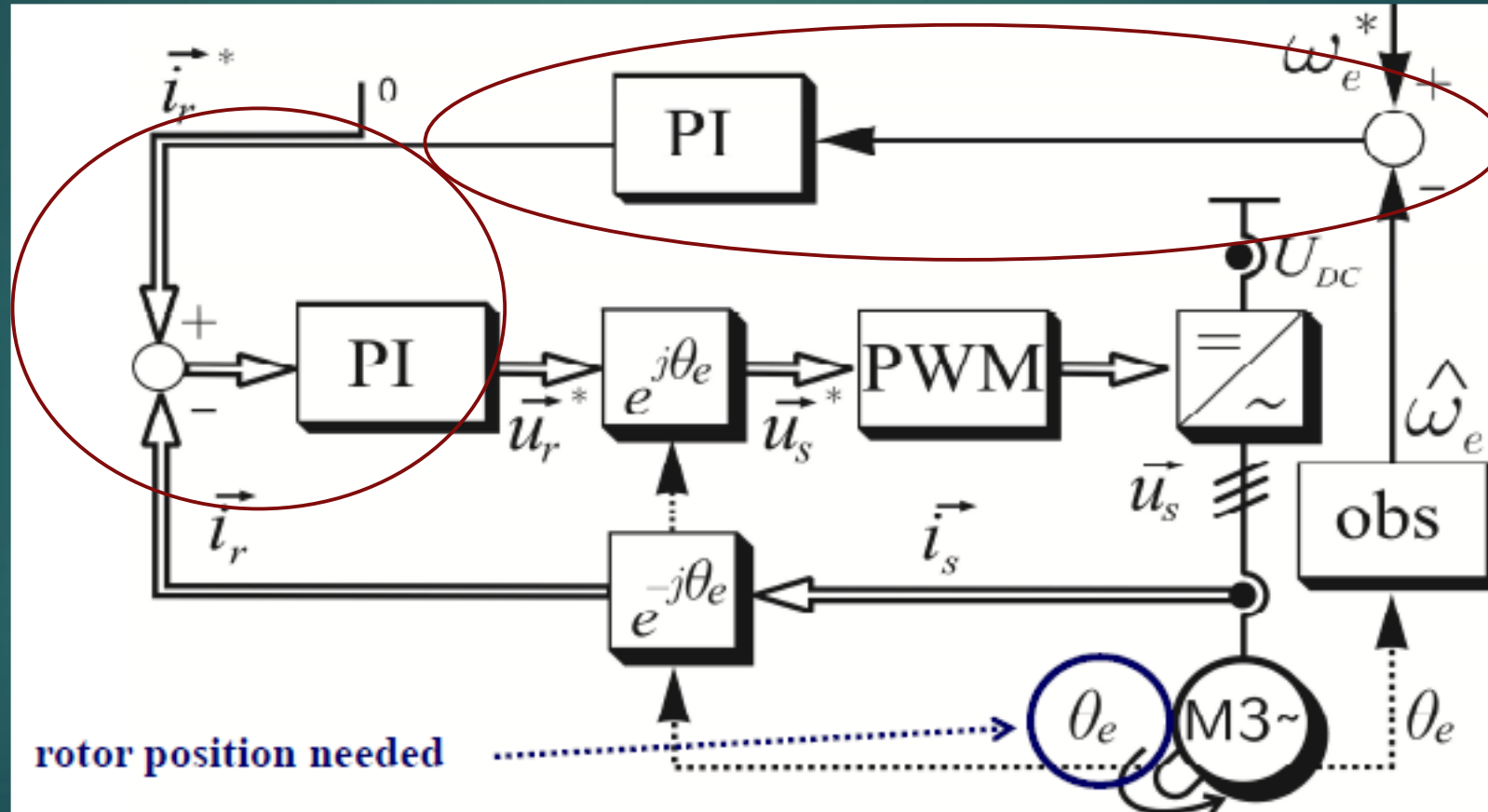
Banco operacional



Configuración del banco

- ▶ Esquema básico de control de PMSM con sensor de posición.

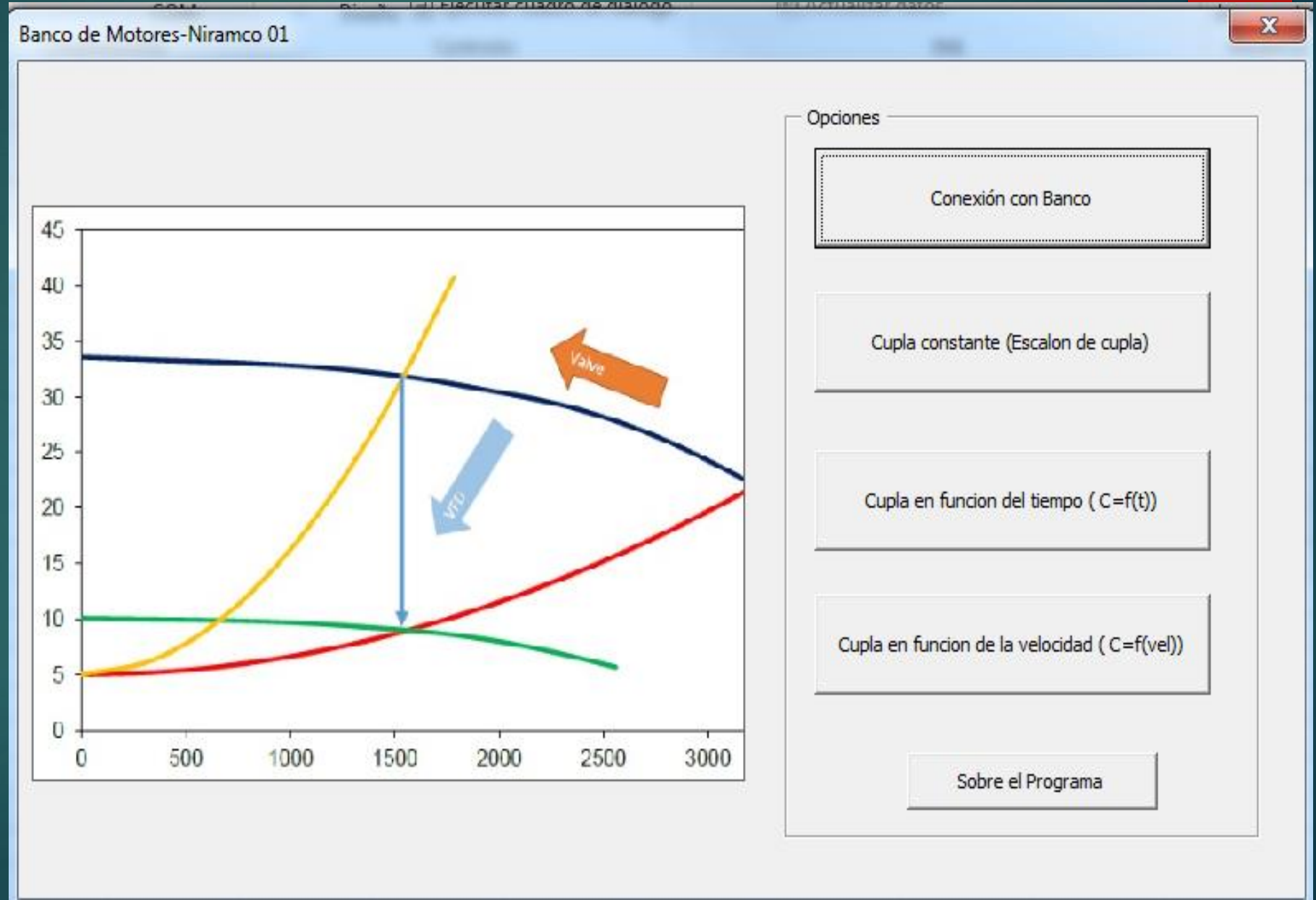
Lazo de control de
cupla



Lazo de
control de
velocidad

Interfaz de

- ▶ Interfaz hombre-máquina (PC vinculada).



Interfaz de

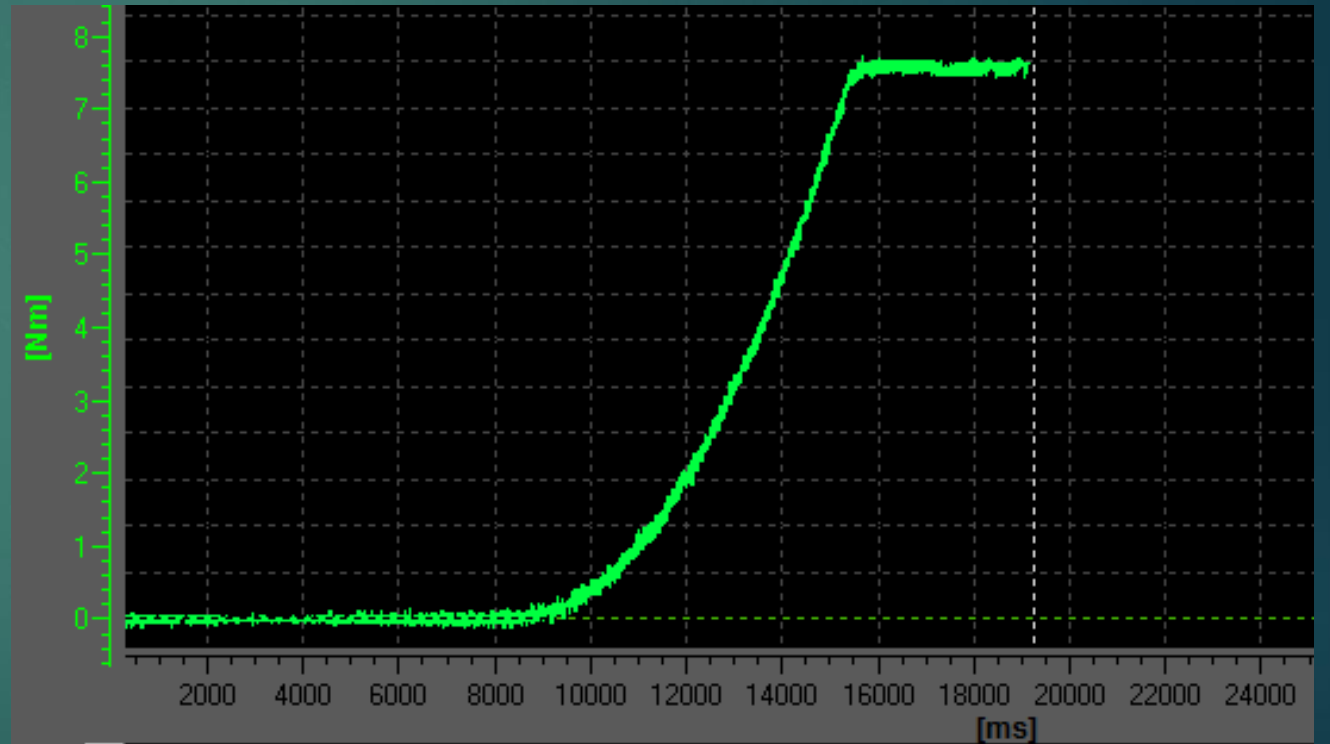
- ▶ Ecuación simulada.

$$C_{\text{freno}} = C_r(\Omega) + J_{\text{eq}} \cdot \frac{d\Omega}{dt}$$

Programa establece para cada valor de velocidad:

Cupla resistente estacionaria: con valor último de velocidad.

Cupla resistente dinámica: con valores último y dos previos se calcula derivada aproximada:



Conclusiones

- ▶ El sistema desarrollado permite efectuar pruebas sobre una planta motriz y su sistema de acumulación, evaluando comportamiento dinámico y consumo energético.
- ▶ La disponibilidad de bancos de estas características permitirá efectuar pruebas de operación de la planta motriz de un vehículo eléctrico en diversos escenarios, incluyendo los ciclos estándar establecidos por diversas normas internacionales.
- ▶ Si bien el banco disponible es para sistemas de vehículos ligeros, su implementación puede ser escalada a sistemas de mayor porte.

Gracias por su atención