

Universidad Nacional de San Luis  
Facultad de Ciencias Físico, Matemáticas y Naturales  
Departamento de Electrónica



Trabajo Final de Carrera

Ingeniería Electrónica con Orientación en Sistemas Digitales

# Desarrollo e implementación de una plataforma didáctica para sistemas basados en el control de posición de un carro

Autor: **Isidori, Armando Héctor**

Director: **Mg. Falco, Cristian Ariel**

# Guía de Presentación

Introducción

Diseño y  
simulación

Implementación

Resultados

Conclusión

- Descripción del problema.
- Diagrama en bloques del sistema de posicionamiento.
- Objetivos Generales y Específicos.

- Modelo del carro.
- Respuesta a lazo cerrado.
- Diseño del controlador.
- Simulación del sistema compensado

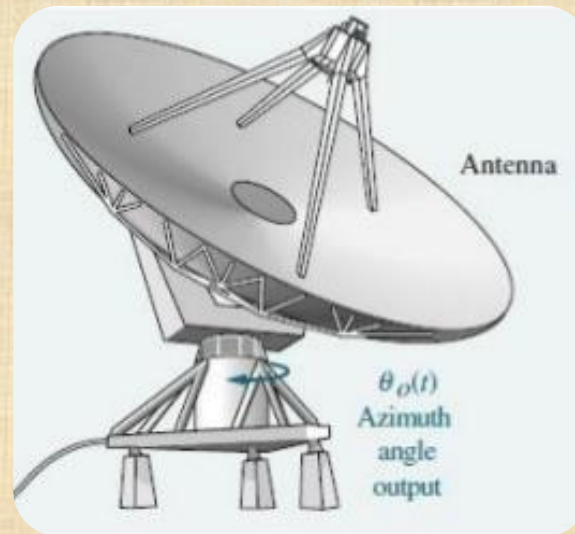
- Desarrollo de la plataforma: Software y Hardware.

- Funcionamiento de la plataforma.

- Conclusiones y Trabajo Futuro.

# Descripción del problema

El control de posición es un problema clásico de la ingeniería, debido a su amplio campo de aplicación.



# Descripción del problema

Una plataforma didáctica permite a los estudiantes tomar contacto con temáticas de la realidad.

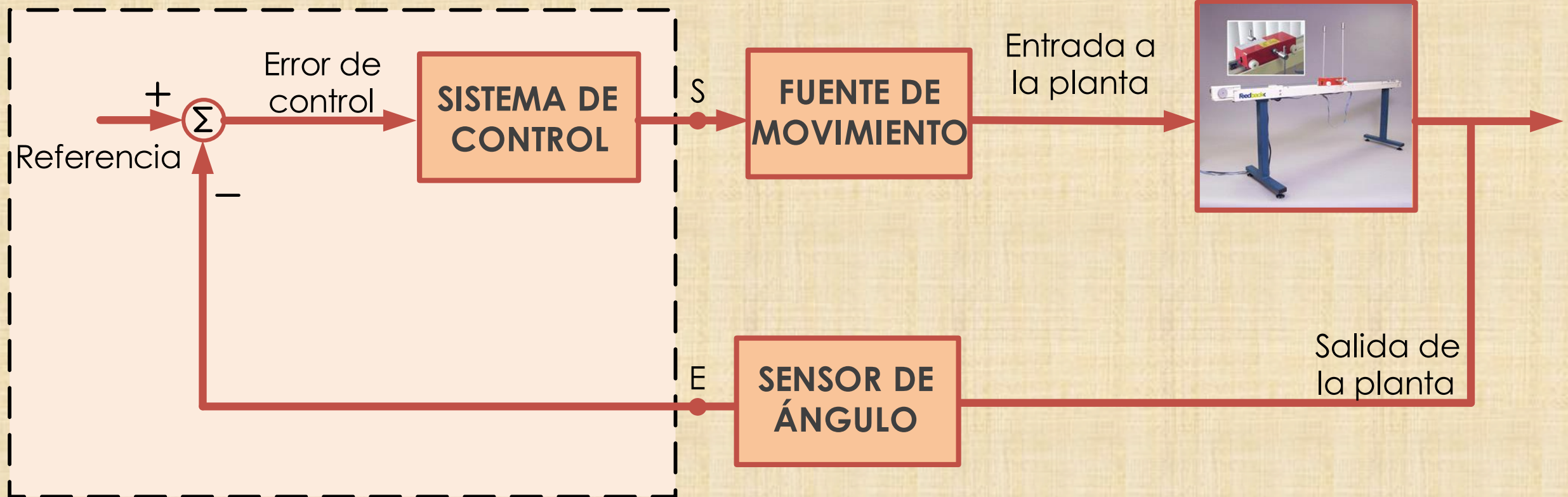


Esta planta didáctica servirá de plataforma para distintos laboratorios en asignaturas como Control I, Control II y Automatización Industrial.



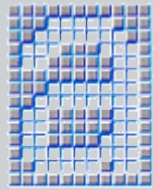
# Descripción del problema

## PC + DAQ

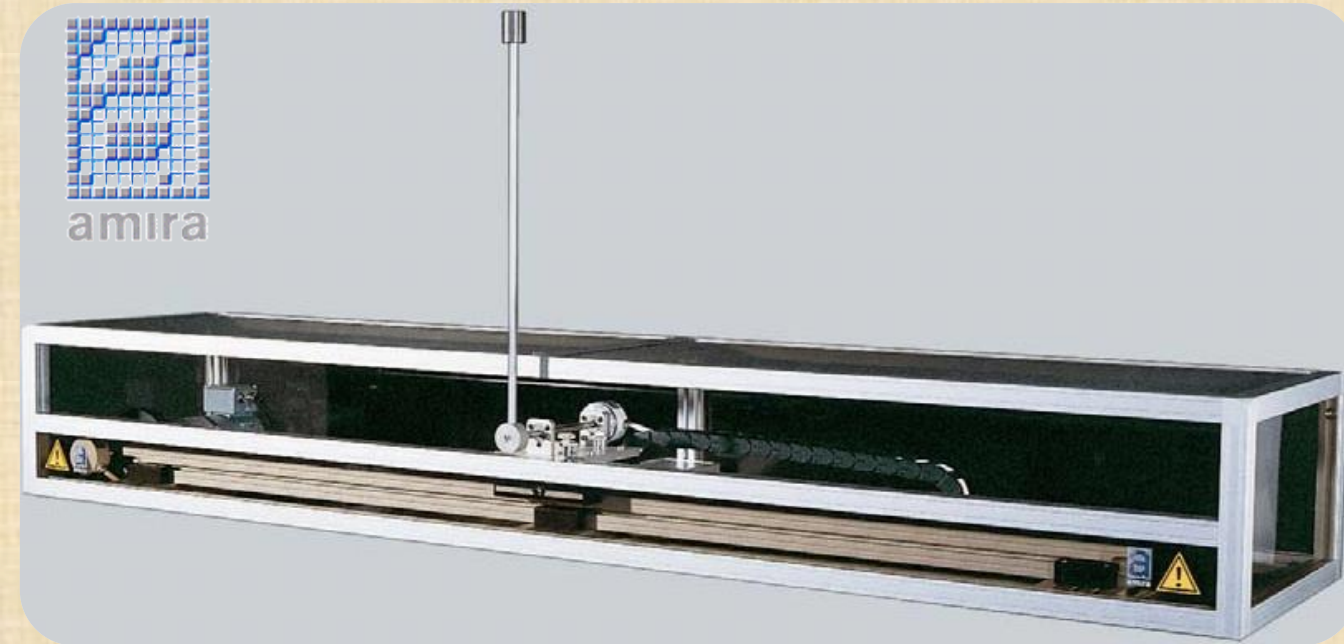


# Descripción del problema

Plataformas Didácticas de referencia para el diseño

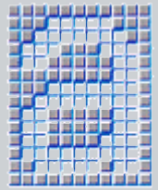


amira

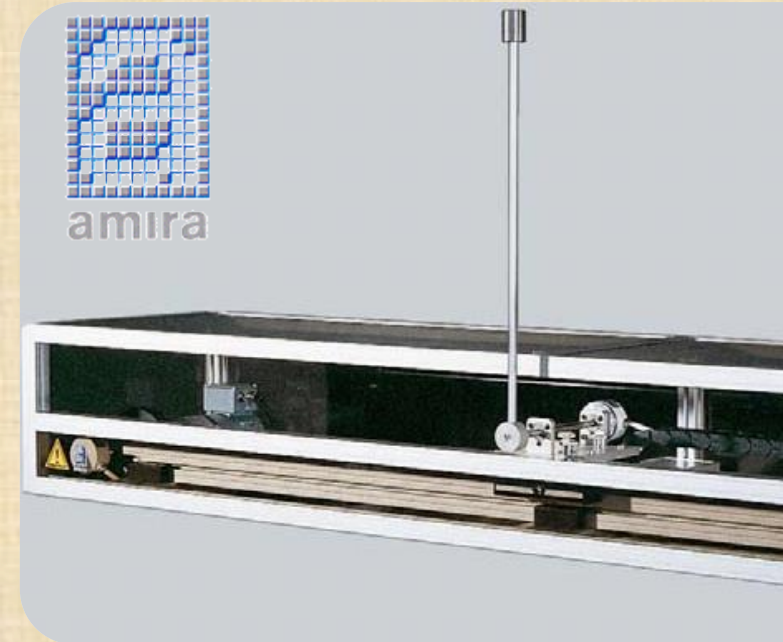


# Descripción del problema

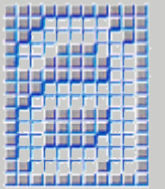
Plataformas Didácticas de referencia para el diseño



amira



Feedback



amira

# Objetivos

## *Principal*

- Desarrollar una plataforma robusta que sea la base para implementar distintas plantas didácticas.

## *Específicos*

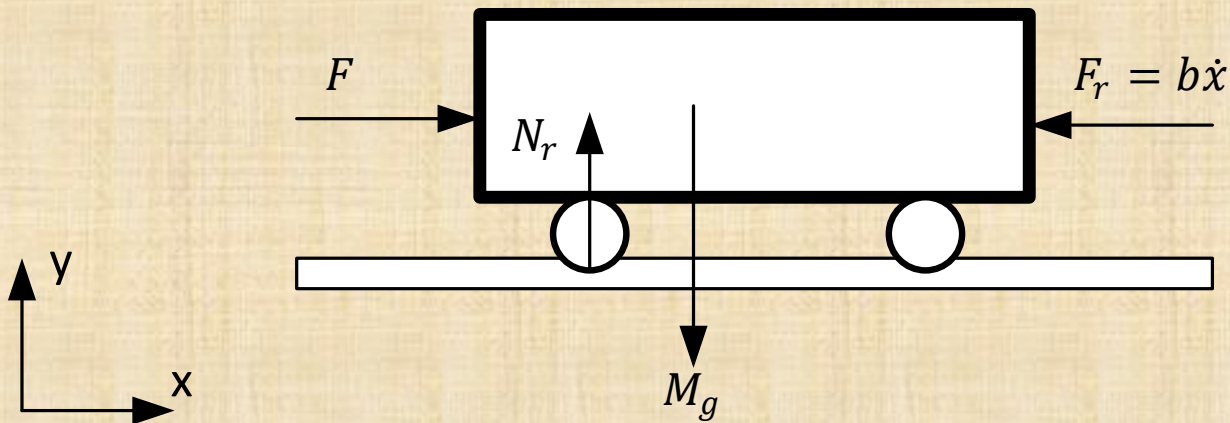
- Analizar la configuración del actuador industrial para un buen desempeño.
- Estudiar, y evaluar los sistemas de adquisición de datos (DAQ).
- Diseñar e implementar un tablero eléctrico.
- Desarrollar una rutina de arranque.
- Dotar al sistema de control de una entrada de referencia de posición.



# Modelo del carro

El objetivo de modelar el sistema es encontrar el conjunto de ecuaciones diferenciales

$$\begin{aligned} x &\longrightarrow \\ \dot{x} &= v \\ \ddot{x} &= a \end{aligned}$$



Sumatoria de fuerzas actuantes:

$$\sum F_{x_{carro}} = M\ddot{x}$$

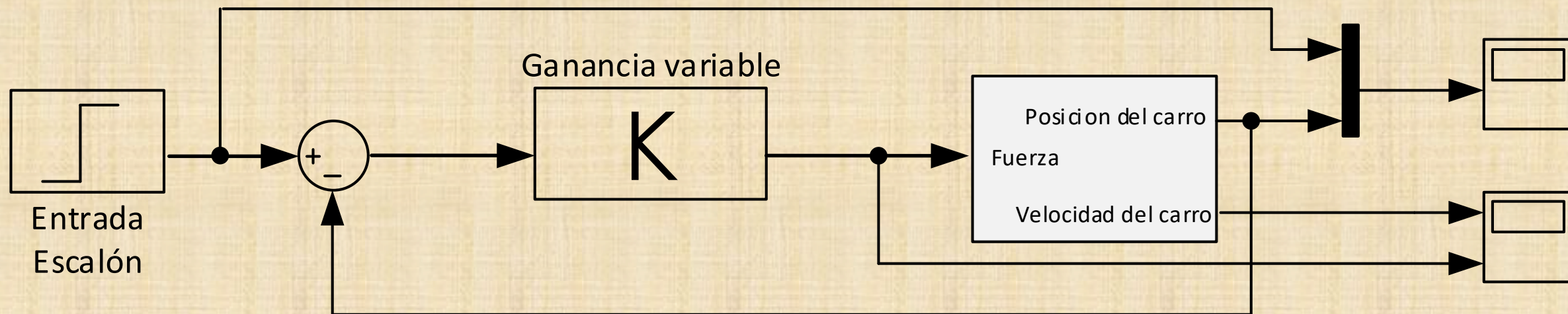
$$M\ddot{x} = F - b\dot{x}$$

$$F = M\ddot{x} + b\dot{x}$$

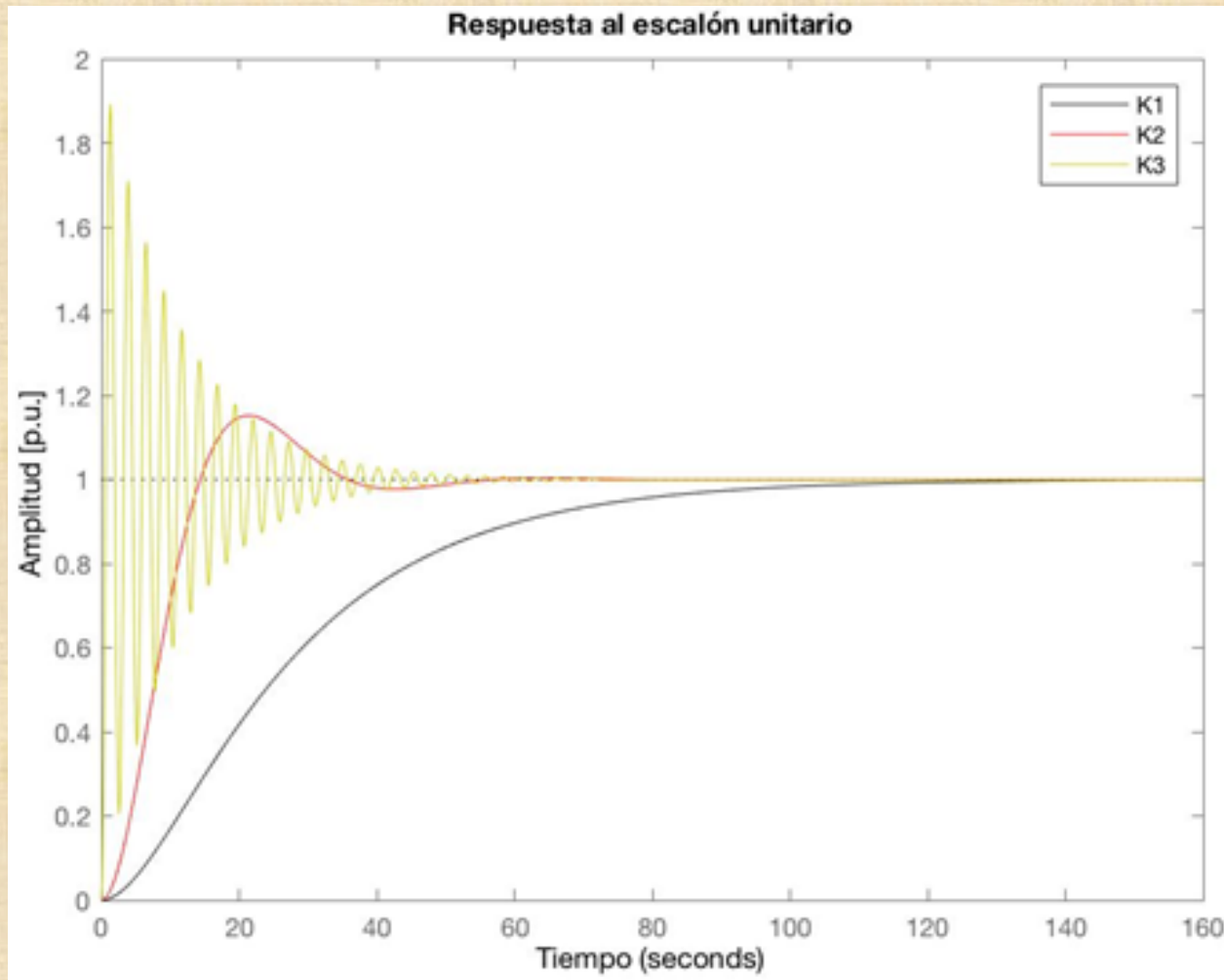
Función de transferencia a lazo abierto:

$$G(s) = \frac{X(s)}{F(s)} = \frac{1}{s(Ms + b)}$$

# Sistema a lazo cerrado con ganancia $K$



# Respuesta a lazo cerrado



## Parámetros de respuesta transitoria, $K1 < K2 < K3$

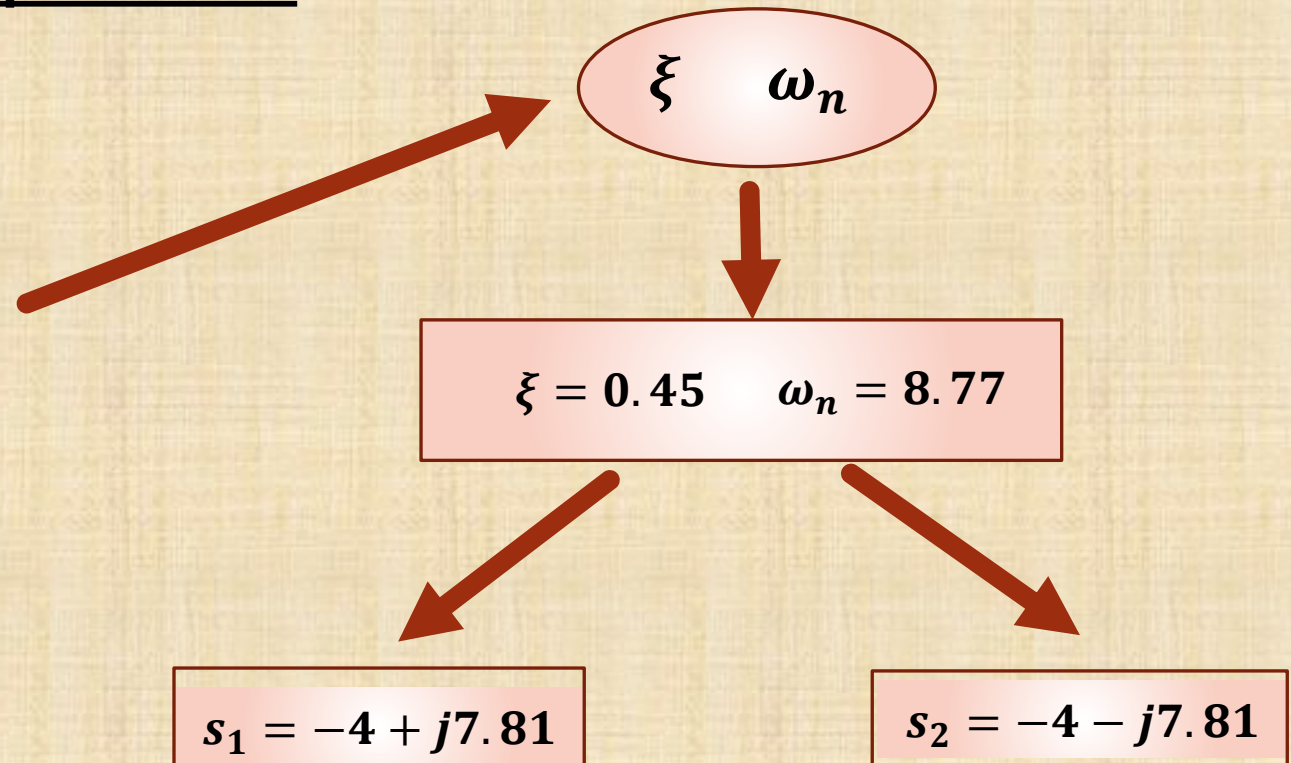
Parámetro	K1	K2	K3	[unidad]
$T_s$	97	46	44	[s]
$T_r$	53.70	9.54	0.44	[s]
$OS$	-	15.60	89.20	[%]

# Diseño del compensador

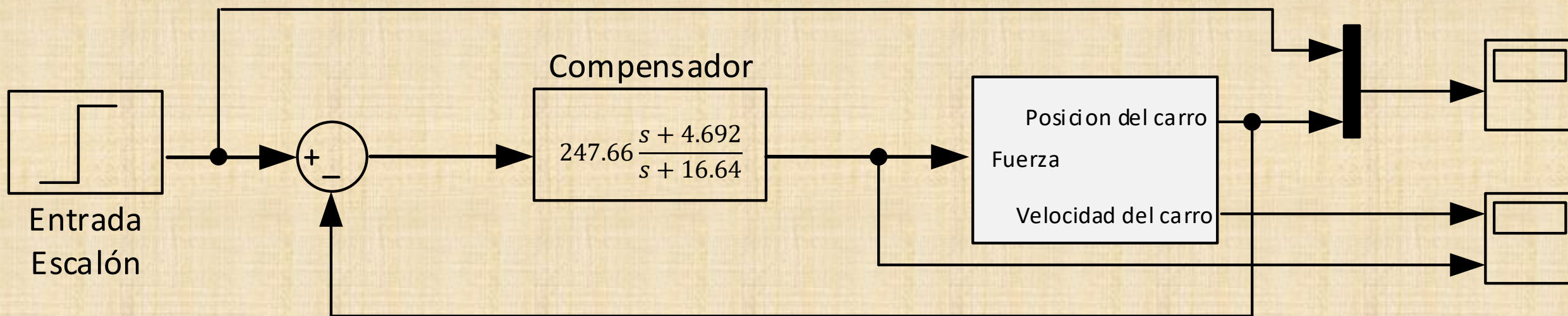
- Compensador de adelanto mediante el método del lugar de las raíces

## Requerimientos de diseño del compensador

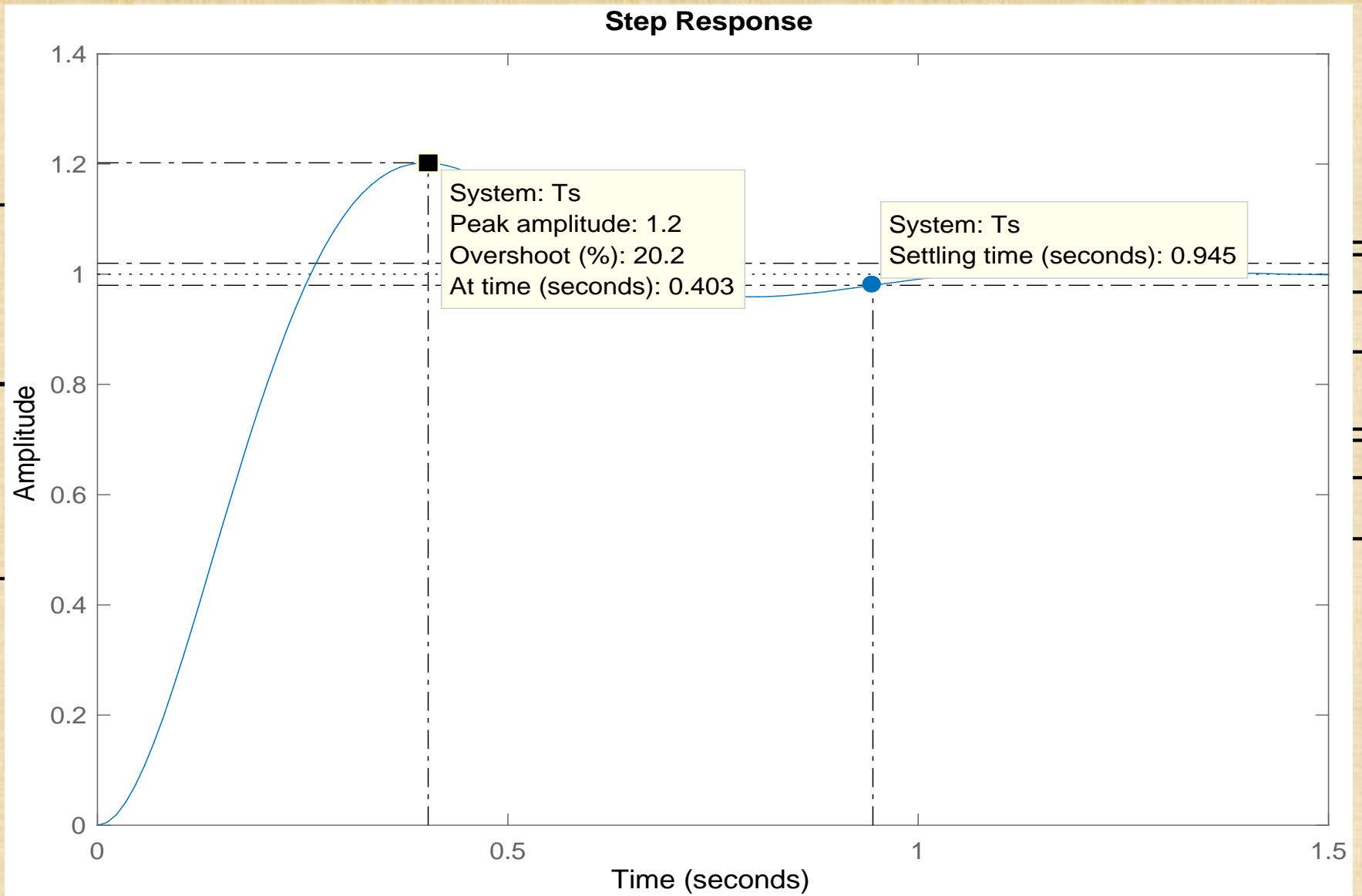
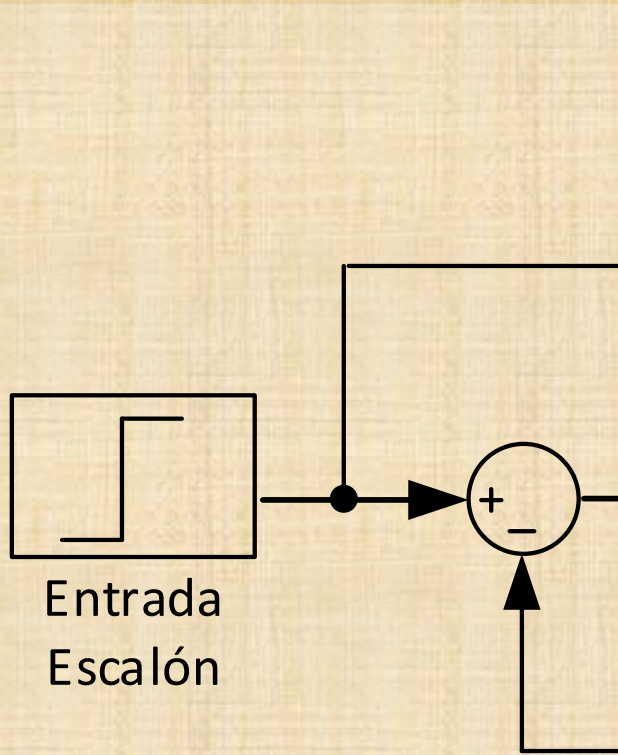
Parámetro	Valor	[unidad]
$T_s$	1	[s]
$T_p$	0.35	[s]
$OS$	20	[%]



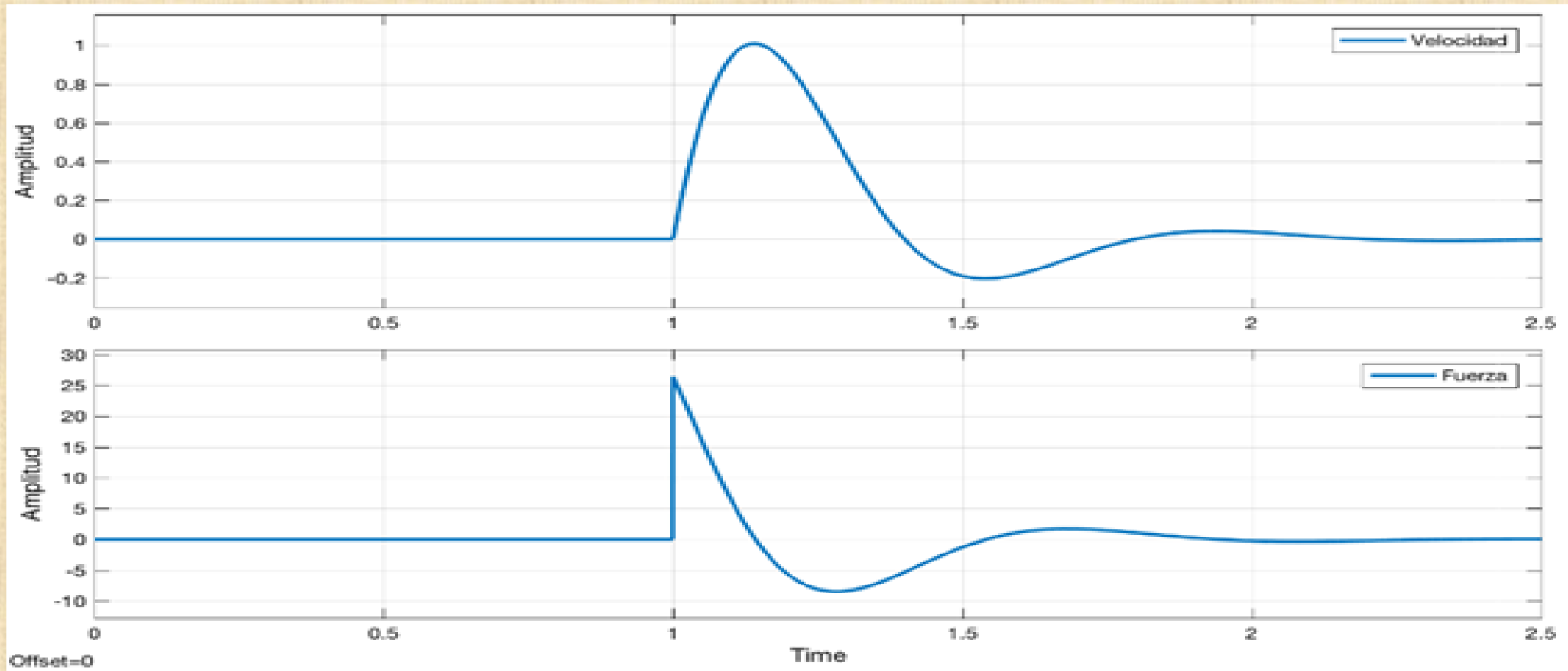
# Sistema con compensador



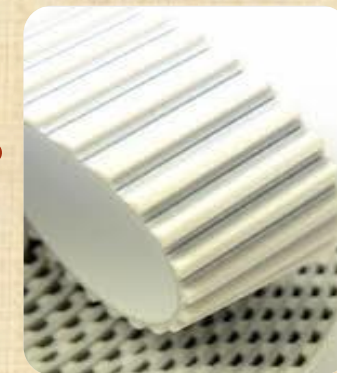
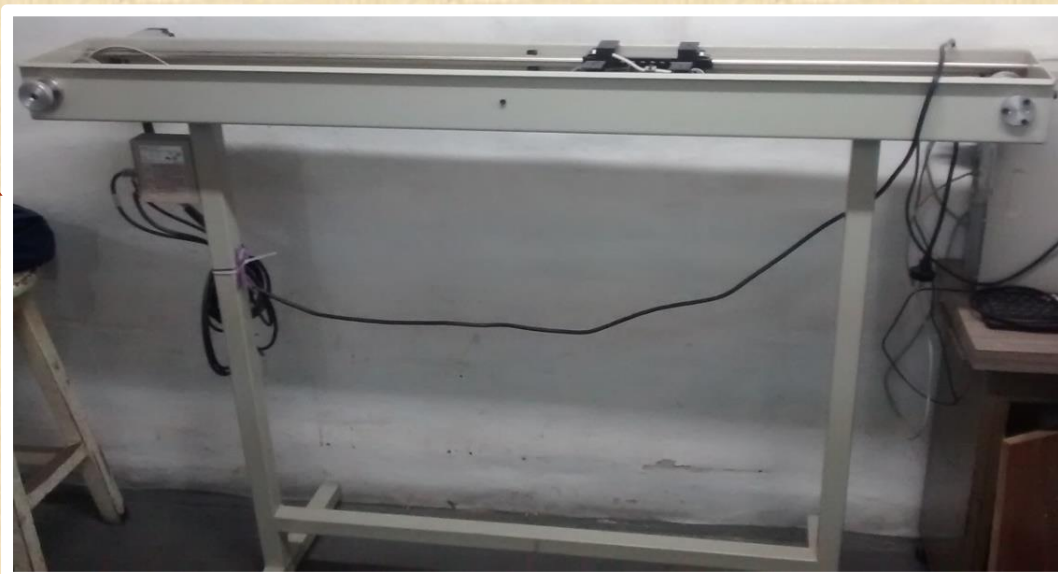
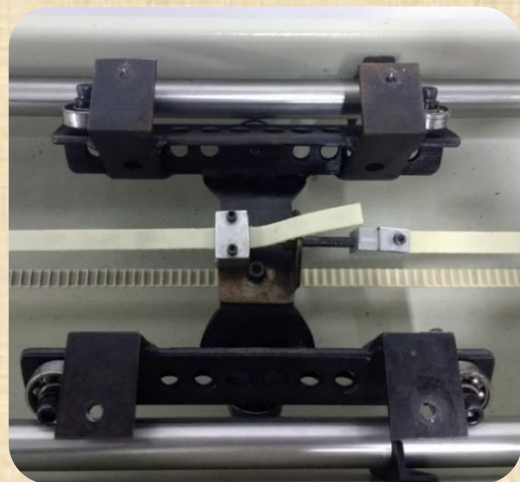
# Sistema con compensador



# Requerimientos de velocidad y fuerza



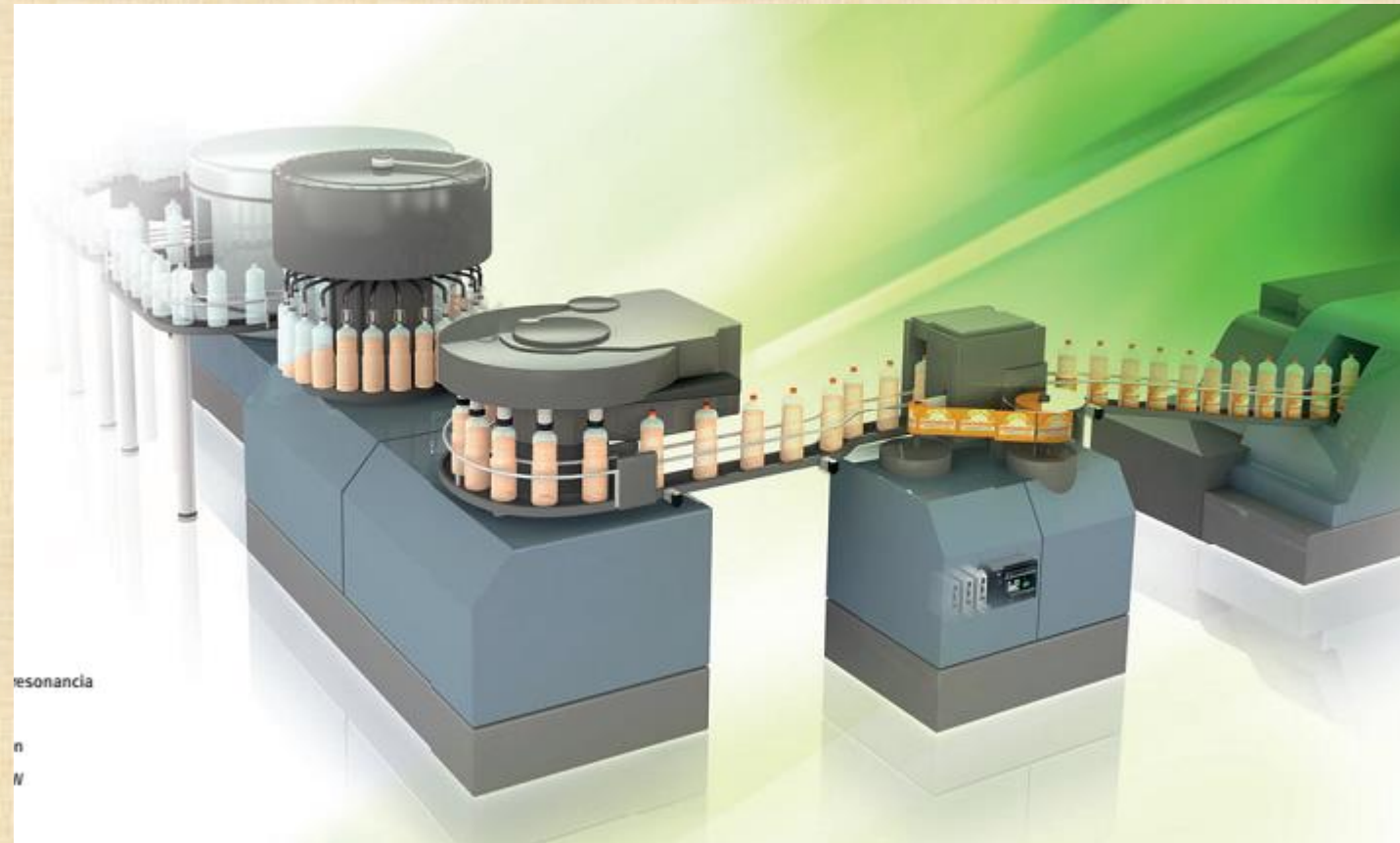
# Desarrollo de la plataforma- Hardware





# Desarrollo de la plataforma- Hardware

Drive AC  
Tecnología  
Inverter



Servomotor – Motor Sincrónico Brushless  
Realimentación por encoder incremental

# Desarrollo de la plataforma- Hardware

Drive AC  
Tecnología  
Inverter

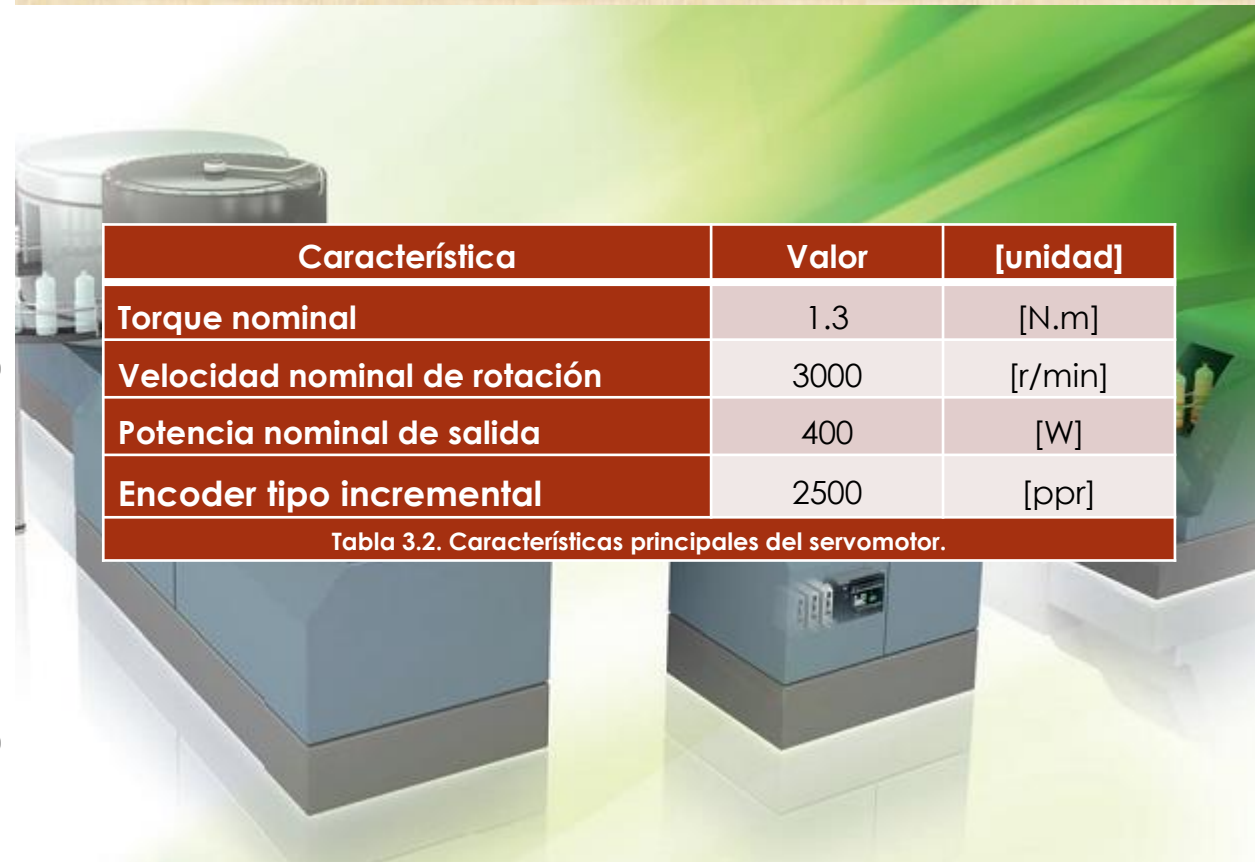
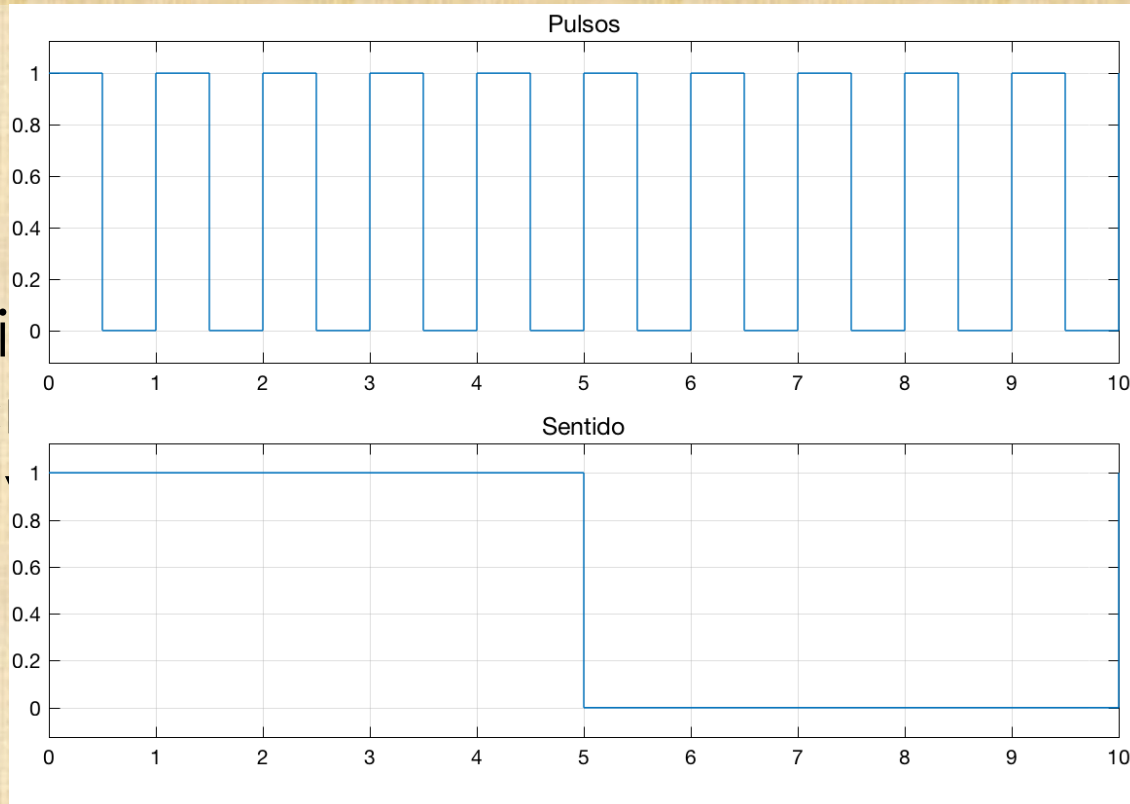


Característica	Valor	[unidad]
Torque nominal	1.3	[N.m]
Velocidad nominal de rotación	3000	[r/min]
Potencia nominal de salida	400	[W]
Encoder tipo incremental	2500	[ppr]

Tabla 3.2. Características principales del servomotor.

Servomotor – Motor Sincrónico Brushless  
Realimentación por encoder incremental

# Desarrollo de la plataforma- Hardware



Característica	Valor	[unidad]
Torque nominal	1.3	[N.m]
Velocidad nominal de rotación	3000	[r/min]
Potencia nominal de salida	400	[W]
Encoder tipo incremental	2500	[ppr]

Tabla 3.2. Características principales del servomotor.



Servomotor – Motor Sincrónico Brushless  
 Realimentación por encoder incremental

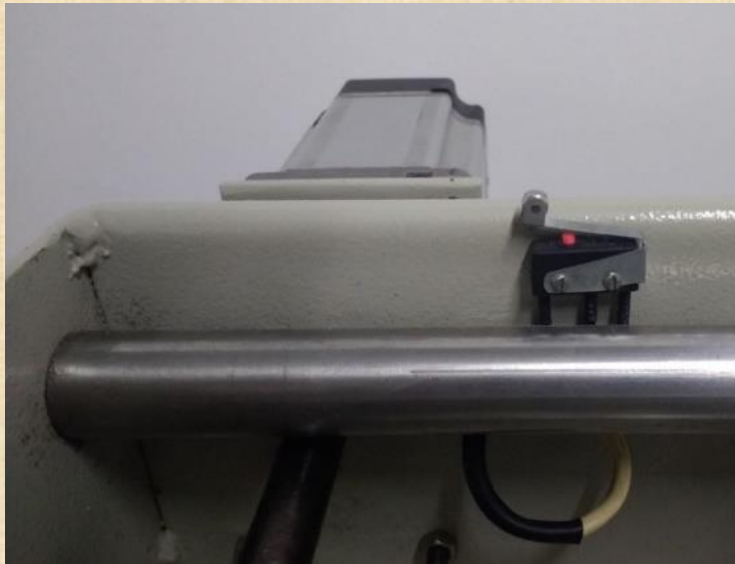
# Desarrollo de la plataforma- Hardware

## Detección de la posición de referencia del carro

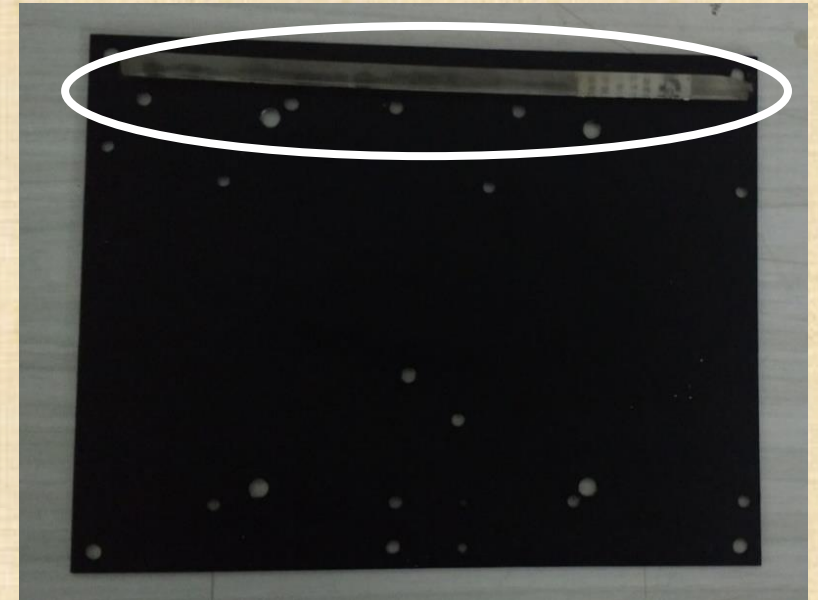


# Desarrollo de la plataforma- Hardware

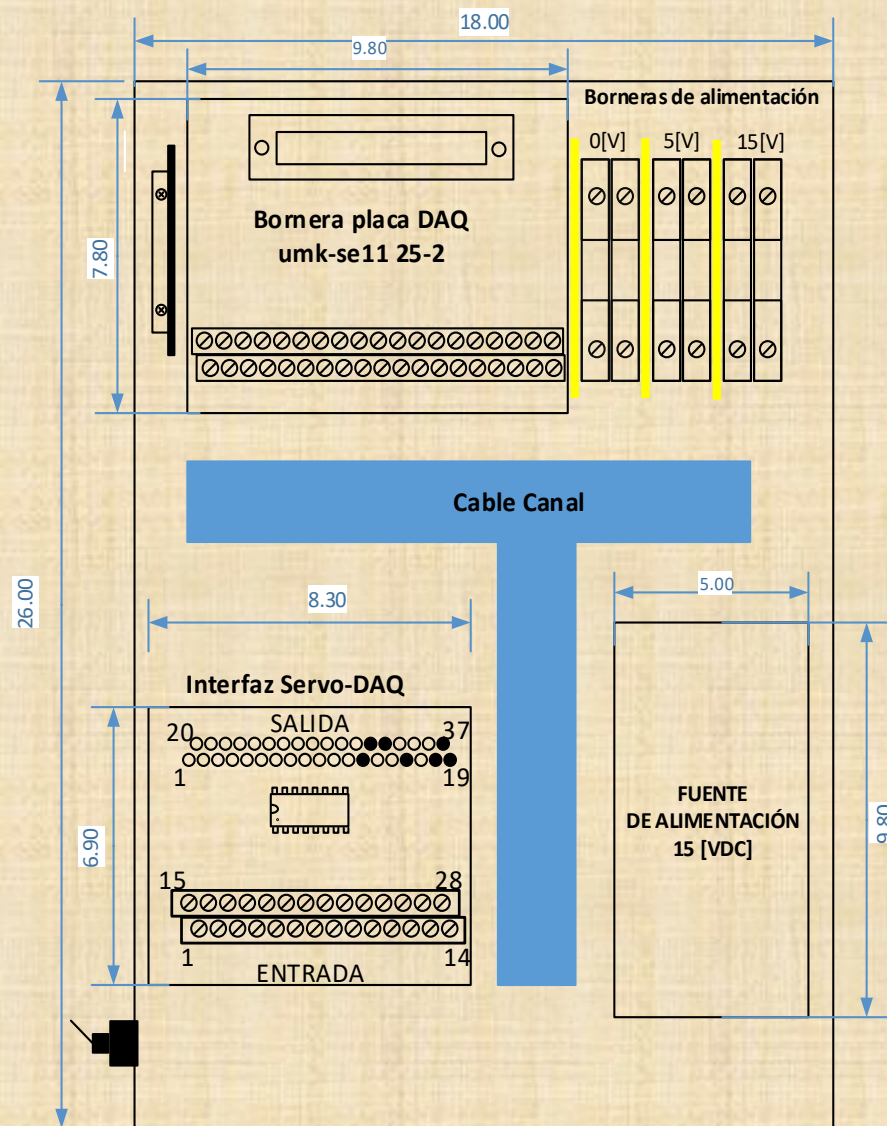
## Sensores finales de carrera en ambos extremos de la base



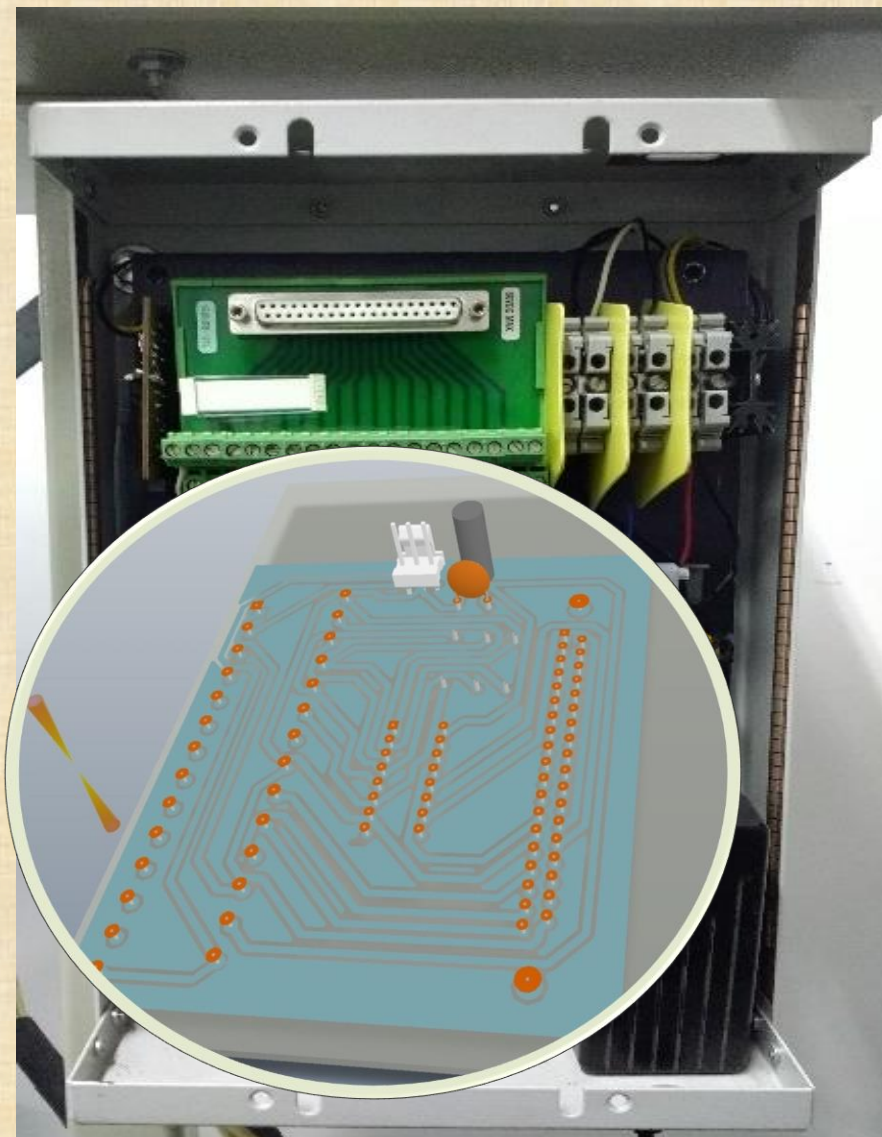
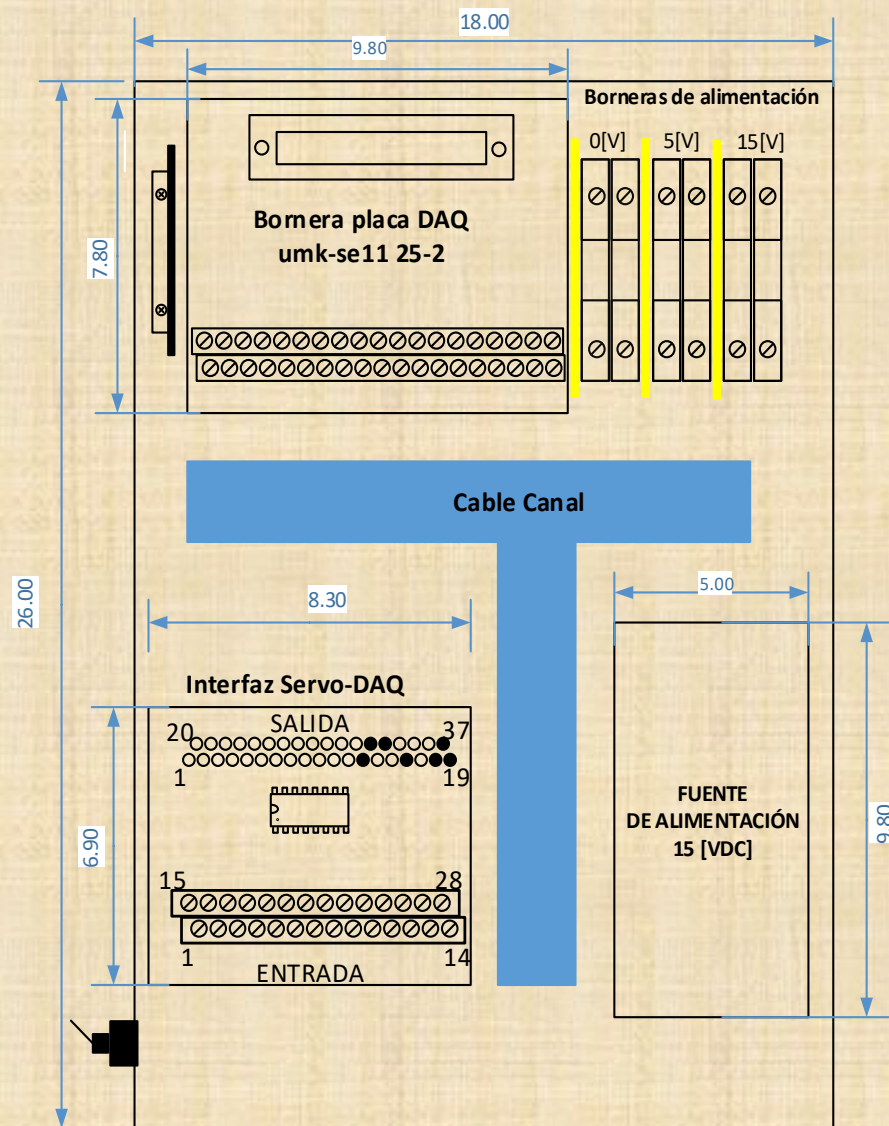
## Solución para accionar sensores finales de carrera



# Desarrollo de tablero eléctrico

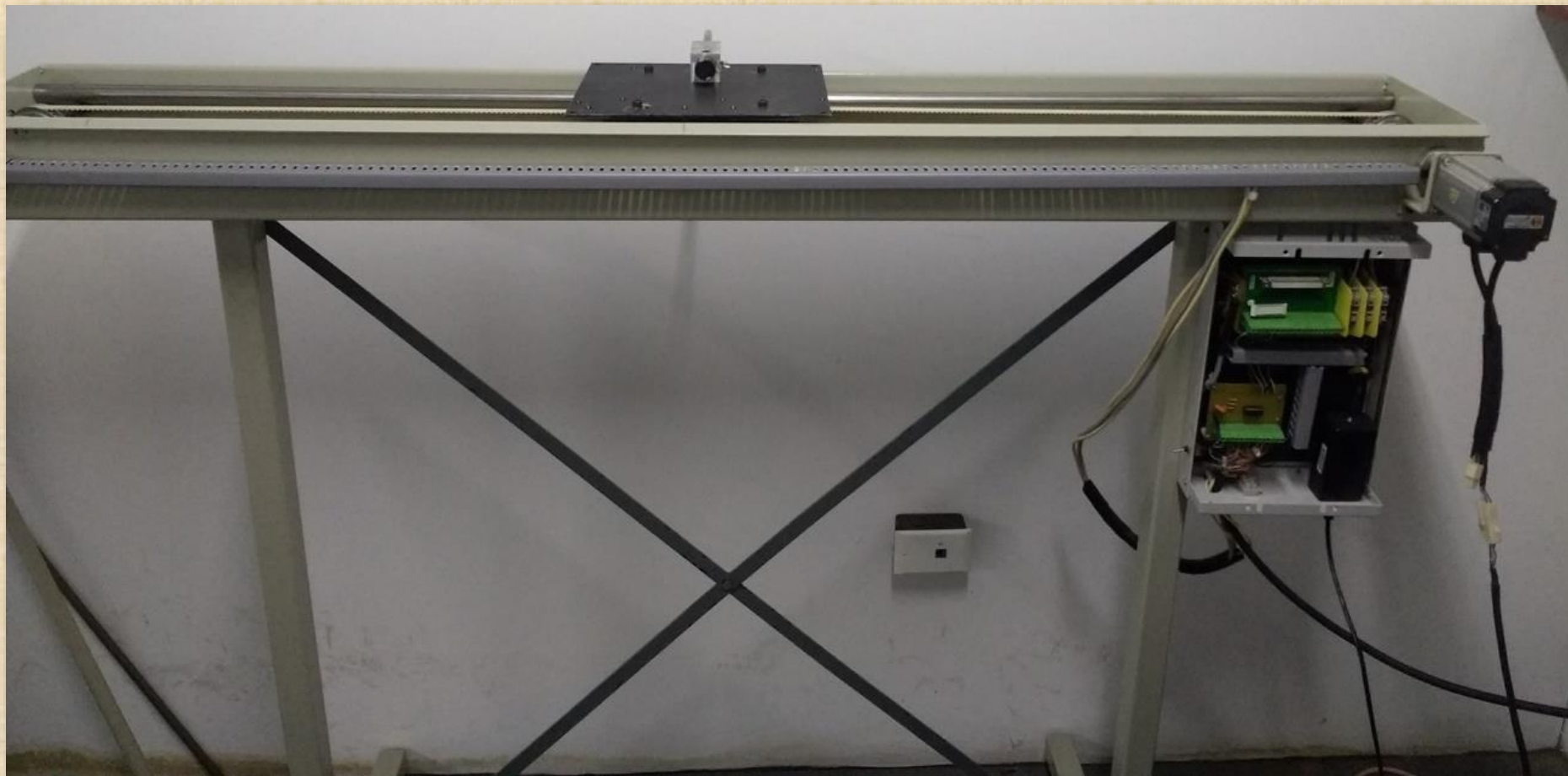


# Desarrollo de tablero eléctrico



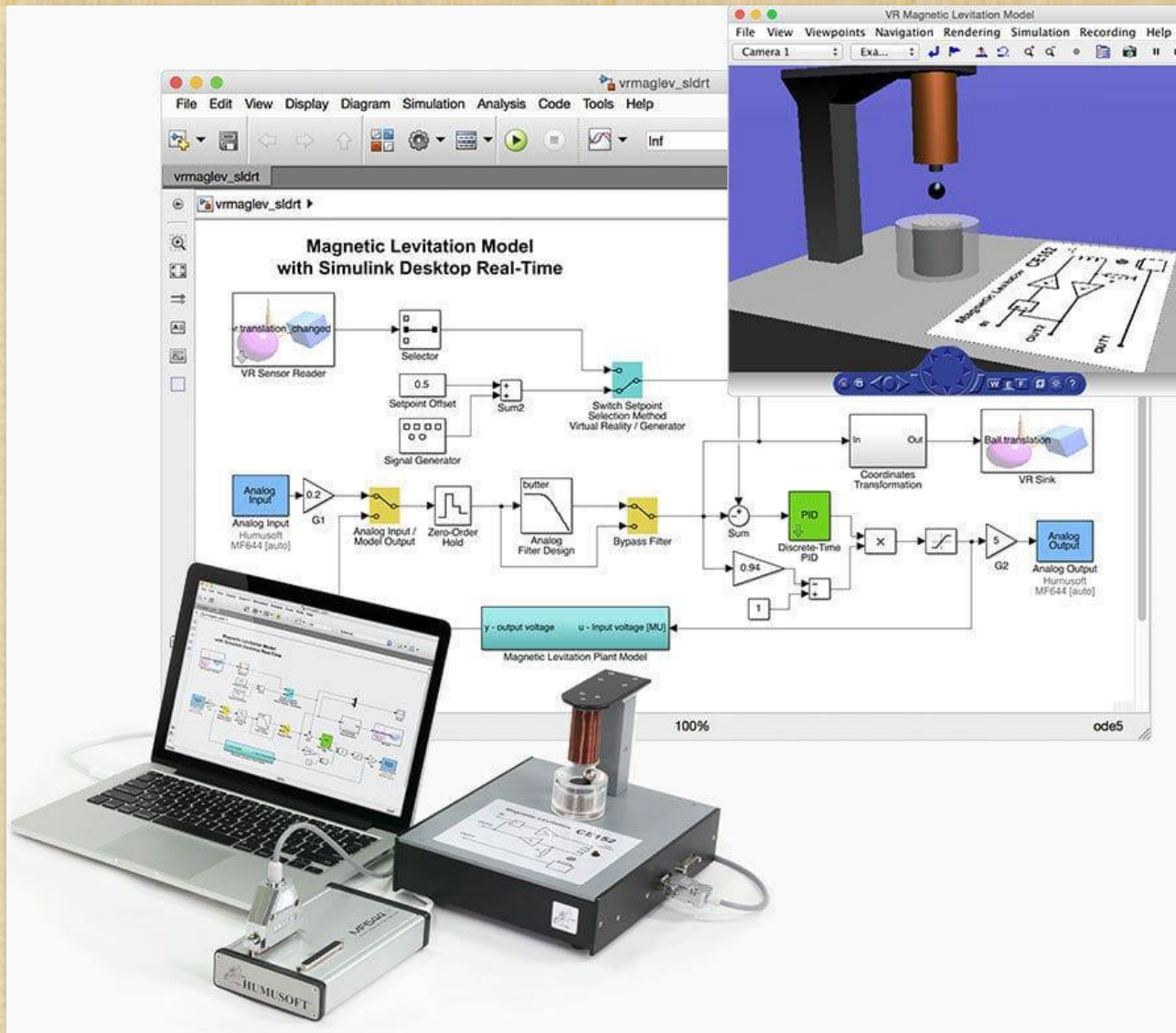
# Desarrollo de la plataforma- Hardware

## Etapa final de plataforma didáctica

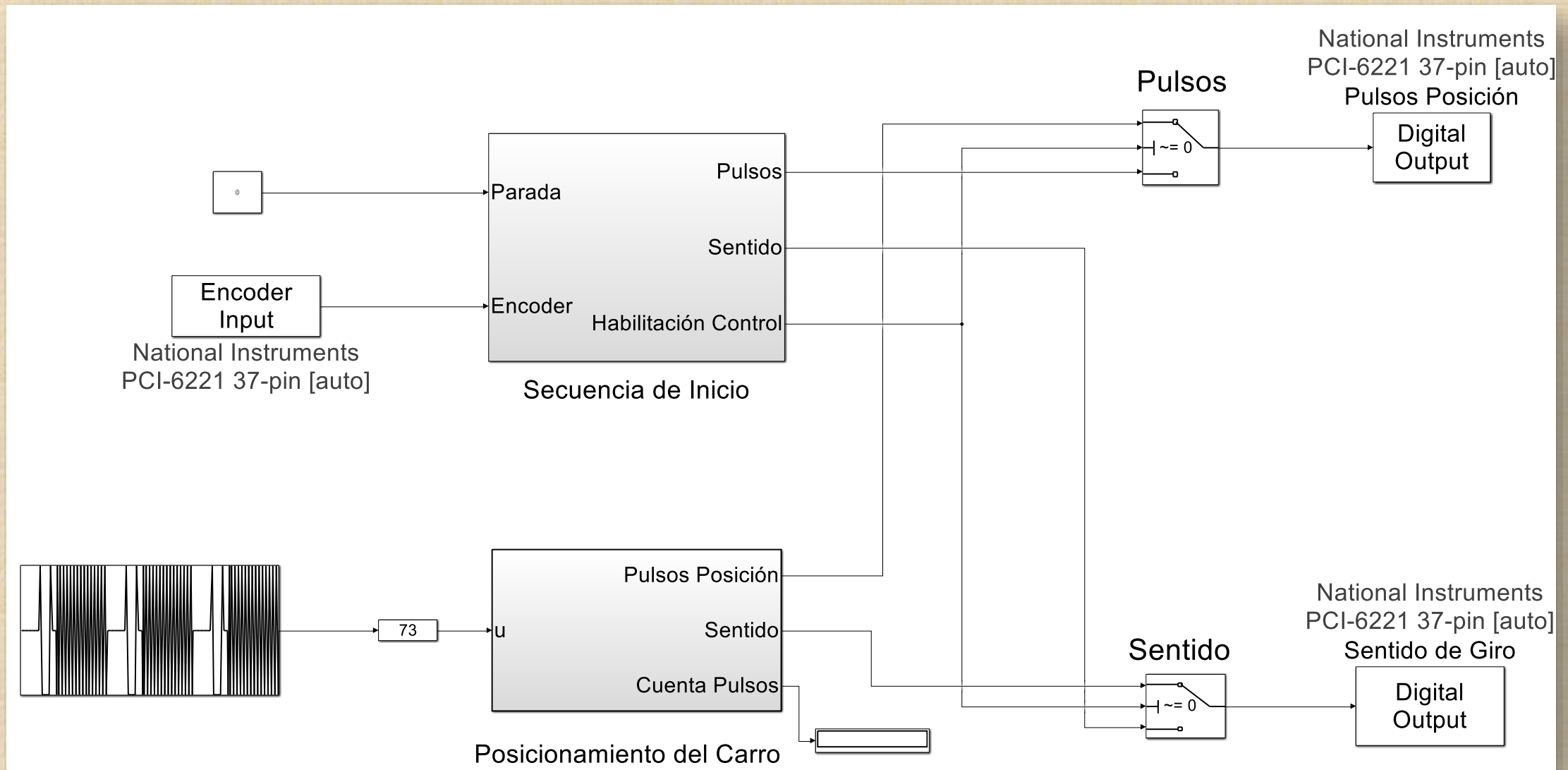




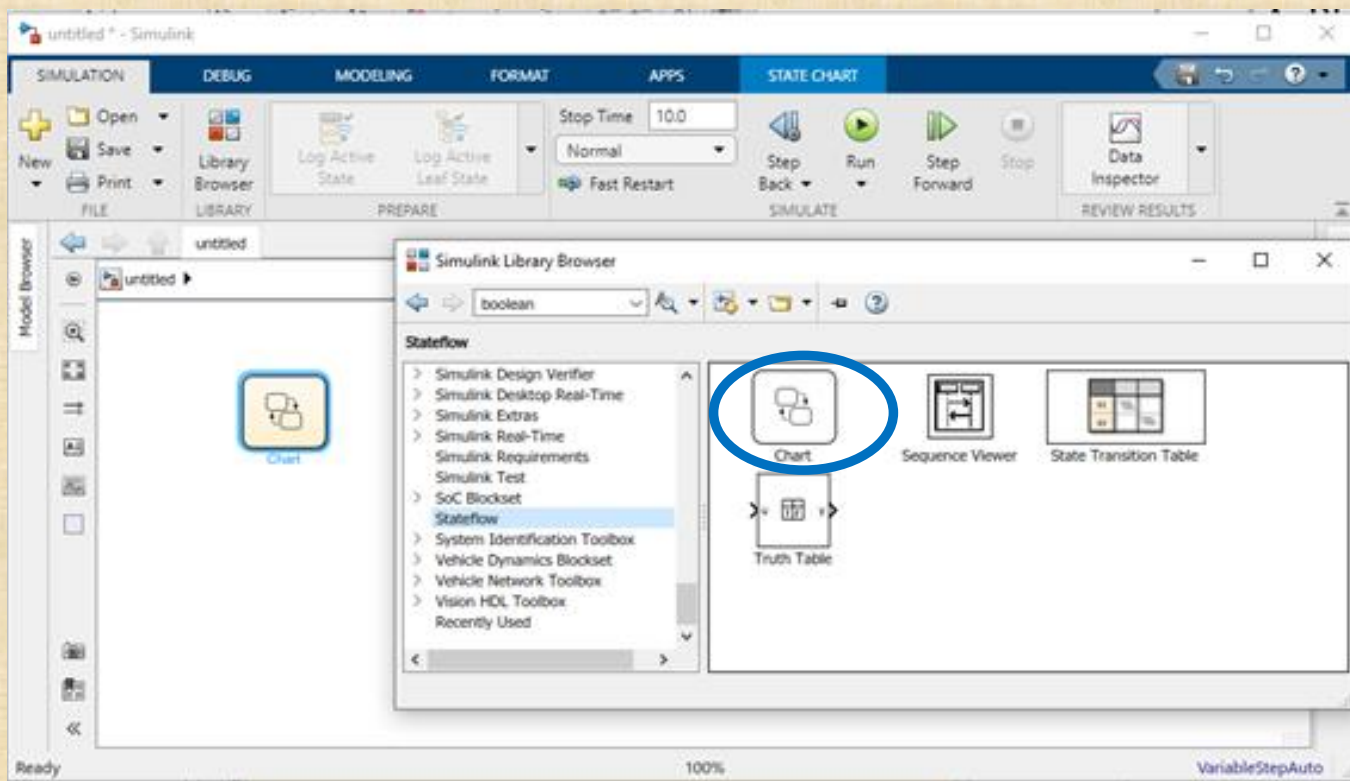
# Desarrollo de la Plataforma - Software



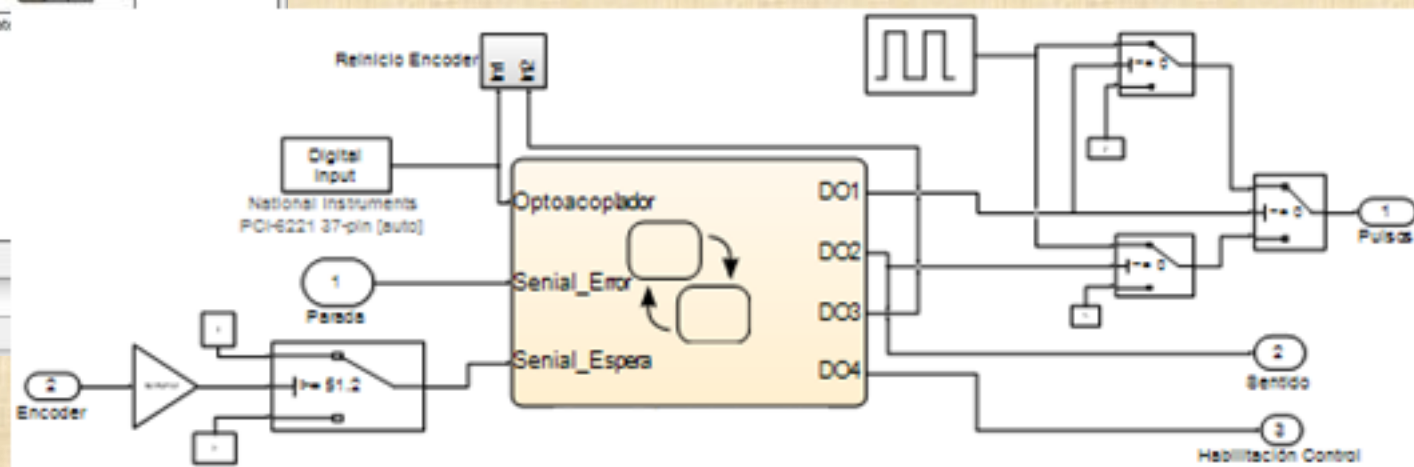
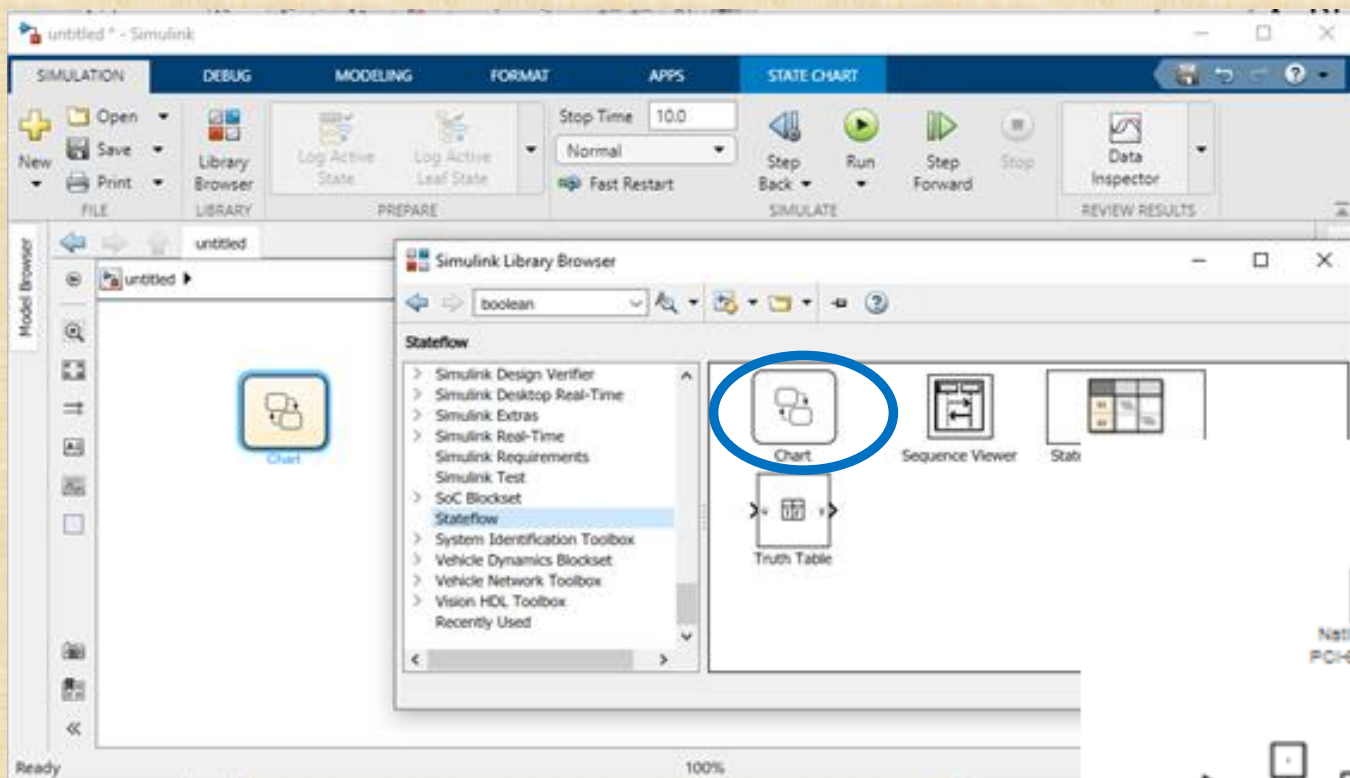
# Sistema de control en tiempo real



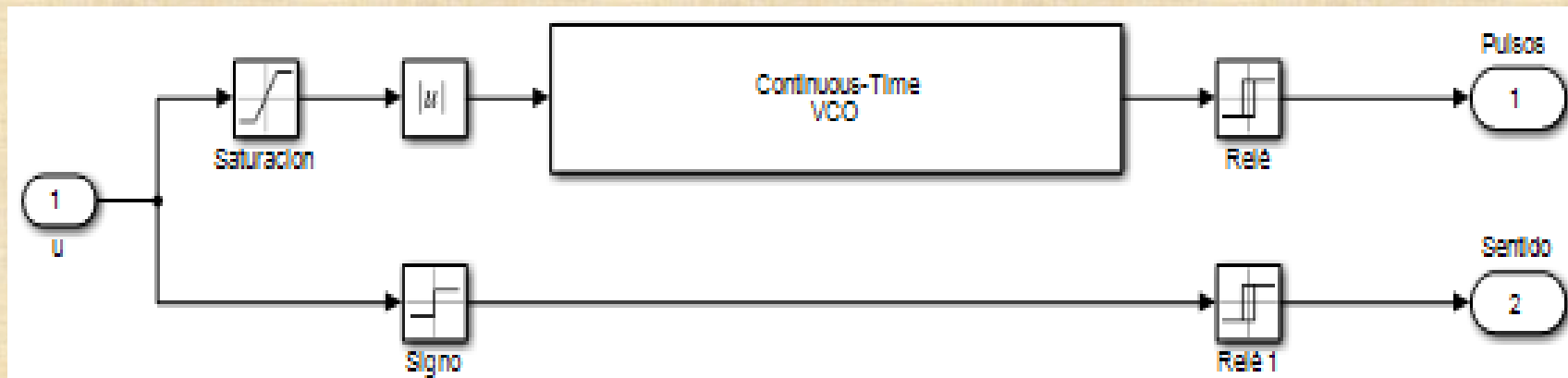
# Secuencia de inicio



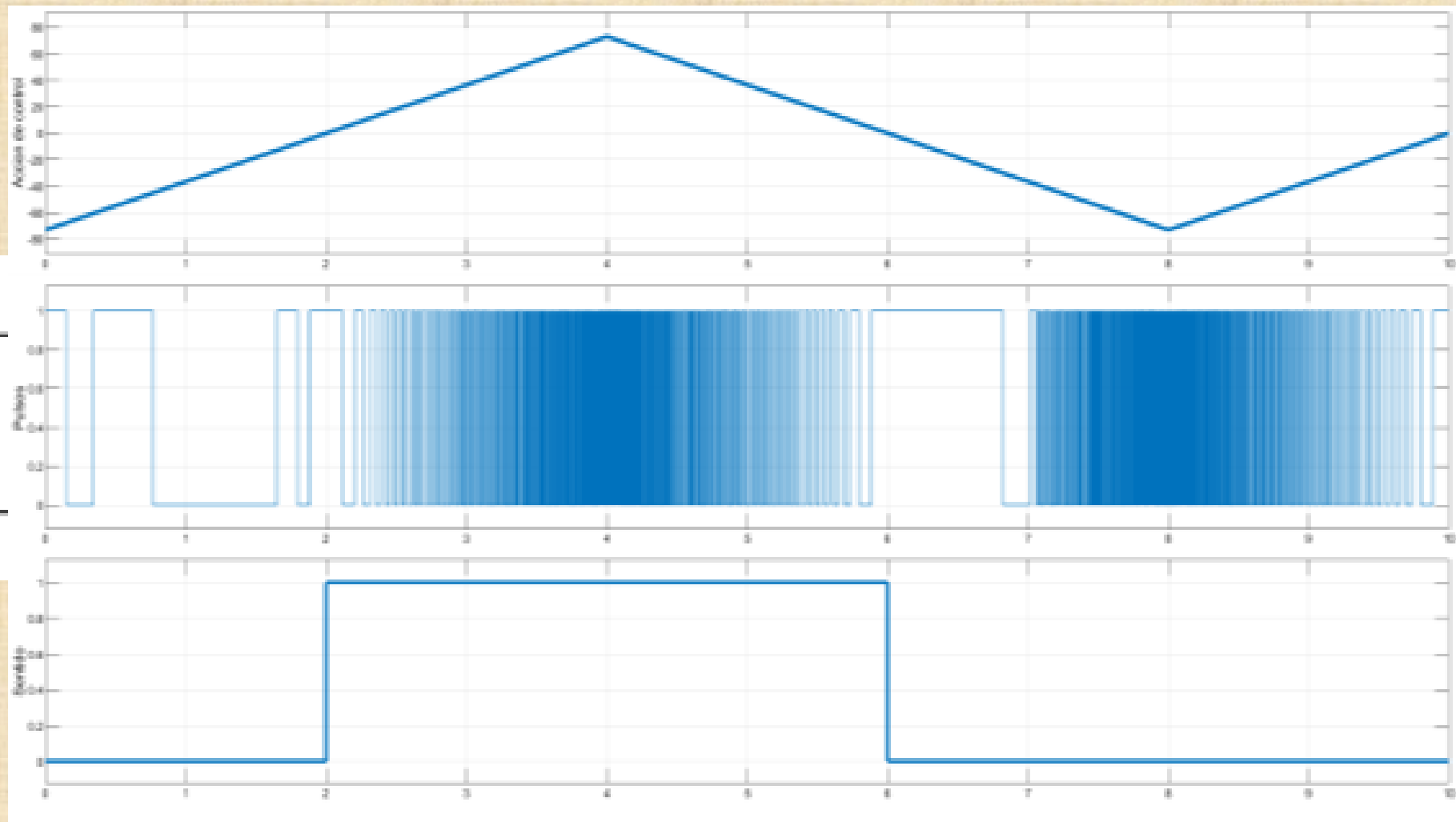
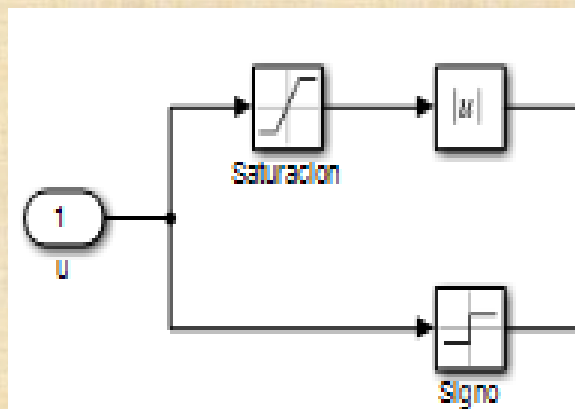
# Secuencia de inicio



# Convertor amplitud - pulsos



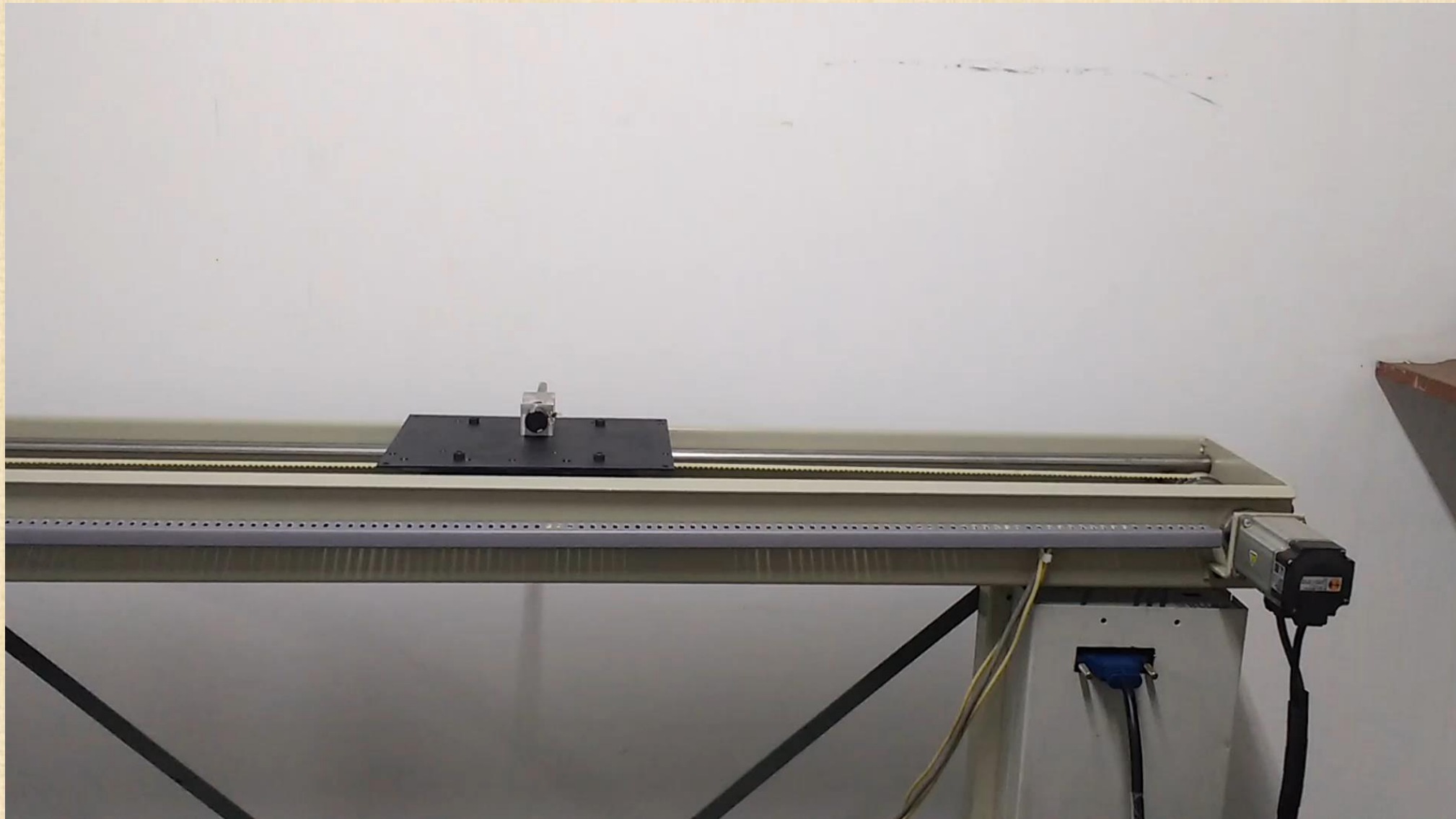
# Convertor amplitud - pulsos



# Rutina de Inicio – Extremo Izquierdo

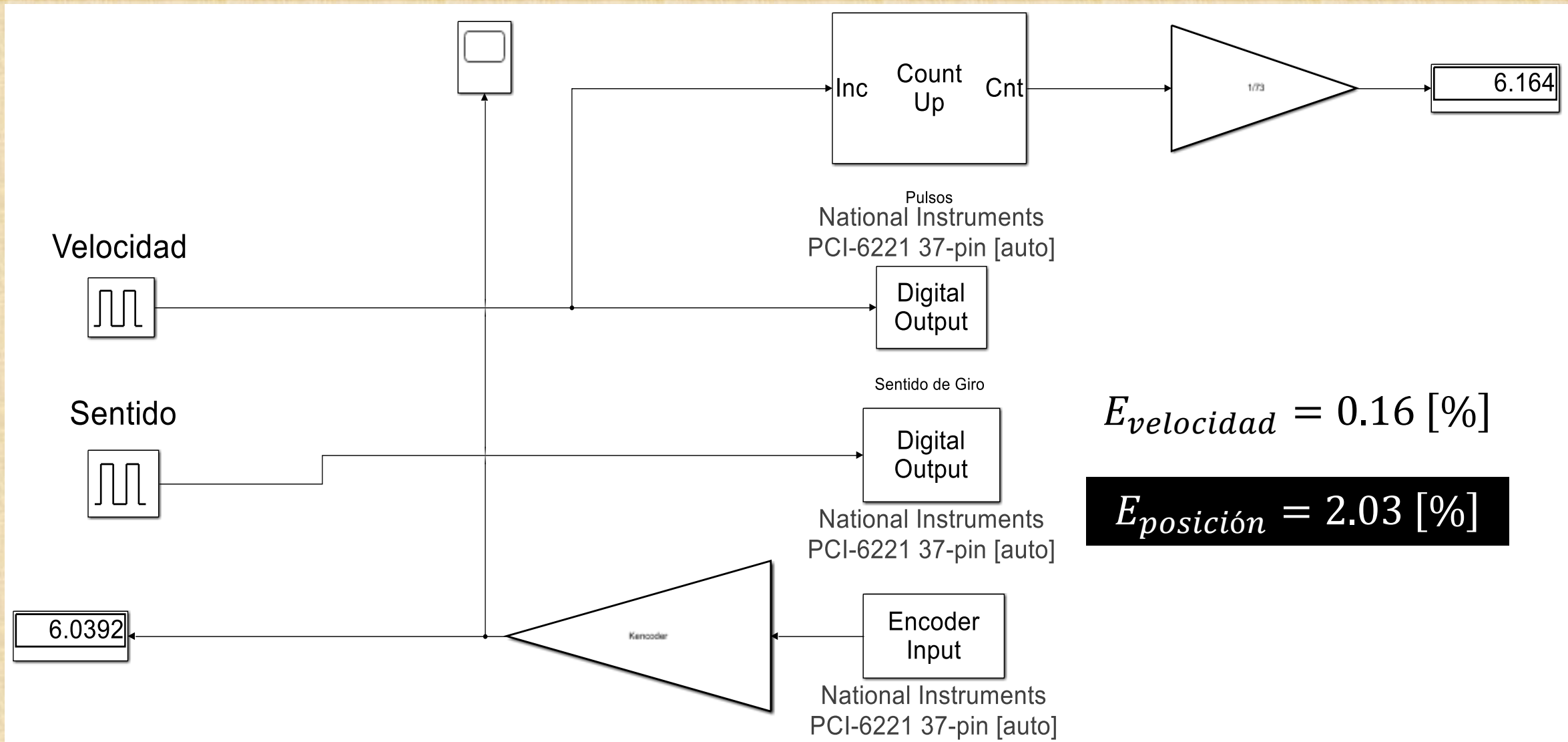


# Rutina de Inicio – Extremo Derecho

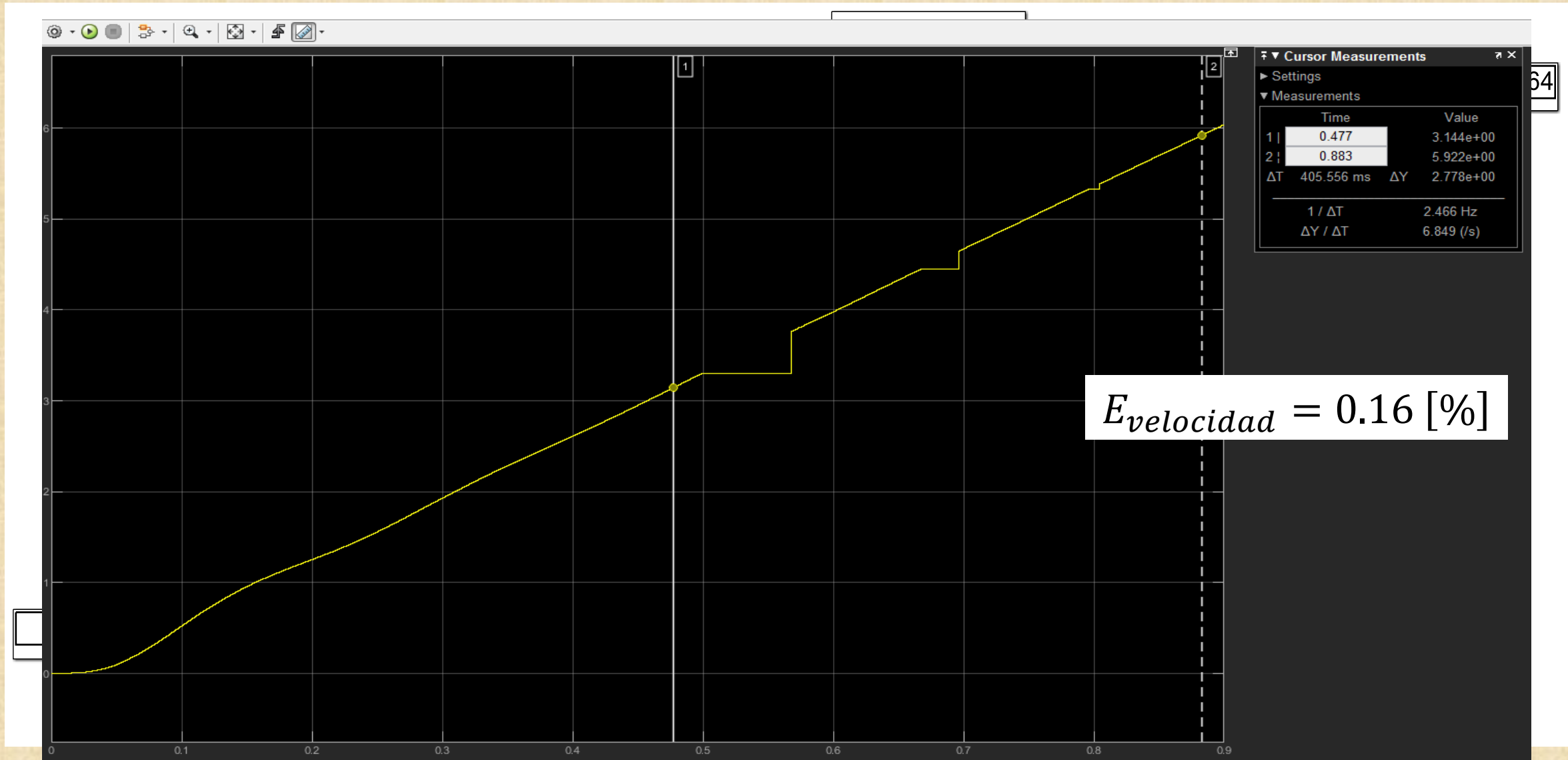




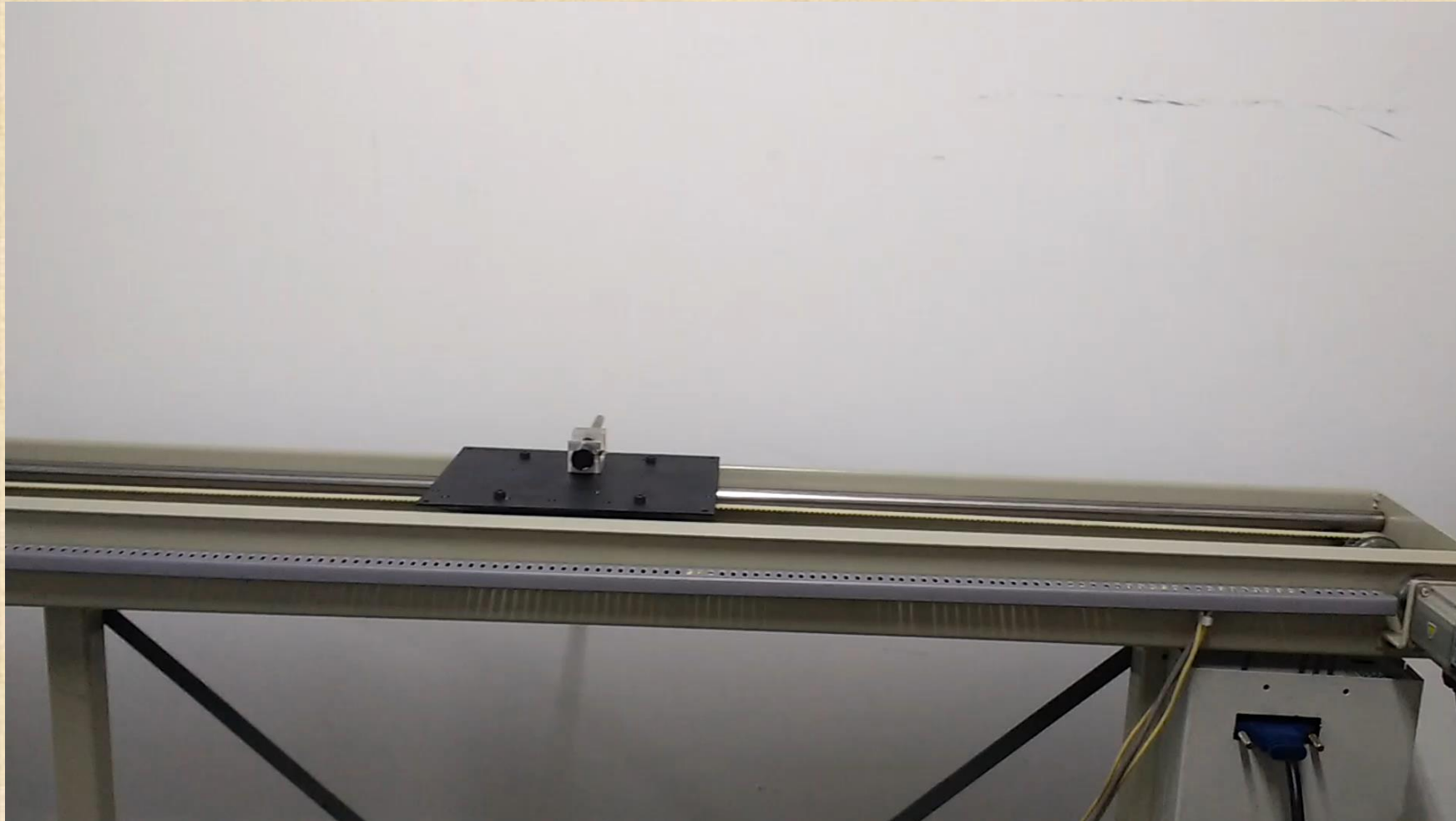
# Validación de velocidad máxima



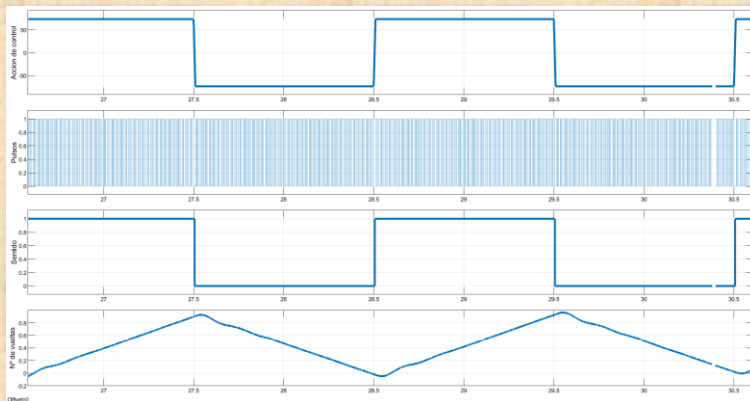
# Validación de velocidad máxima



# Seguimiento Referencia de posición



# Seguimiento de posición



# Conclusiones

Se desarrolló una plataforma didáctica robusta utilizando actuadores industriales.

Se parametrizó un actuador industrial para lograr un buen desempeño.

Se adquirió el Know-How en sistemas DAQ de la empresa National Instruments

Se construyó un tablero eléctrico robusto y documentado para la plataforma.

Se diseñó una rutina de arranque para automatizar la inicialización de la plataforma.

Se dejó disponible un sistema de tiempo real para el control de la posición del carro.

Se validaron los requerimientos velocidad y fuerza para un buen desempeño de la plataforma.

Se logró un error de posicionamiento del carro de la plataforma aproximadamente del 2.0 [%].

# Trabajo Futuro

Desarrollar plantas basadas en el presente proyecto final entre las cuales se pueden mencionar:

- Péndulo Invertido
- Doble Péndulo Invertido
- Péndulo Tándem
- Puente Grúa

Disponer de un equipo didáctico de relativamente bajo costo para la enseñanza, sería importante el contacto con otras instituciones universitarias y/o secundarias para continuar con el desarrollo de esta plataforma didáctica.

# Agradecimientos

A la U.N.S.L. y al L.E.I.S. por brindarme esta formación y por permitirme realizar el trabajo final en sus instalaciones.

A Cristian Falco por ayudarme en este proceso y enseñarme muchas cosas, mas allá de la electronica.

A Dios y mi madre , que sin ellos no lo hubiera logrado.

A toda familia, por siempre apoyarme en todo lo que hago.

A mi novia Georgina, por acompañarme y ayudarme todos estos años.

A mis amigos por estar presentes y acompañarme en este momento.

¿Preguntas?







¡Muchas gracias!