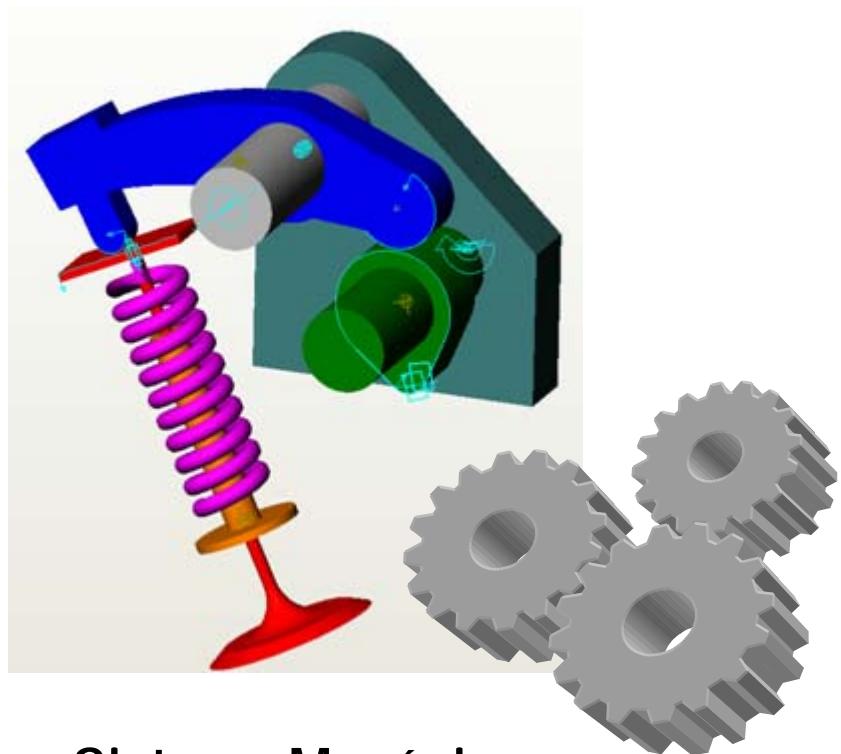




ni.com

# Introducción a Mecatrónica

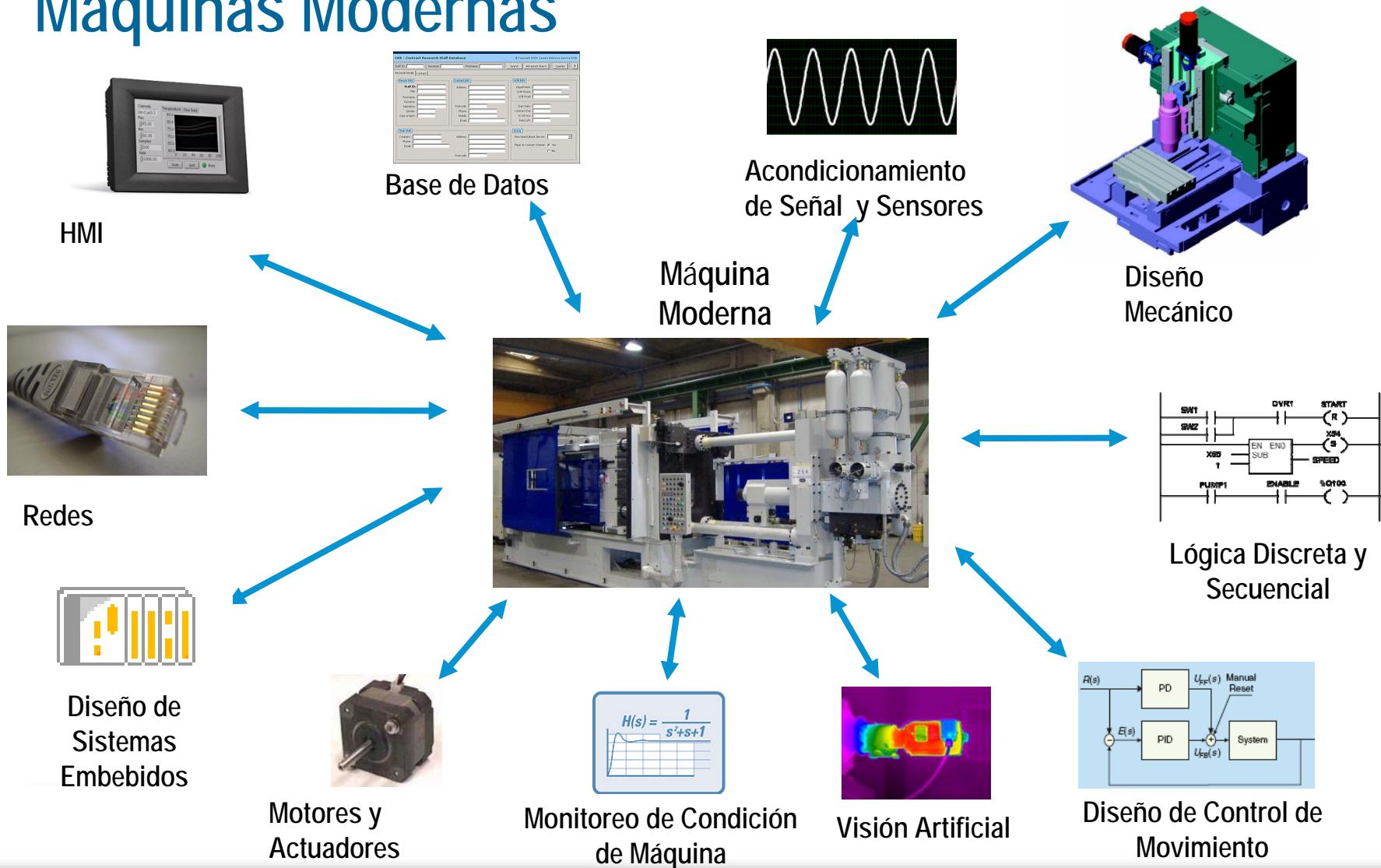
# La Evolución de las Máquinas



Sistema Mecánico  
Engranes e interruptores de límites

Sistema Electromecánico  
Controles electrónicos,  
controladores de motores

# Diversos Requerimientos de Construcción para Máquinas Modernas



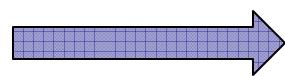
# Tendencia para Reducir Tiempo de Desarrollo

Diseño Secuencial



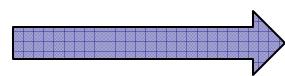
Diseño Concurrente

Primer Prototipo  
Físico



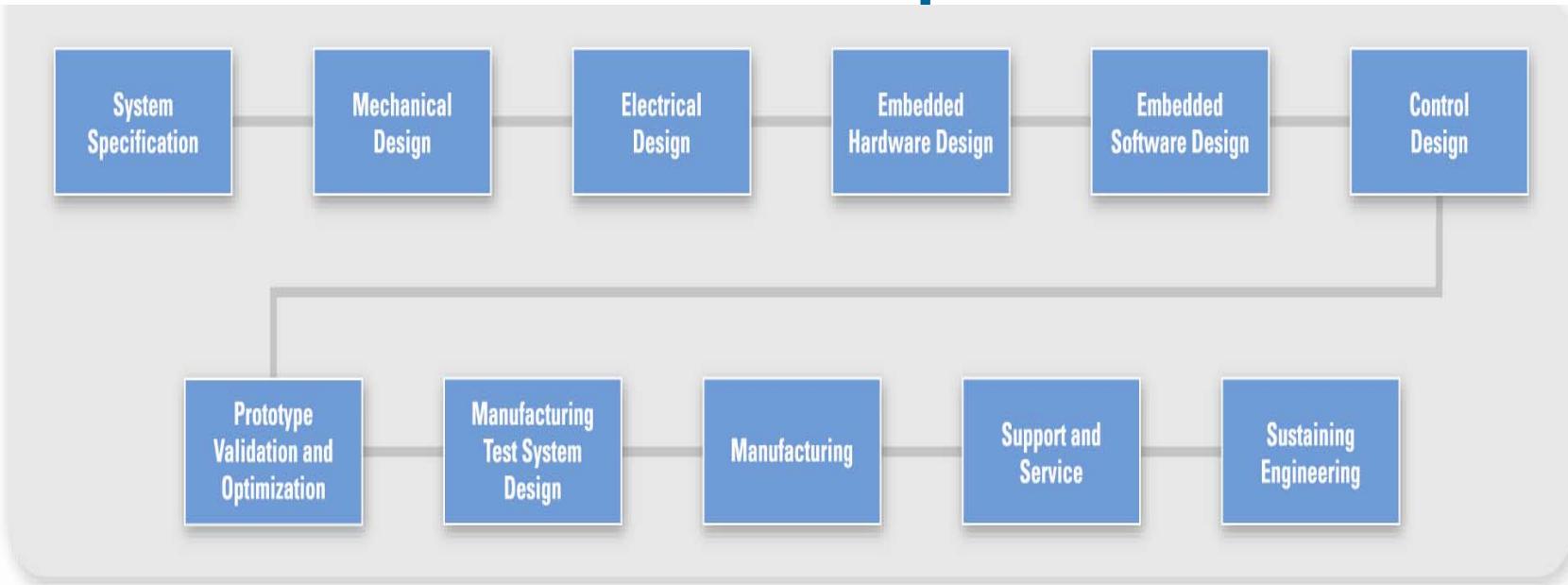
Primer Prototipo Virtual

Herramientas de  
Diseño Separadas



Herramientas de Diseño  
Integradas

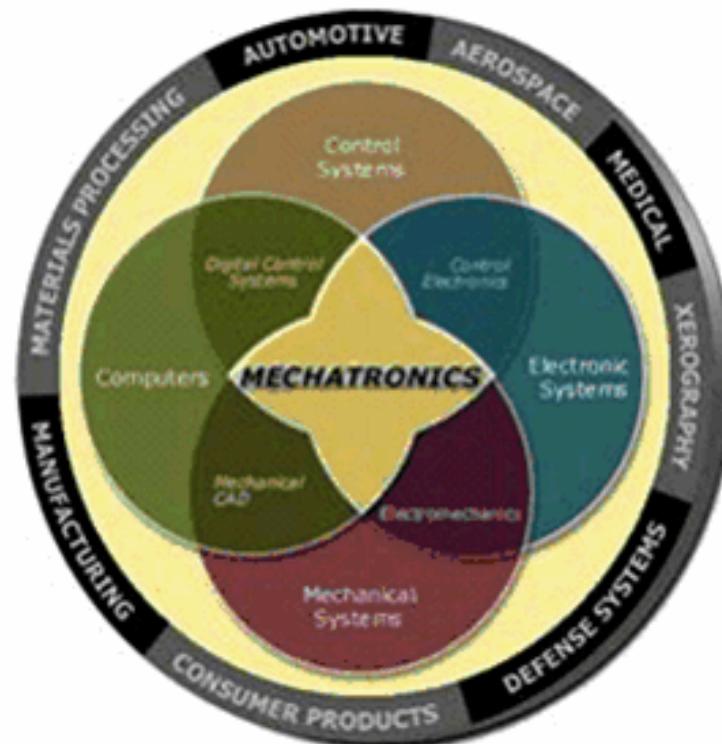
# Enfoque Tradicional al Diseño Electromecánico de Máquinas



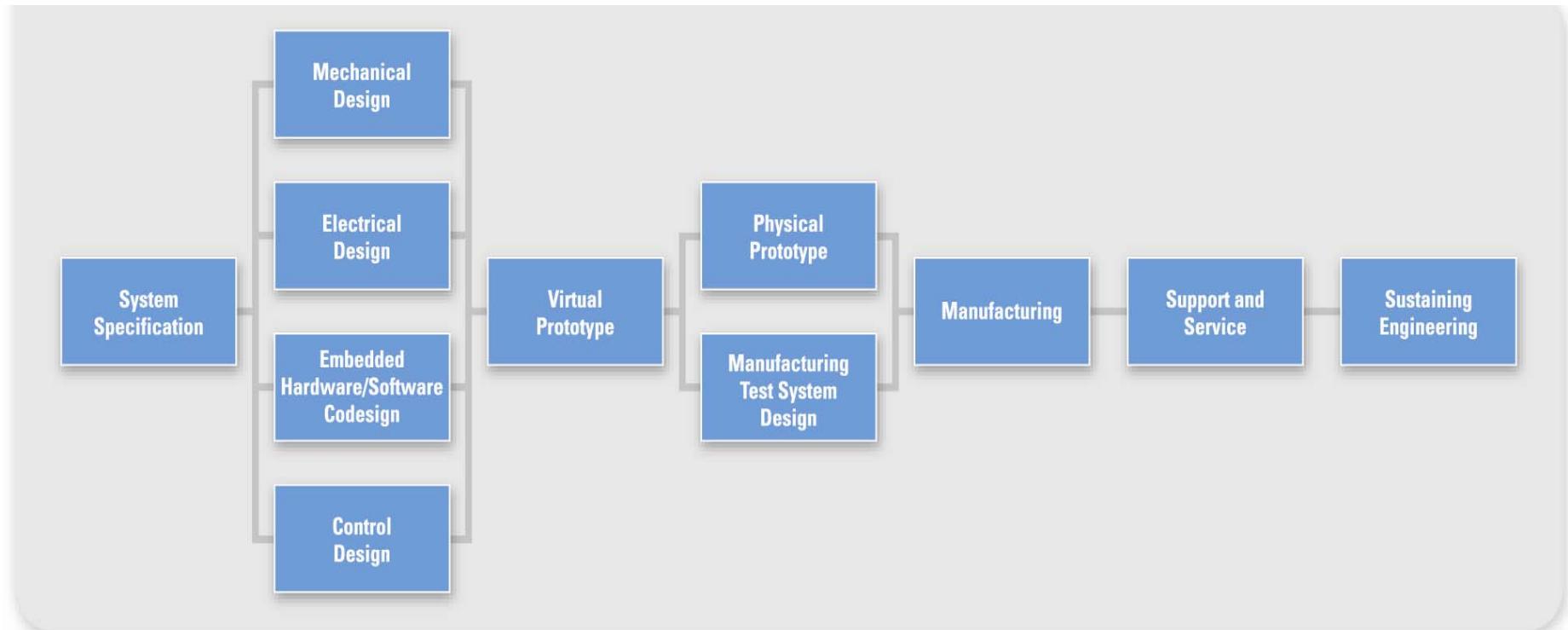
- Comunicación deficiente entre grupos de diseño
- Largo tiempo de desarrollo con alto riesgo
- Diseño poco optimizado

# Mecatrónica

- La mecatrónica es un acercamiento al diseño de máquinas que combina mecánica, electrónica, control y software embebido

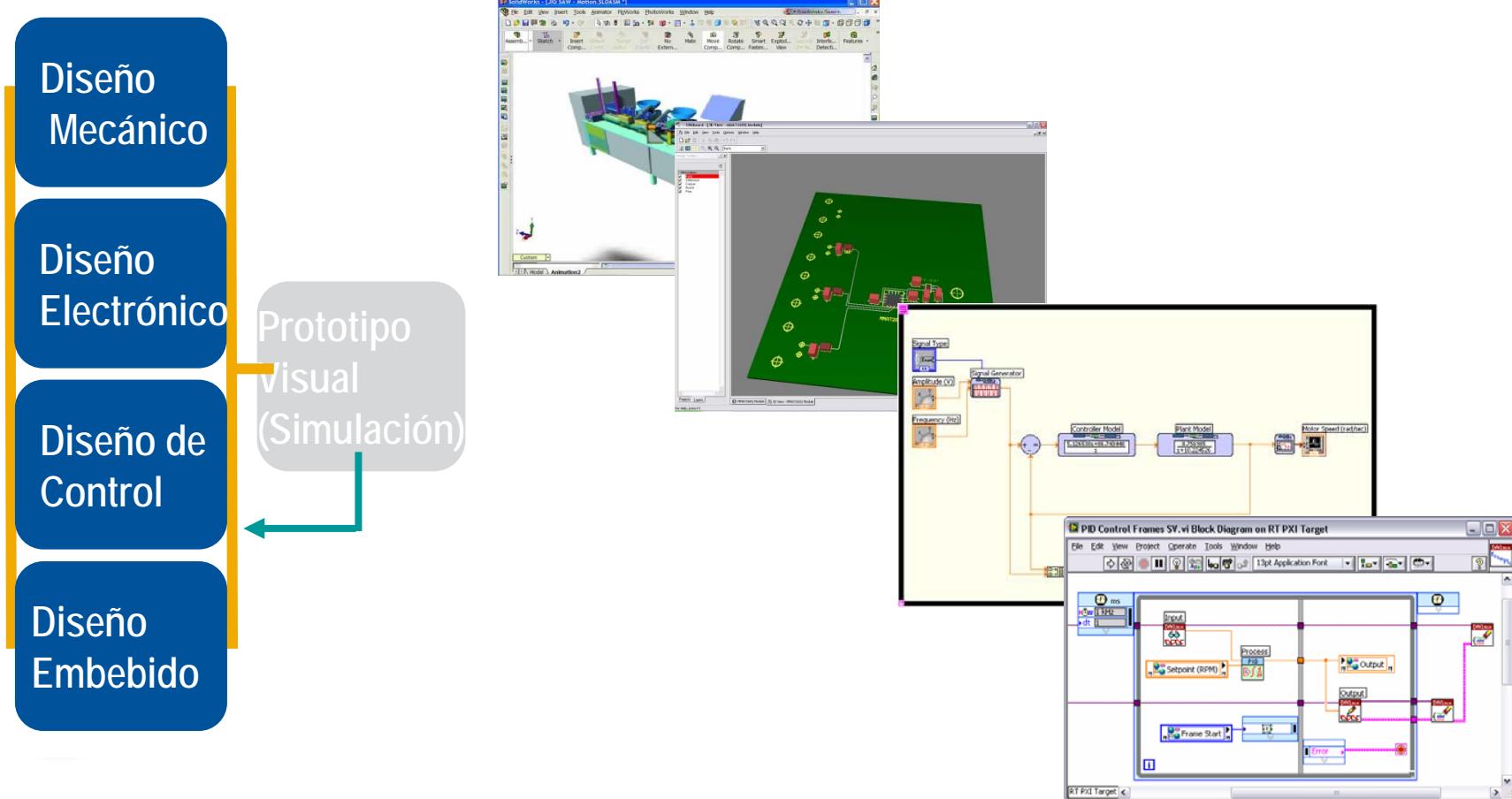


# Enfoque de la Mecatrónica al Diseño Electromecánico de la Máquina



- Ciclos de desarrollo cortos y de bajo costo
- Mejora calidad, confiabilidad y desempeño

# 1. Integración de Herramientas de Diseño



# Nivel de Integración de Herramientas de Diseño

- *Mejor – Una herramienta de diseño para toda las disciplinas*
- Manual – Pasar datos manualmente entre las herramientas
- Básico – Datos trasferidos en archivos de formato estándar
  - Perfil de movimiento de CSV a CAD
- Avanzado – Automatización completa de las herramientas
  - NI LabVIEW automatizando SolidWorks por medio de ActiveX

# Conectividad Abierta a Herramientas de Diseño

## Matemáticas

NI LabVIEW Math  
The MathWorks, Inc. MATLAB®  
Maplesoft Maple  
MathSoft Mathcad

## Diseño Electrónico

NI LabVIEW (Motor Sizing)  
NI Multisim  
ORCAD PSpice  
Ansoft Designer

## Diseño Control

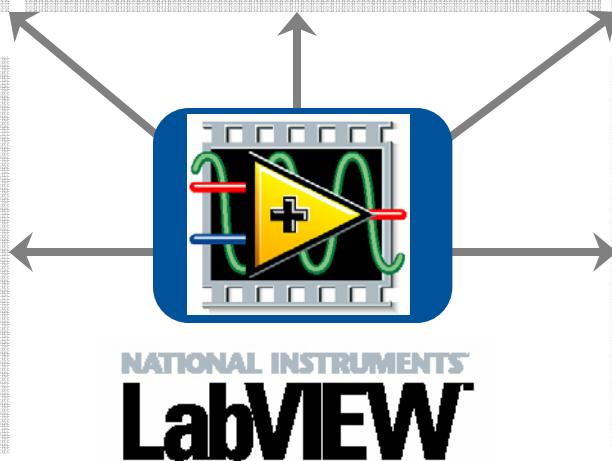
NI LabVIEW Control Design  
The MathWorks, Inc. Simulink®  
Dynesim Dymola  
Plexim PLECS

## Software Embebido

NI LabVIEW Real-Time/Embedded  
Wind River Workbench  
Analog Devices VisualDSP++  
Freescale Code Warrior  
Xilinx System Generator

## Diseño Mecánico

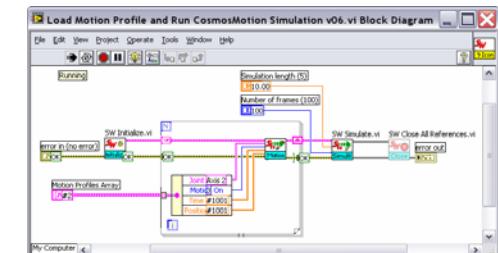
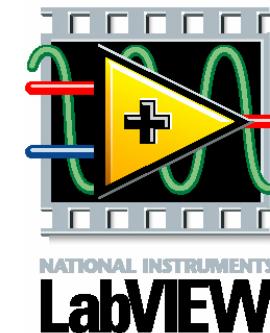
SolidWorks SolidWorks  
PTC Pro/Engineer  
MSC Nastran and Adams  
Autodesk AutoCAD



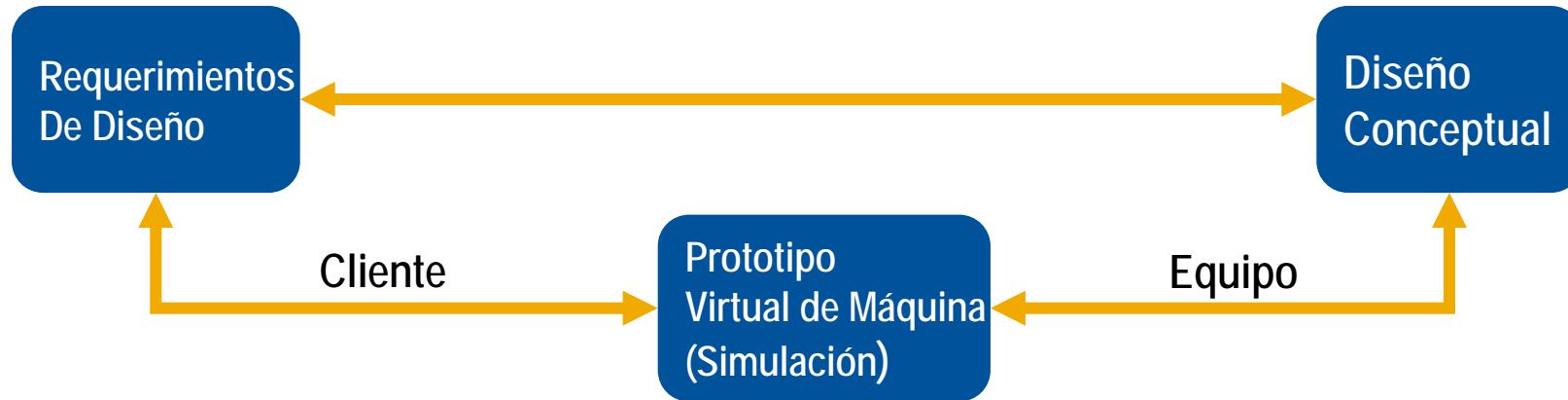
MATLAB® and Simulink® are registered trademarks of The MathWorks, Inc.

# LabVIEW: Plataforma para Prototipos Virtuales

- Herramientas gráficas intuitivas para los expertos en su área
- Construcción de diseño de control y simulación
- Integración de herramientas de diseño
- Arquitectura abierta y flexible
- Habilidad de ejecutarse en múltiples plataformas de hardware industrial



# Prototipo Virtual de Máquinas



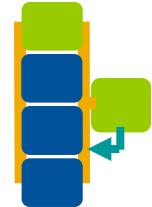
Mecánico: *Visualización de diseño*

Eléctrico: *Tamaño del motor*

Control: *Verificar la lógica del control*

Software Embebido: *Implementación sencilla*

# Retos en el Diseño Mecánico



**El Reto: Comprender los requerimientos**

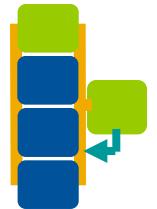
**Solución: Simulación electromecánica**

- *Utilizar lógica de control para visualizar a la máquina trabajando*

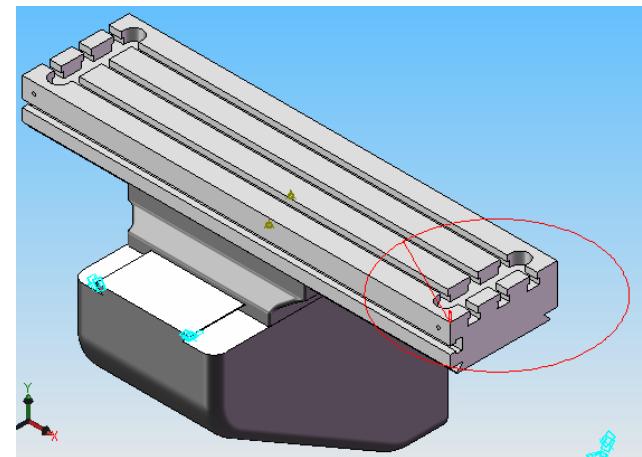
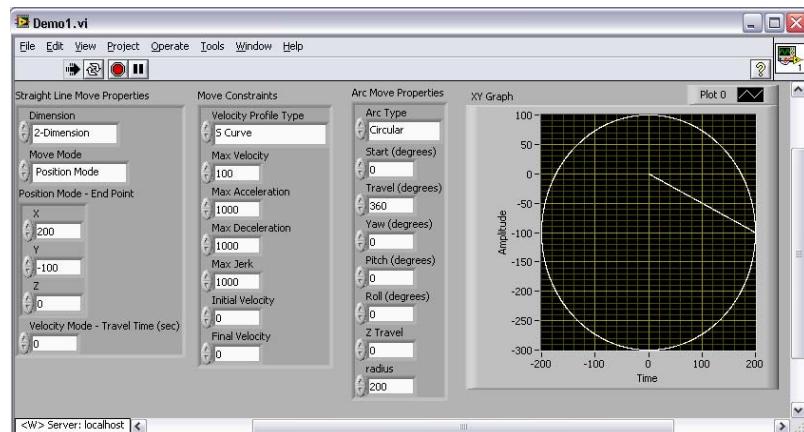
**Beneficios:**

- ✓ Comunicación mejorada con el cliente
  - Aumentando la confianza: enseñando pruebas de concepto
  - Ventajas competitivas en el proceso de licitación
- ✓ Mejoras en la comunicación del equipo de diseño
  - Redefiniendo especificaciones de diseño
  - Evaluar el diseño de la arquitectura a alto nivel

# Pasos de Simulación Electromecánica

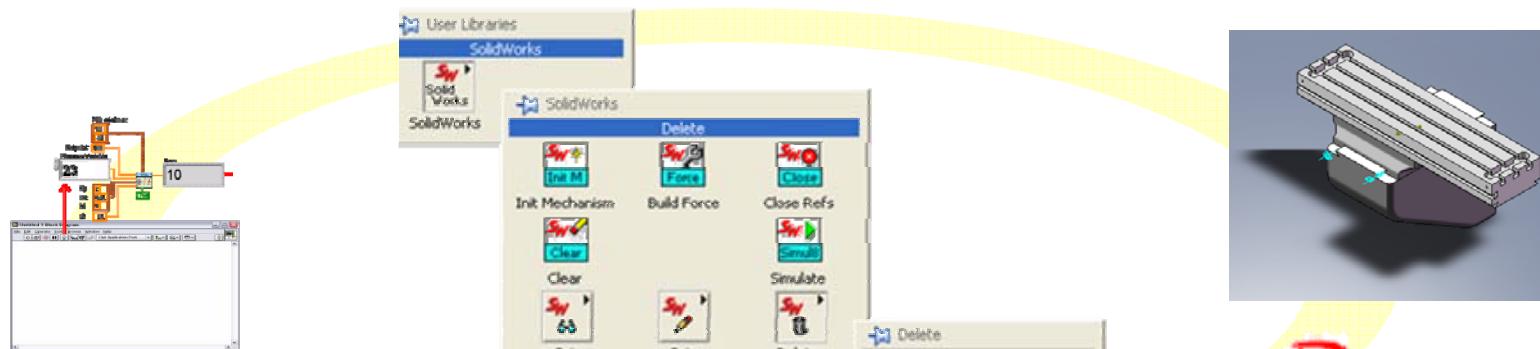


1. Determinar la lógica de la máquina
2. Generar el perfil de datos con software de prototipos virtuales
3. Enviar a herramienta de diseño en 3D
4. Use una herramienta CAD para animar la funcionalidad de la máquina



# Herramientas de Software

- SolidWorks Profesional
  - COSMOSMotion
- LabVIEW Professional
  - VIs de interfaz gratuitos por ActiveX para SolidWorks/LabVIEW
  - NI Motion Assistant



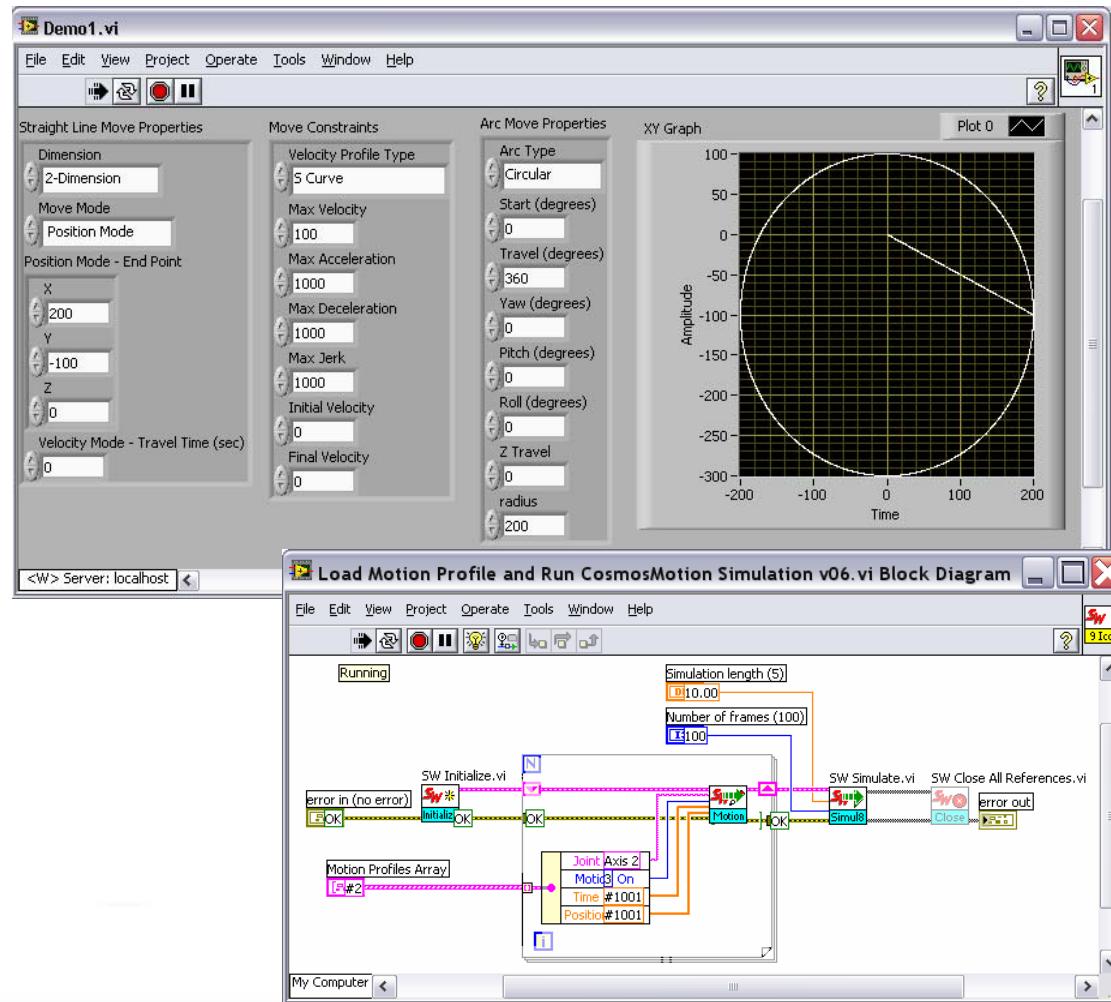
 **LabVIEW**

Funciones de Interfaz  
SolidWorks – LabVIEW

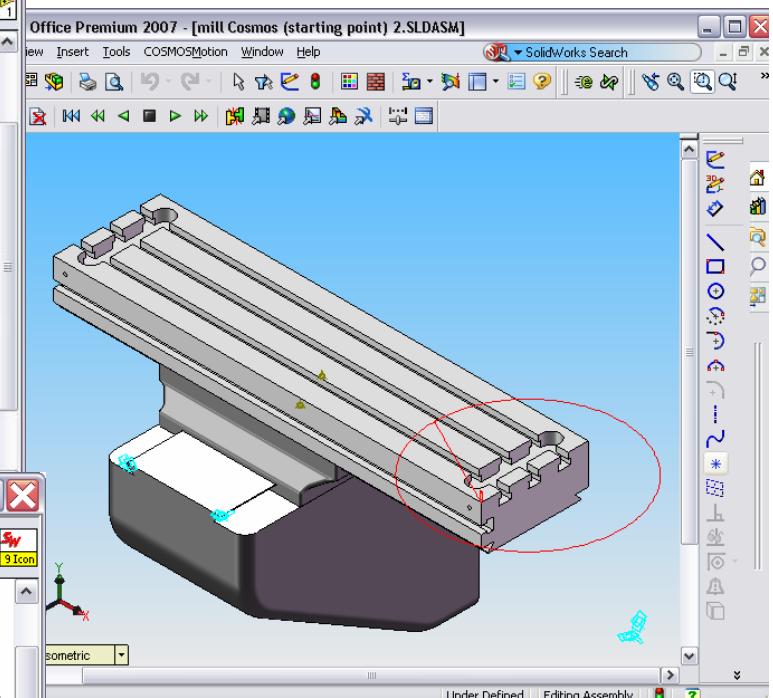
 **SolidWorks**

# Demostración: LabVIEW Automatiza la Visualización del Diseño

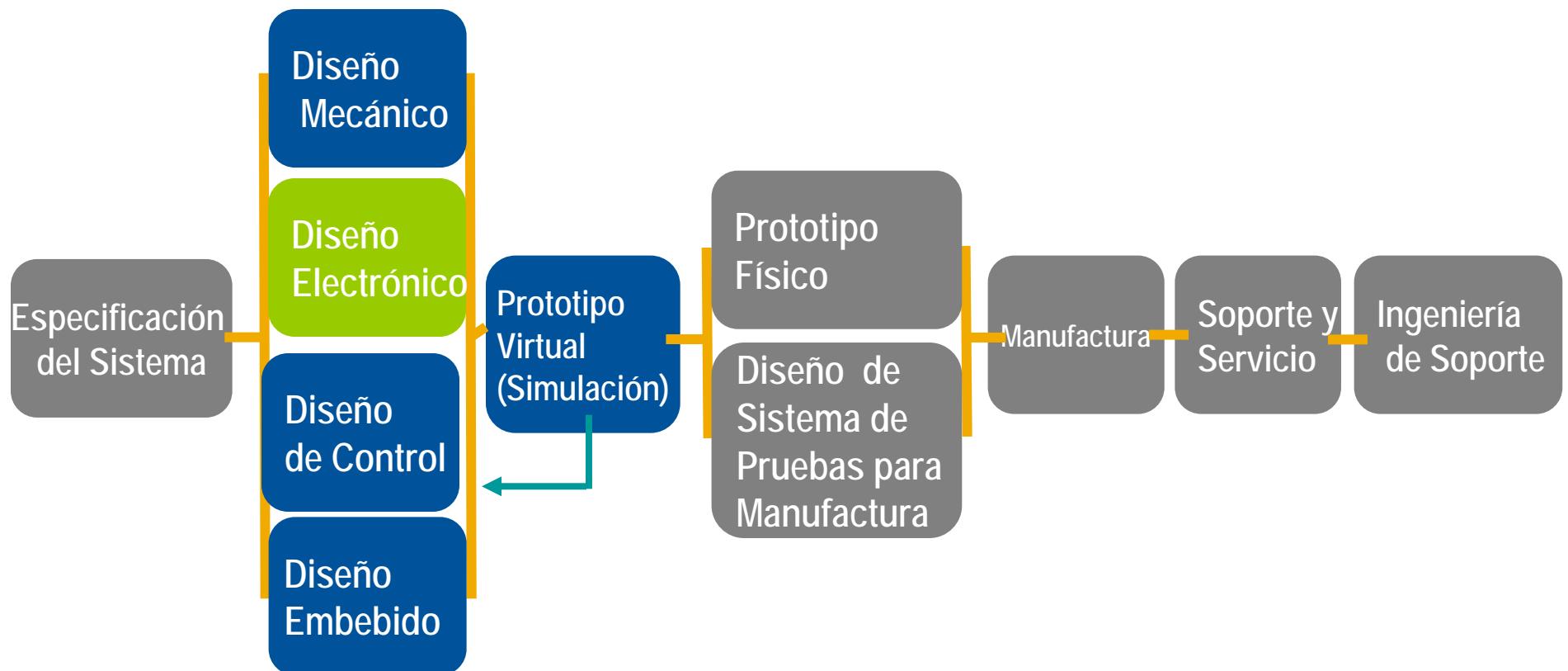
## 2. Control



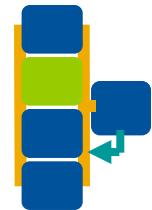
## 1. Diseño Mecánico



# Diseño Electrónico



# Retos del Diseño Eléctrico



## Reto: Especificación del tamaño del motor

- Tipo (AC/DC)
- Torque contra requerimientos de velocidad
- Disipación de calor de forma interactiva
- ✓ Prueba virtual en varios motores

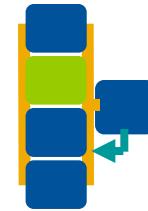
*forma*



I motor



# Dimensión Virtual del Motor DC

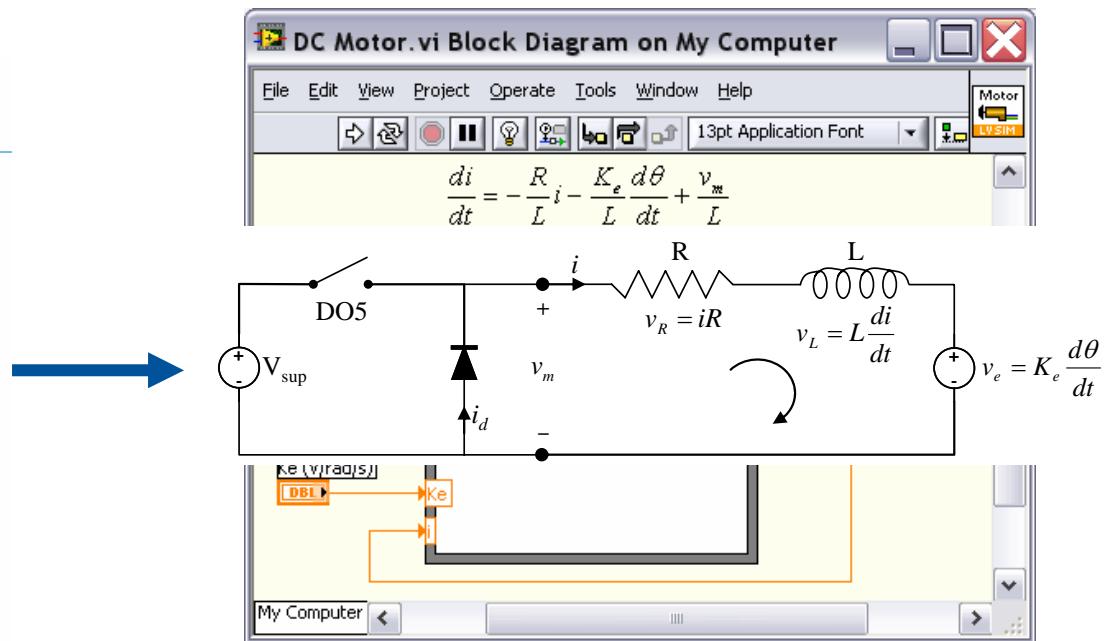


1. Adquirir las especificaciones del motor de la hoja de datos
2. Simular la respuesta del motor a la velocidad y el perfil de torque del CAD

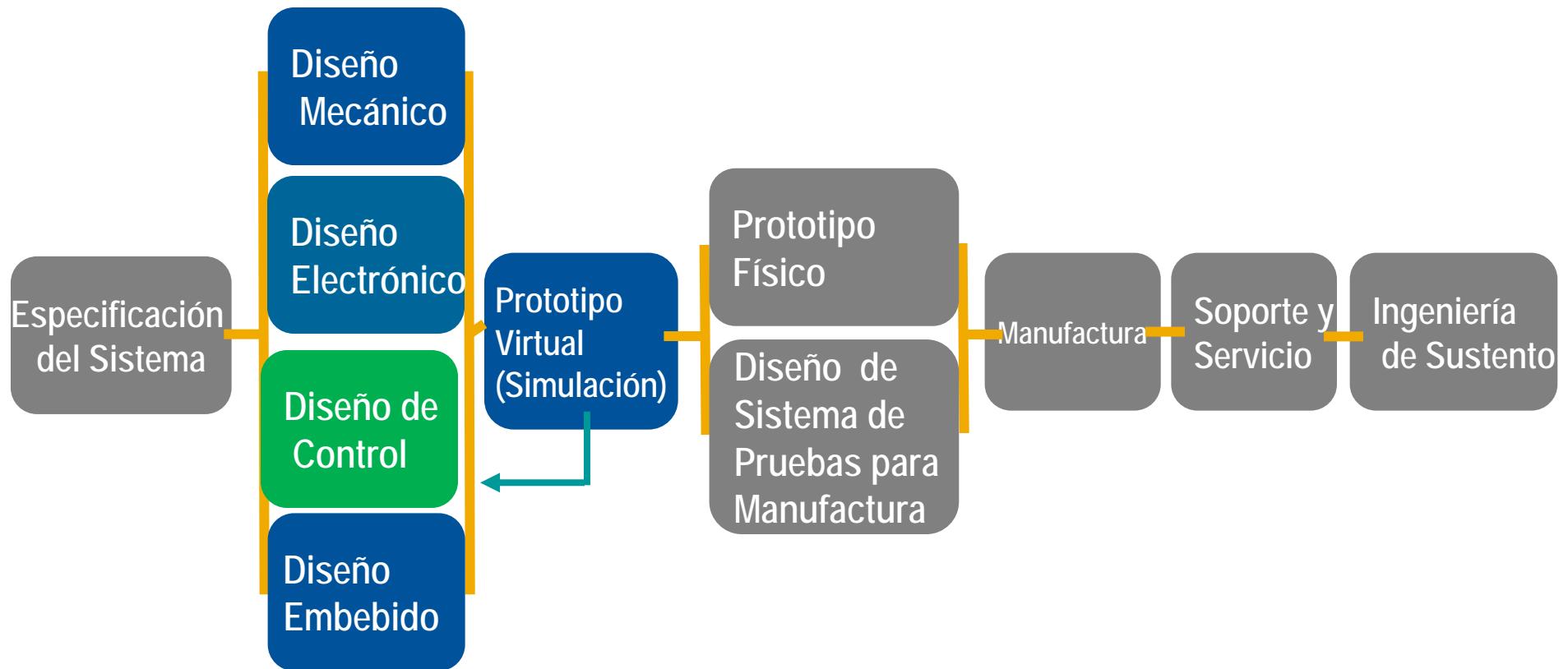
**FAULHABER**  
0,60 mNm

For combination with (overview on page 14-15)  
Gearsatz:  
T01, T03  
Encoder:  
320

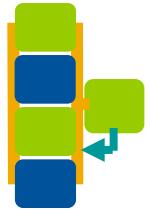
	1210 N	4,5 G	600 G	012 G	015 G	Volt
1 Terminal voltage	U <sub>n</sub>	4,5	6	12	15	12
2 Terminal resistance	R <sub>n</sub>	1007	115	260,0	131	12
3 Output power	P <sub>max</sub>	0,46	0,49	0,50	0,41	W
4 Efficiency	η <sub>max</sub>	74	73	72	70	%
5 No-load speed	n <sub>0</sub>	15.300	16.000	16.200	16.200	rpm
6 No-load current (with shaft ø 0,8 mm)	I <sub>0</sub>	0,00	0,00	0,00	0,02	A
7 Static torque	M <sub>s</sub>	1,14	1,17	1,19	0,96	mmNm
8 Friction torque	M <sub>f</sub>	0,02	0,03	0,03	0,03	mmNm
9 Speed constant	K <sub>v</sub>	2.460	2.721	1.264	1.109	rpm/V
10 Back-E.M.F. constant	K <sub>e</sub>	0,269	0,368	0,733	0,902	mV/rpm
11 Torque constant	K <sub>t</sub>	2,5	3,1	1,7	2,1	ms
12 Current constant	K <sub>i</sub>	0,362	0,285	0,143	0,16	A/ratio
13 Slope of M curve	an/M	13,413	13,642	13,447	16,875	rpm/Nm
14 Rotor inductance	L	150	300	1.200	1.600	μH
15 Mechanical time constant	T <sub>m</sub>	20	20	18	19	ms
16 Rotational inertia	J	0,14	0,14	0,13	0,11	Nm²
17 Angular acceleration	α <sub>m</sub>	91	98	92	97	rad/s²
18 Thermal resistance	R <sub>th</sub> / R <sub>th2</sub>	17 / 48				K/W
19 Thermal time constant	T <sub>th</sub> / T <sub>th2</sub>	5,5 / 396				s
20 Operating temperature range:		-30 ... +85 (optional)	-30 ... +125			°C
- min.		+85 (optional)	+125			°C
- max. permissible						°C
21 Shaft bearings:		sintered bronze sleeve ball bearing (standard)				
-with shaft diameter		0,8	1,0			mm
-radius at 3.000 rpm (1,5 mm from bearing)		0,5	1			mm
- axial at 3.000 rpm		0,1	0,5			mm
- axial at standstill		20	5			mm
22 Shaft height:		<	0,08	0,02		mm
-radial		<	0,2	0,2		mm
23 Housing material		steel, nickel plated				
24 Weight		1				g
25 Direction of rotation		clockwise, viewed from the front face				
Recommended values - mathematically independent of each other						
26 Speed up to	M <sub>max</sub>	13.000	12.000	12.000	12.000	rpm
27 Torque up to	M <sub>max</sub>	0,60	0,60	0,60	0,60	mmNm
28 Current up to (thermal limit)	I <sub>max</sub>	0,260	0,200	0,100	0,070	A



# Diseño de Control



# Retos en el Diseño de Control



## Retos:

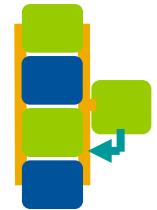
- Desarrollo de software en un componente crítico
- Necesita prototipo físico para la prueba del algoritmo de control

**Solución:** Desarrollar y probar el algoritmo de control en un modelo virtual

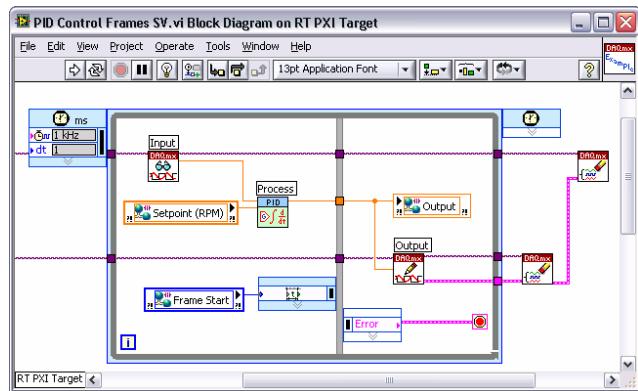
## Beneficios:

- ✓ Comenzar de inmediato con el desarrollo del control
- ✓ Redefinir la estrategia de control antes de hacer prototipos físicos
- ✓ Detectar interferencias y resonancias

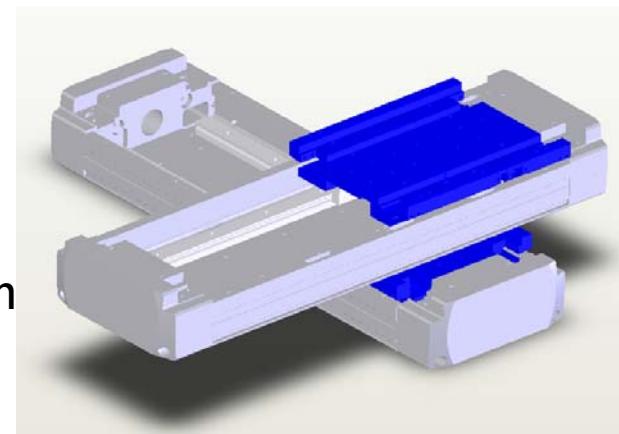
# Integrando Control y Diseño Mecánico



## Software de Control



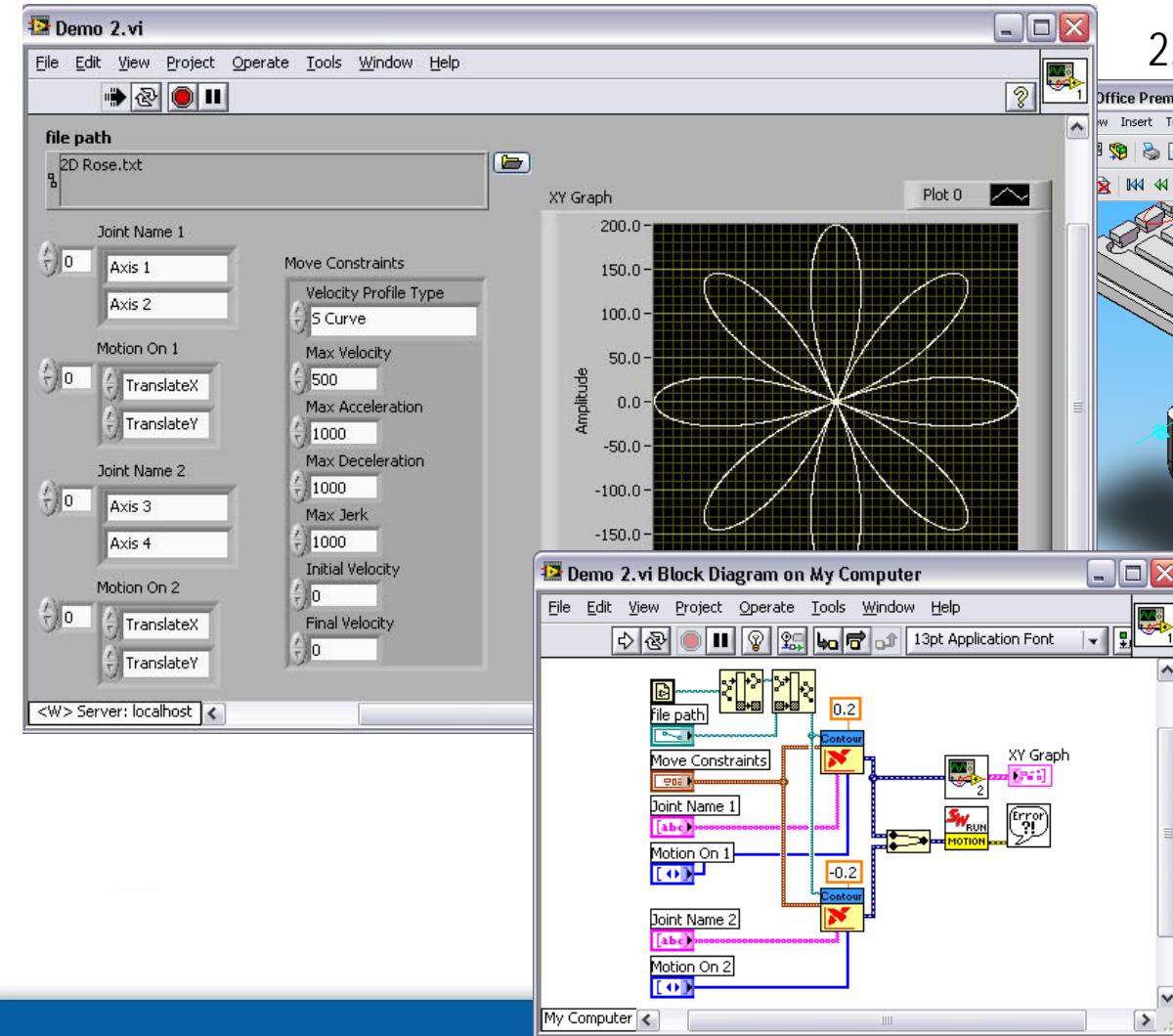
## Simulación



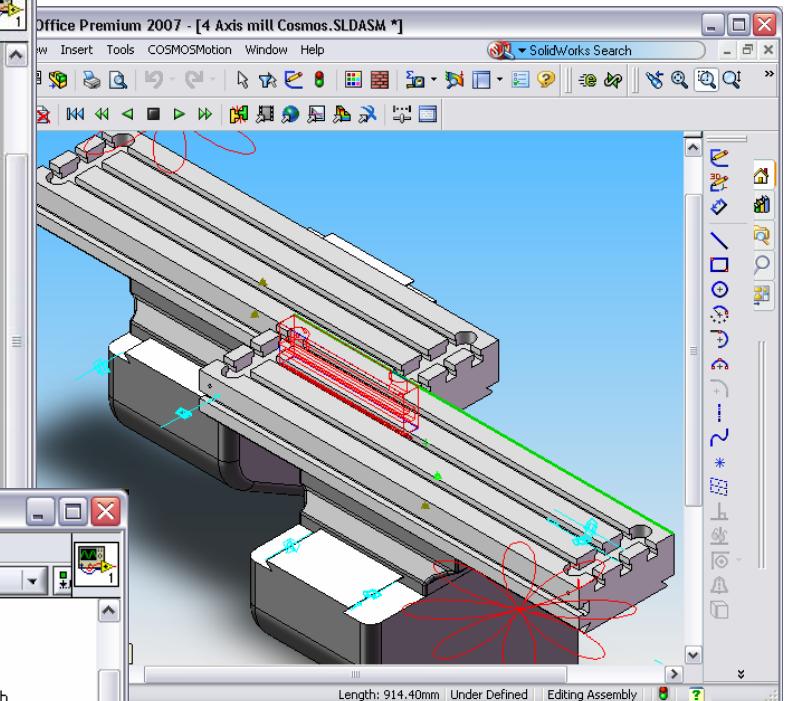
1. Desarrollar la lógica de control de la máquina
2. Animar el modelo e identificar problemas potenciales

# Demostración: Detección de Interferencia

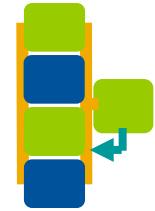
## 1. Perfil de Movimiento



## 2. Detección de Interferencia



# Retos en el Diseño de Control



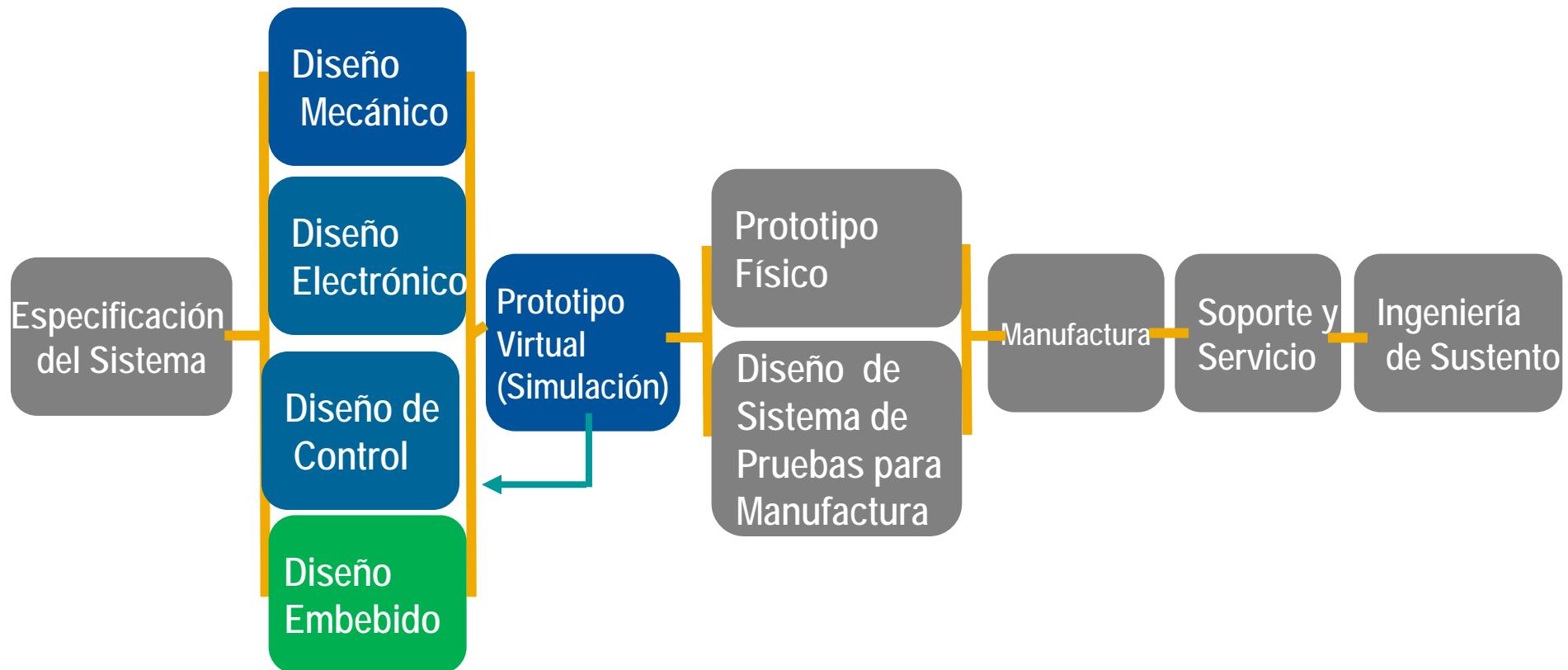
**Reto:** Encontrar una alternativa para un PID convencional, el cual no está sintonizado para todos los estados de la máquina

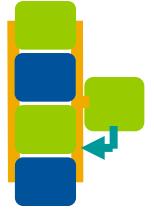
**Solución:** Utilizar un PID avanzado u otro algoritmo de control

## Beneficios:

- ✓ Lograr un control más preciso
- ✓ Seleccionar PID, PID avanzado, control basado en modelo o control predictivo de modelo
- ✓ Reducir el desgaste y destrozo en partes de la máquina

# Diseño de Software Embebido





# Retos en el Diseño de Software Embebido

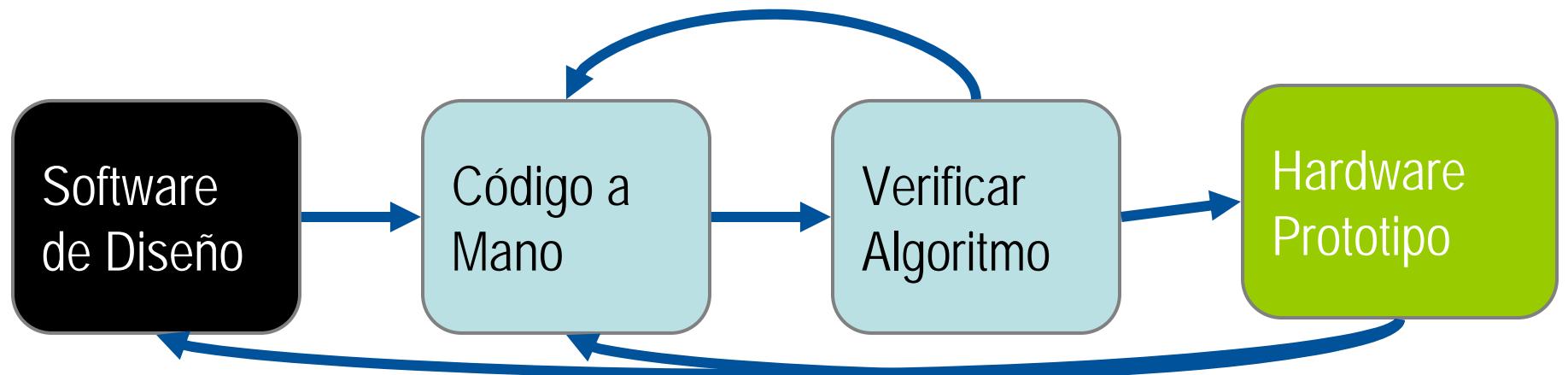
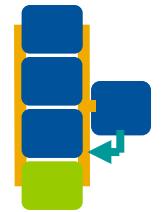
## Reto: Implementar algoritmos embebidos

- Reescribir el código para plataforma de hardware que
- Flexibilidad de implementar algoritmos avanzados

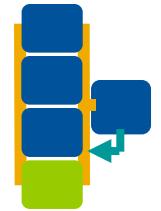
## Beneficios:

- ✓ Reducir el tiempo y costo de desarrollo
- ✓ Menos oportunidad para errores de traducción

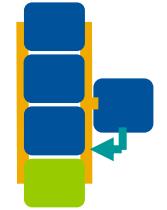
# Ingeniería de Algoritmos



# Ingeniería de Algoritmos



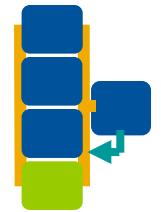
# Retos de Prototipos e Implementación



## Retos: Elegir la plataforma de prototipos correcta

- Velocidad y memoria del controlador
  - E/S de señales especiales
  - Habilidad de implementar avanzados algoritmos de control
- ✓ Confiabilidad en la ejecución de algoritmos de control
- ✓ Integrar cualquier E/S incluyendo monitoreo de condición de máquina y visión
- ✓ Proteger IP (propiedad intelectual)

# Hardware de Implementación

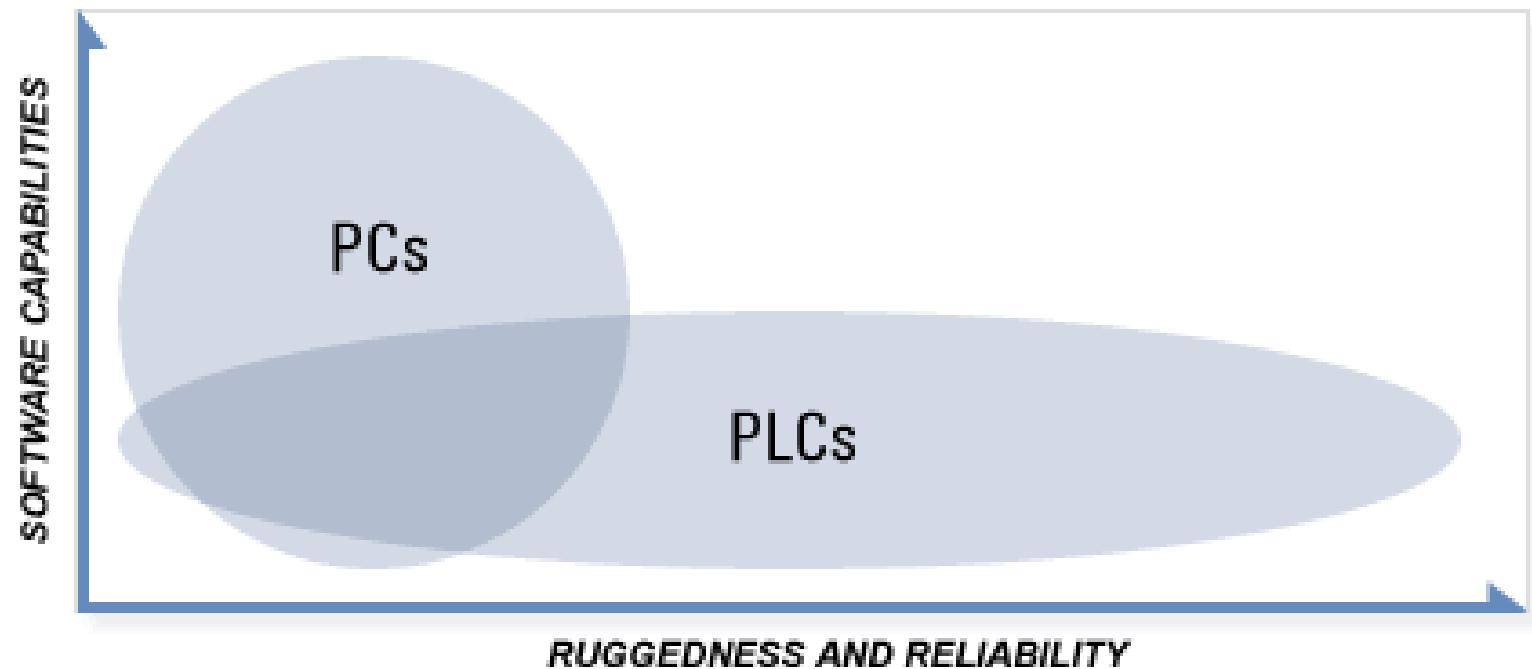


- Computadora de escritorio
- Computadora industrial
- Controladores de automatización programables (PACs)
- Controladores lógicos programables (PLCs)
- Tarjetas personalizadas

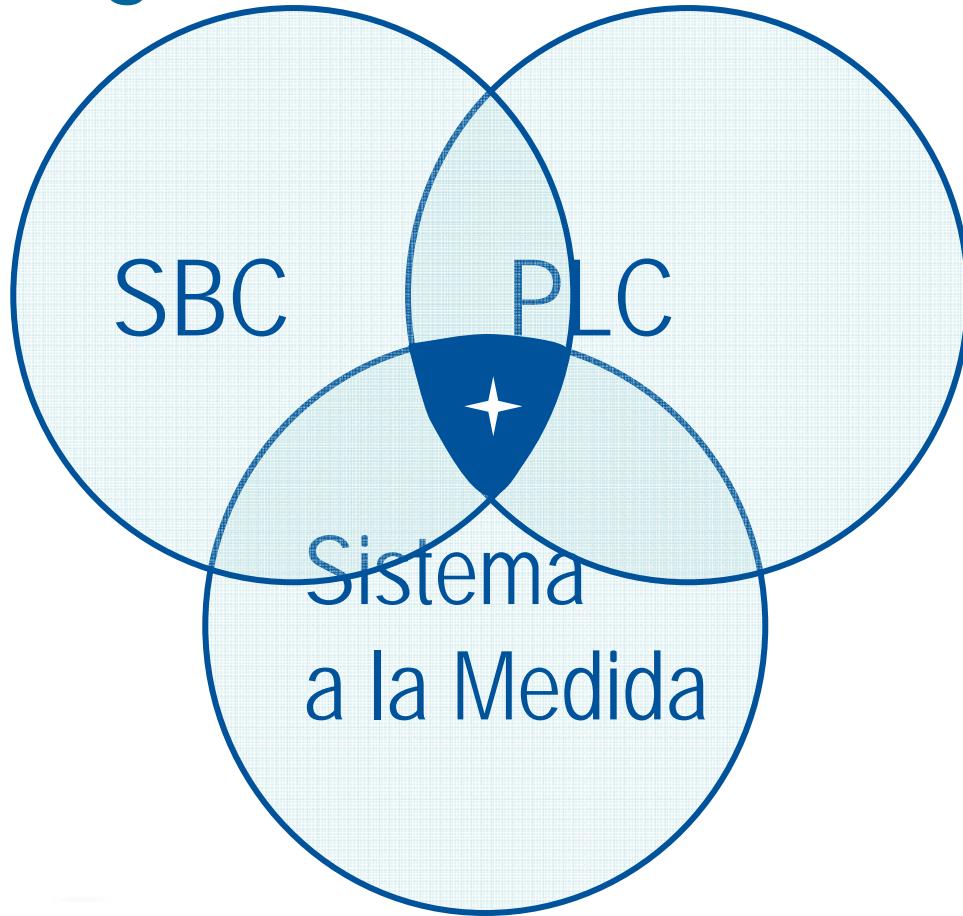
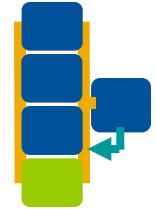


# Controlador de Automatización Programable (PAC)

- Robusto y confiable como un PLC
- Capacidades de software de una PC
- E/S modulares y diversas



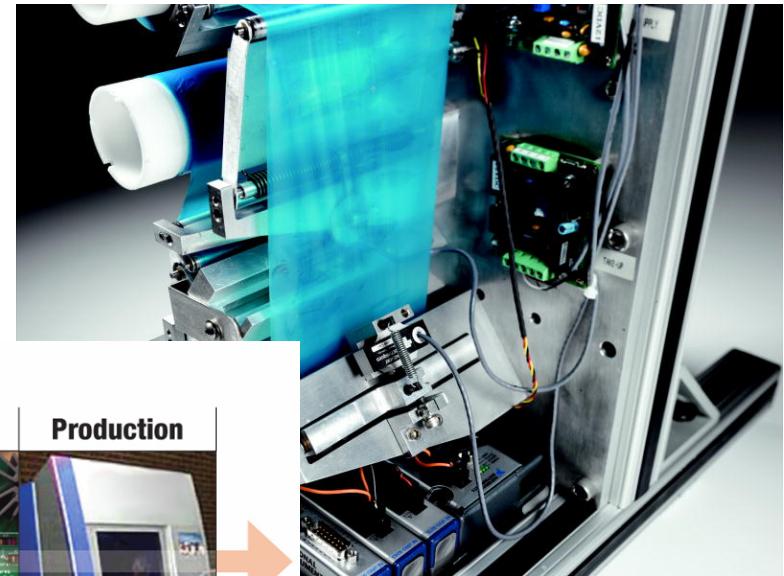
# Controlador de Automatización Programable Basado en FPGA



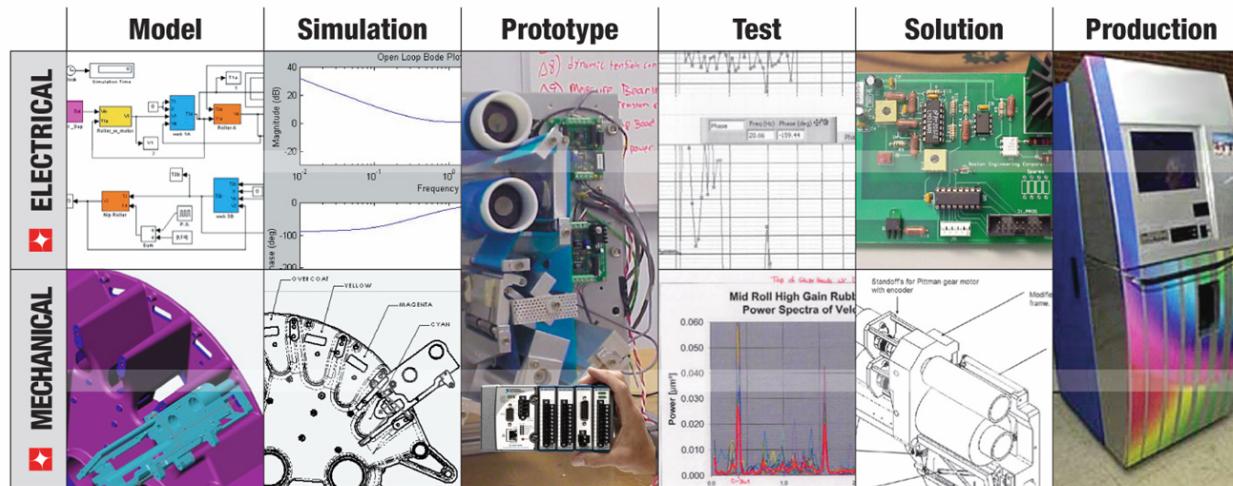
*NI CompactRIO*

# Caso de Estudio: Diseño de Quiosco para Fotografía Digital

- Aplicación
  - Tensión precisa de la filmina
- Retos
  - Vibraciones de la cabeza cortadora
  - Variaciones de velocidad del motor
  - PID no funcionará



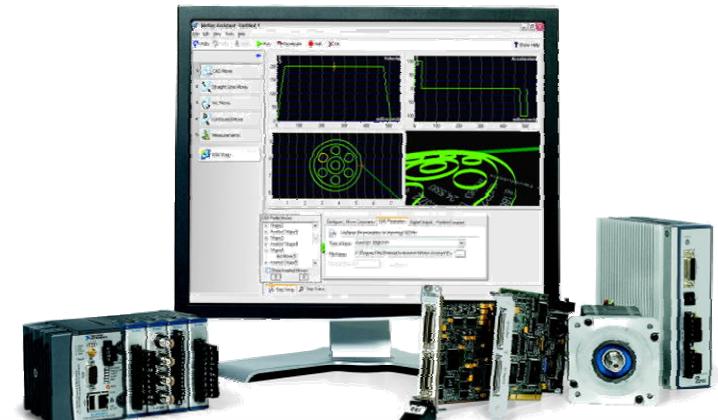
## Mechatronics Engineering Process



OSTON  
ENGINEERING

# Consideraciones Adicionales de Diseño: Control de Movimiento de Alto Desempeño

- Parte integral de todos los sistemas mecatrónicos
- Mejora la productividad de la máquina
- NI PACs para control de movimiento:
  - PCI y CompactPCI/PXI
  - Control de movimiento personalizado con FPGA
  - Movimiento distribuido con CANopen



# Nuevo para NI Motion

- Dos modelos nuevos de drives de pasos
  - 1 eje DC alimentación: 300 W
  - 1 eje AC alimentación: 525 W
- Rango para 30 nuevos motores de pasos
  - NEMA 17, 23 y 34 tamaños
  - Torque de hasta 1710 oz-in
- Software para capacidad de motores
- [ni.com/motion/stepper](http://ni.com/motion/stepper)

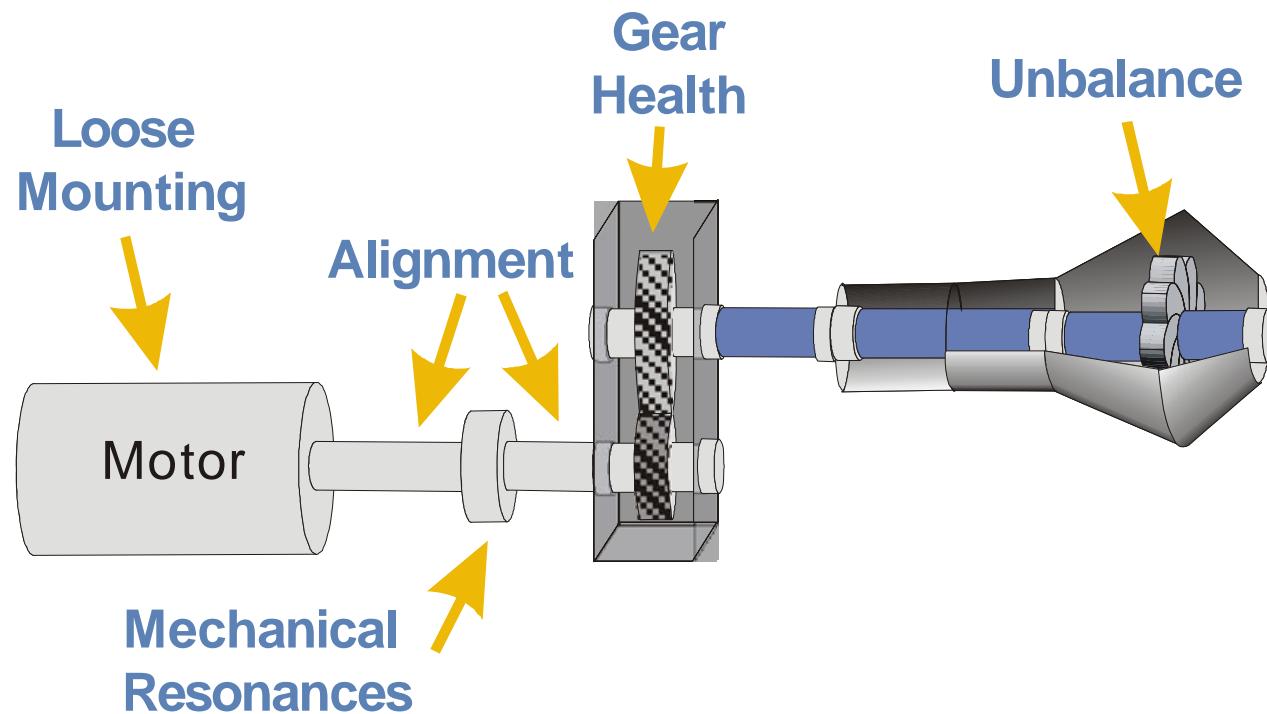


# Consideraciones Adicionales de Diseño: Visión Artificial

- ¿Por qué utilizar visión artificial?
  - Incrementa la taza de salida del producto
  - Reduce el costo de inspección del producto
  - Utiliza rayos-x, infrarrojos
- Aplicaciones
  - Manufactura
  - Prueba de producto
  - Empaque del producto
  - Guías de robot



# Consideraciones Adicionales de Diseño: Monitoreo de Condición de Máquina



# Conclusión

- Desarrollo concurrente en la mecatrónica:
  - Reduce el riesgo y tiempo de desarrollo
  - Requiere integración de herramientas de diseño
- NI ofrece una ruta fácil para implementar sistemas en mecatrónica

