

# Sistemas Flexibles para Posicionamientos de Ultra Precisión

**XL REUNIÓN ACADÉMICA CIENTÍFICA**

FORO  
DOCENTE  
DEL AREA  
MECANICA  
DE LAS  
INGENIERIAS

**FoDAMI**

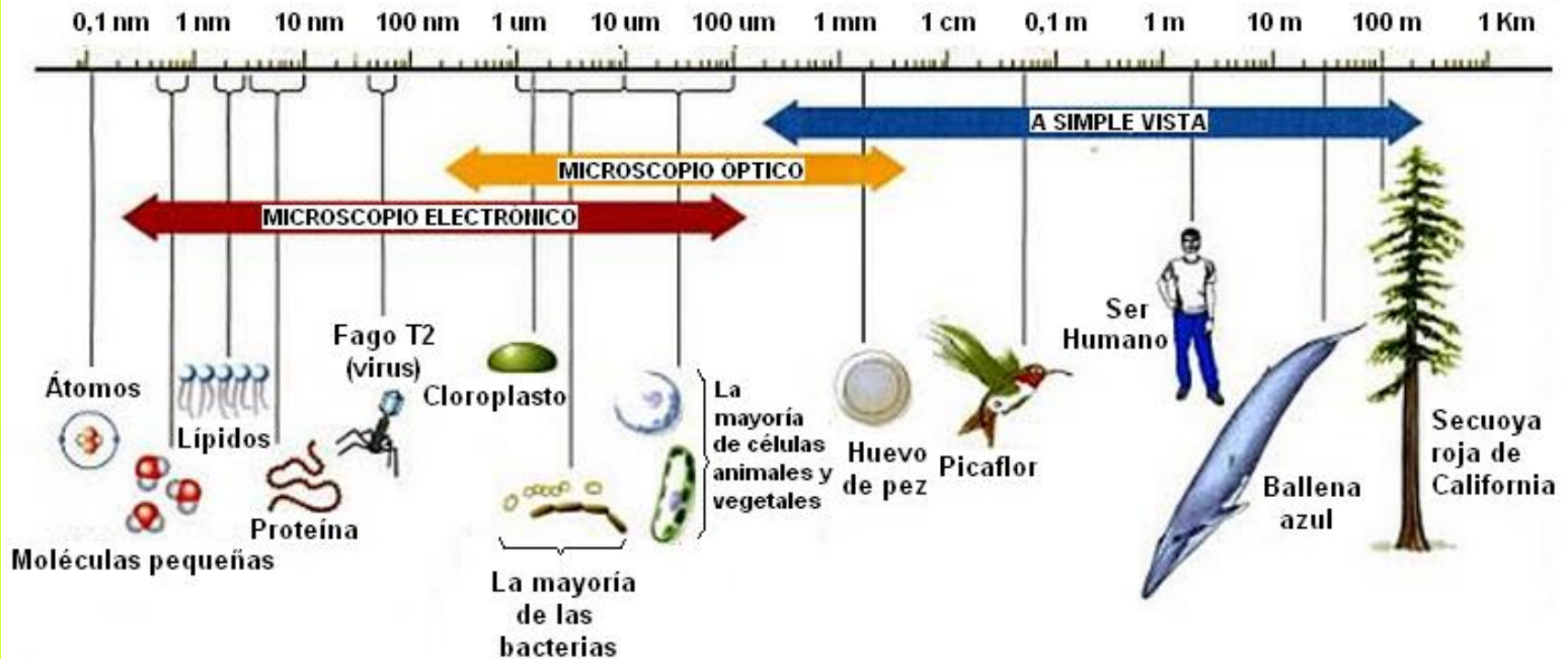


**FIE** Facultad de  
Ingeniería del Ejército  
Universidad de la Defensa Nacional

**Rogelio Hecker**

**Grupo de Mecatrónica Aplicada  
Universidad Nacional de La Pampa  
CONICET**

# Comparación de dimensiones



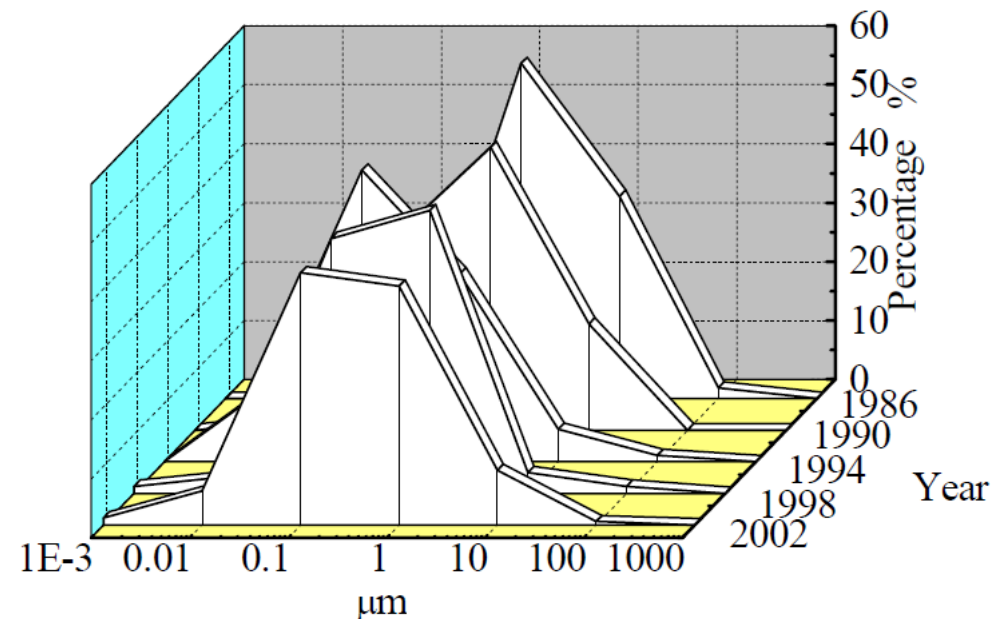
- Preguntas:

- ¿Hasta donde se puede llegar en el control de sistemas de desplazamiento?
- ¿Qué tecnologías tenemos disponibles?

# Tendencia en precisiones demandadas

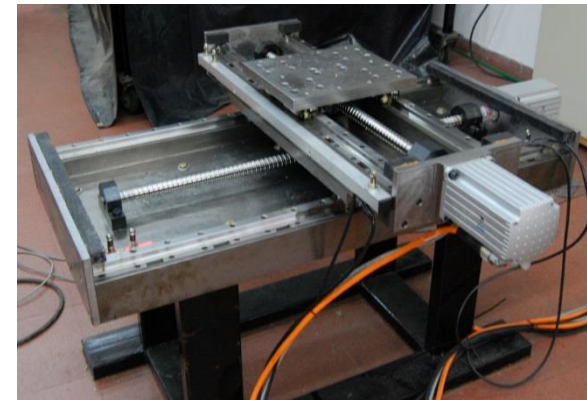
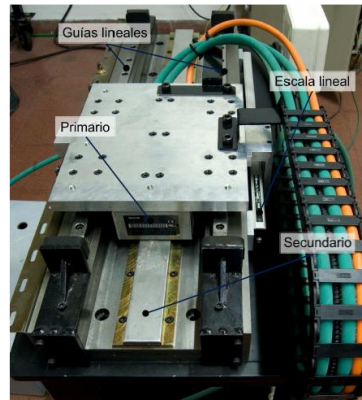
- Rango de precisiones de acuerdo a los requerimientos
  - Precisiones moderadas
  - Precisiones altas: por debajo de los 10  $\mu\text{m}$
  - Ultraprecisión: en el orden de los nanómetros

– Kaiji Sato 2006  
– TREND OF PRECISION  
POSITIONING TECHNOLOGY

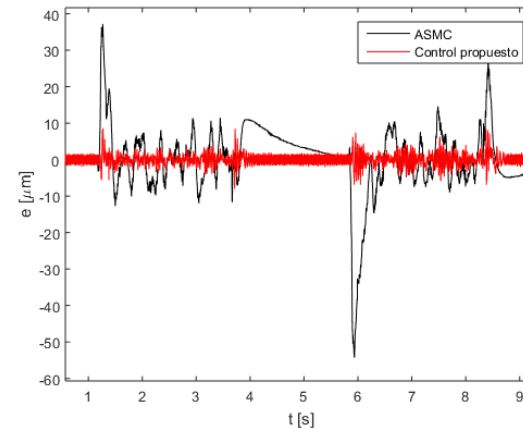
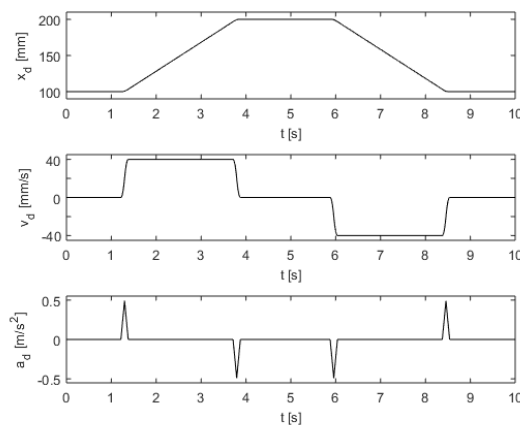


# Sistemas convencionales (UNLPam)

- Sistema con motor rotacional y tornillo de bolas recirculantes
- Sistema con motor lineal

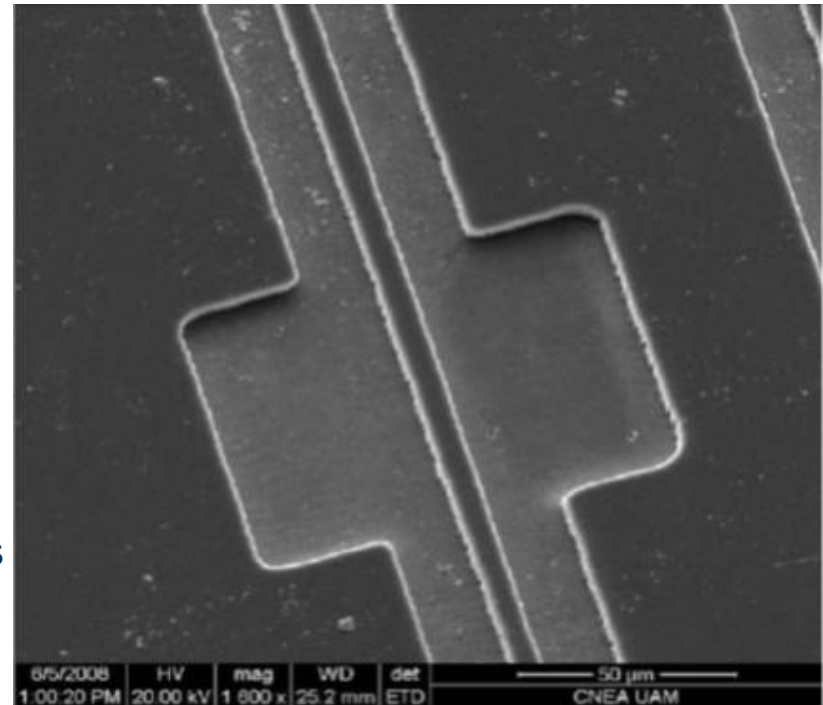


- Ejemplo de posicionamiento con el motor lineal



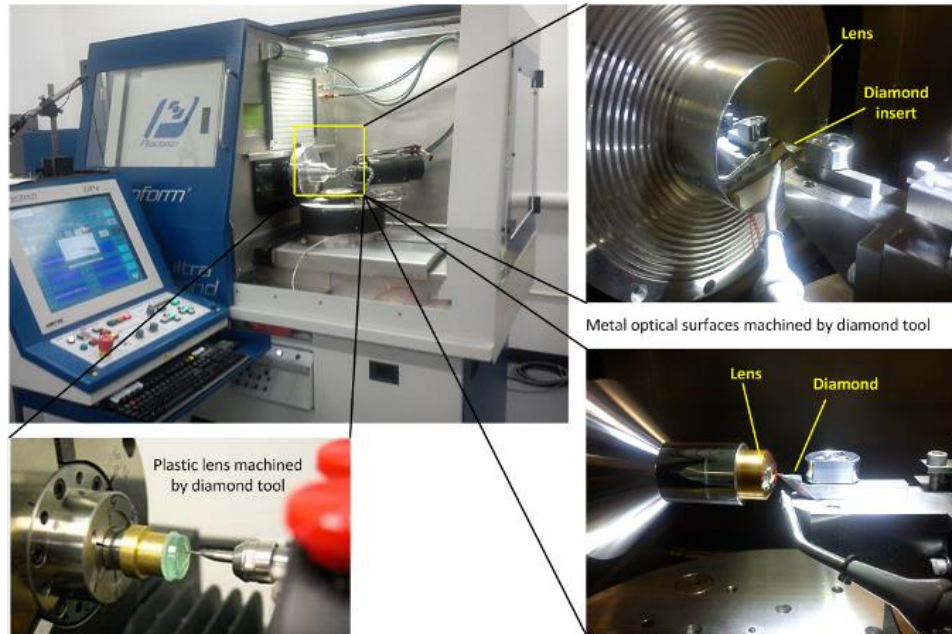
# Ultraprecisión - Aplicaciones

- Prueba de discos rígidos.
- Metrología
- Micro y nano fabricación
- Nanoposicionamiento
- Microscopía de barrido
- Interferometría
- Biotecnología
- Bioingeniería
- Micromanipulación
- Industria electrónica (alineación de obleas de silicio)
- Litografía por láser
- Micromaquinado y fabricación de MEMS
- Supresión de vibraciones
- Mejoramiento de la resolución de captura de imagen



*Microcanal realizado en el Centro Atómico Constituyentes - CNEA*

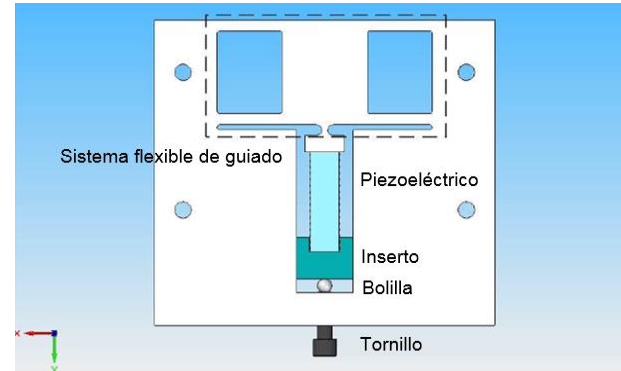
# Ultraprecisión - ejemplo



*Ejemplo de máquina herramienta de alta precisión (Exactitud  $\pm 4 \mu\text{m}$  y  $\pm 0.75 \mu\text{m}$ , Resolución  $3 \text{ nm}$ , Repetibilidad  $\pm 0.2 \mu\text{m}$ )*

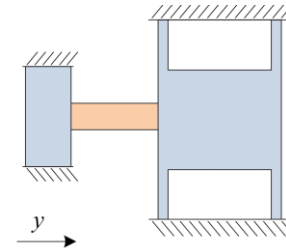
# Tecnología para ultraprecisión

- Sistema mecánico
  - Estructura flexible
- Actuador
  - Piezoeléctricos
  - *Voice coil*, etc.
- Transductor
  - Capacitivos
  - Interferometría laser
  - *Strain gauges*, etc
- Controlador
  - Sistemas dedicado
  - Sistemas abierto de control en tiempo real

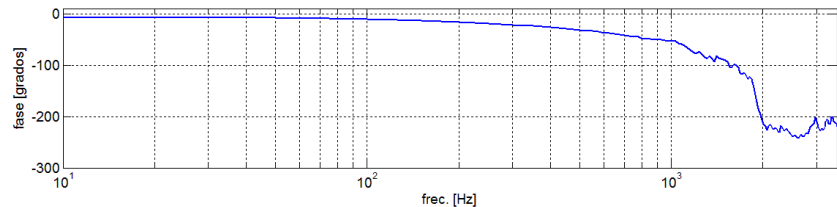
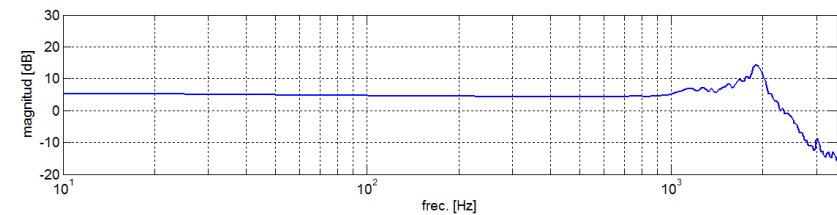
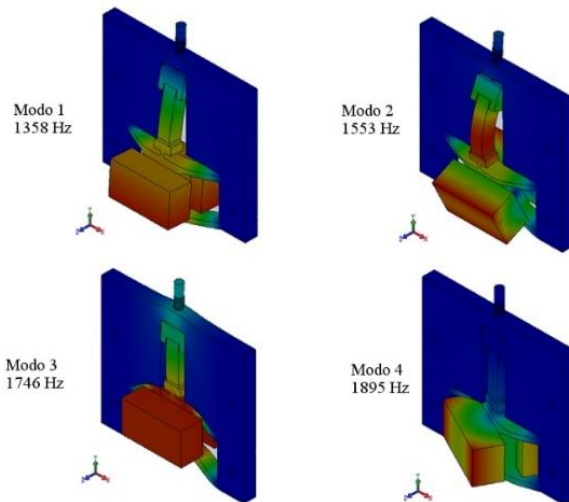
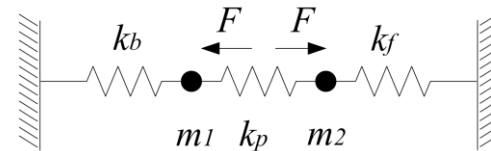


# Diseño y verificaciones

- Diseño del sistema flexible
  - Ecuaciones de sistema pseudorígido
  - Ajuste por elementos finitos

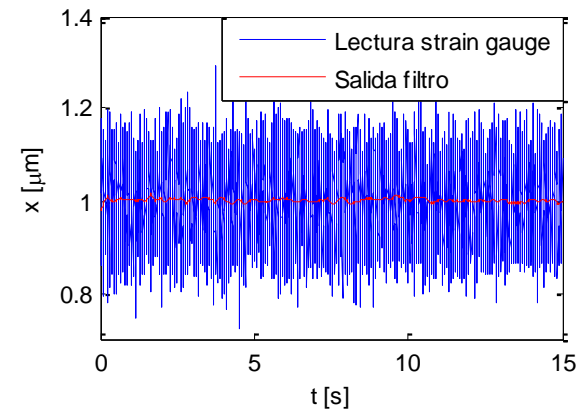
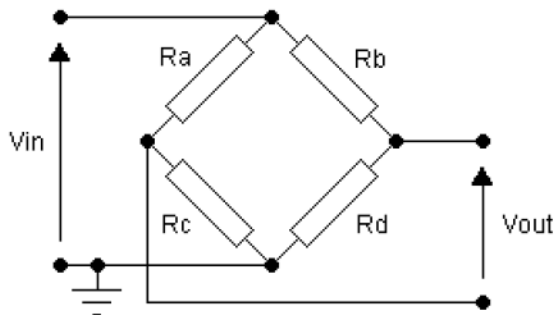
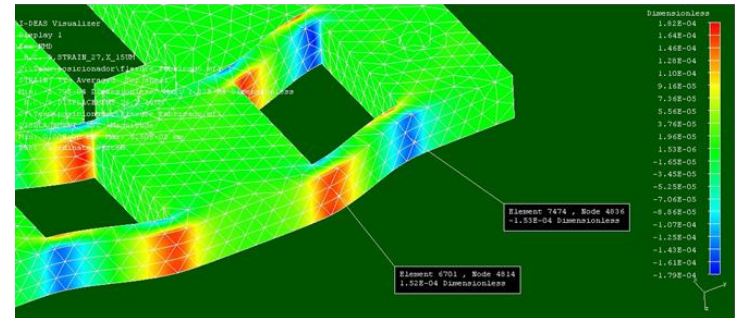
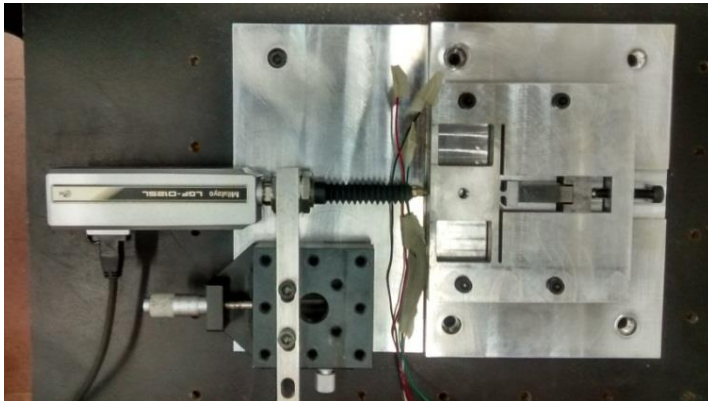


- Verificación experimental:
  - Desplazamiento, deformaciones y frecuencias naturales



# Medición del desplazamiento

- Primera opción
  - *Strain gauges* en las zonas de mayor deformación
  - Filtrado de la señal

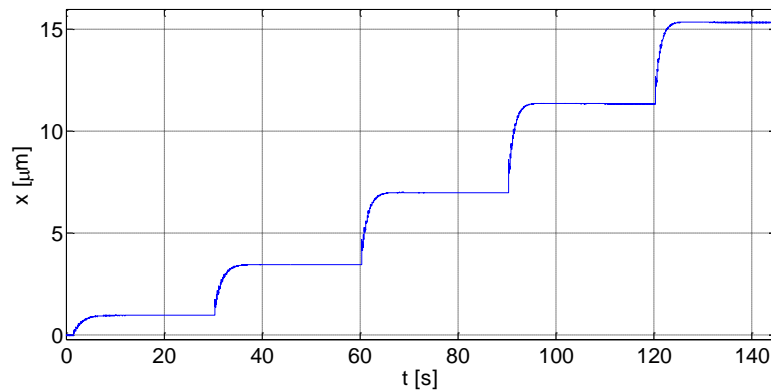


# Control de lazo cerrado

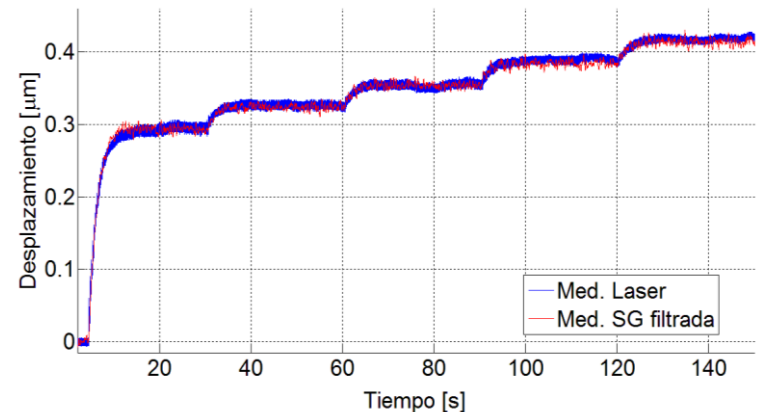
- Control
  - Se implementó un control de lazo cerrado tipo PI
  - Respuesta lenta pero precisa
  - Compensó adecuadamente la histéresis y el creep



Interferometría laser  
Laboratorio CEMETRO UTN-FRC



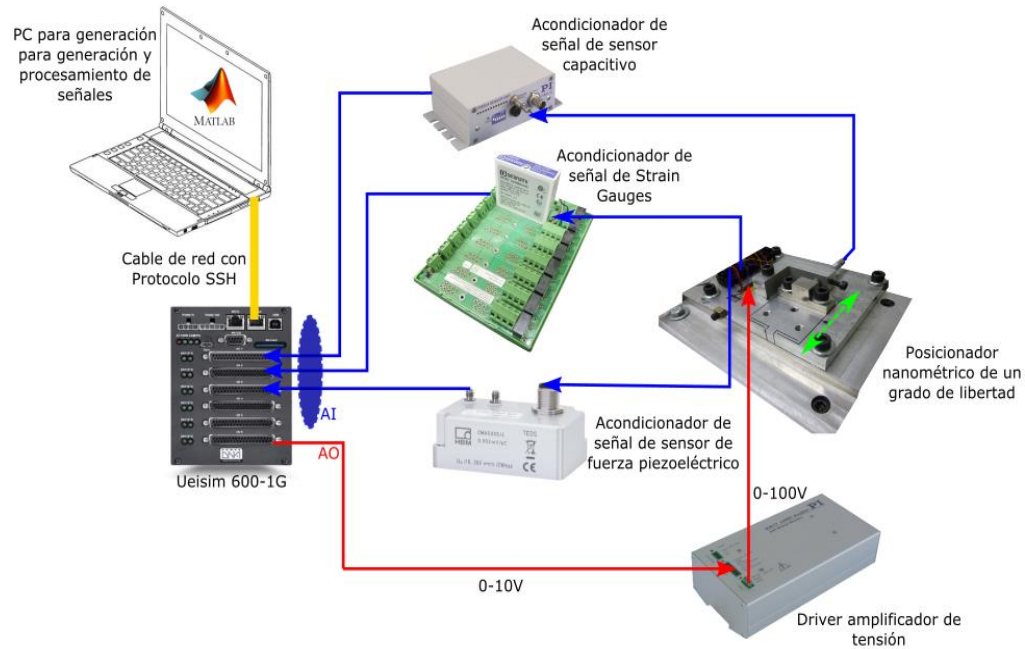
Escalones: 1  $\mu\text{m}$ , 3.5  $\mu\text{m}$ , 7  $\mu\text{m}$ , 11.3  $\mu\text{m}$  y 15.2  $\mu\text{m}$



Microescalones de 30 nm

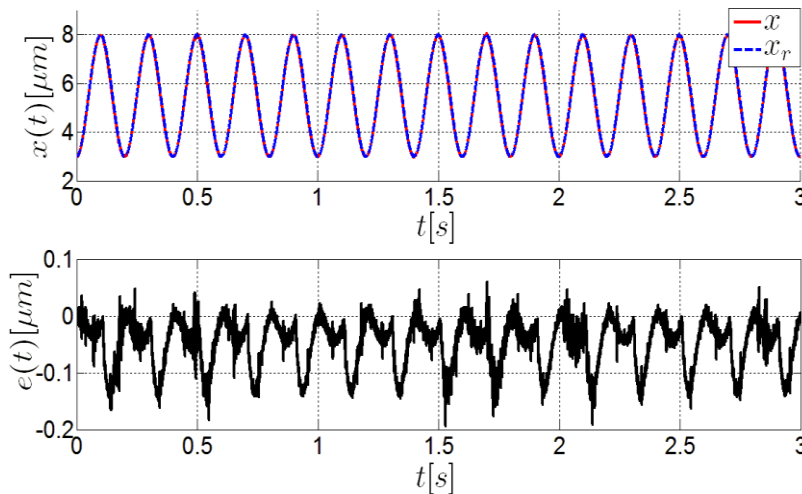
# Sistema completo actual

- Componentes
  - Estructura flexible + piezoeléctrico y fuente
  - Sensor capacitivo y acondicionador de señal
  - Strain gauges y acondicionador de señal
  - Sistema de adquisición de datos
  - Otros: pastilla piezoeléctrica y acondicionador de señal



# Control de lazo cerrado

- Control avanzado
  - Sensor capacitivo
  - Control por modos deslizantes

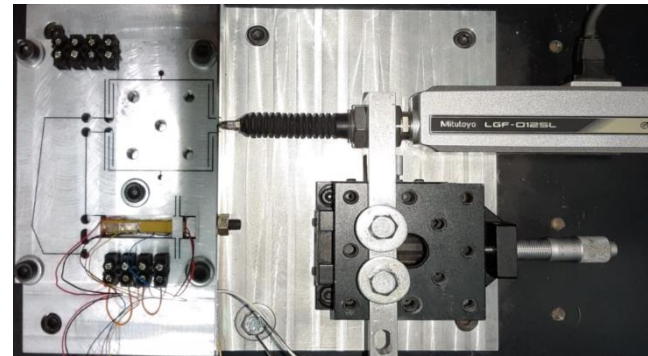
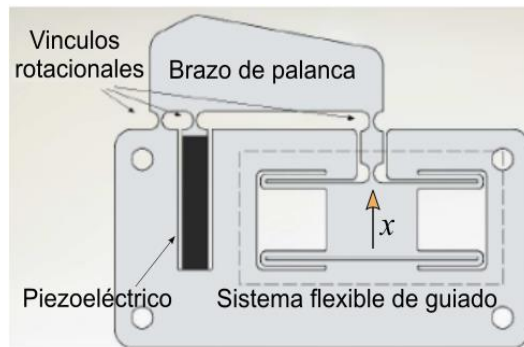


Referencia: Sinusoide de 5 Hz y  $2.5 \mu\text{m}$   
Error máximo de  $0.194 \mu\text{m}$  y rms de  $0.064 \mu\text{m}$

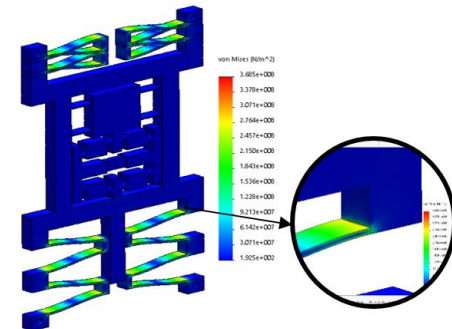
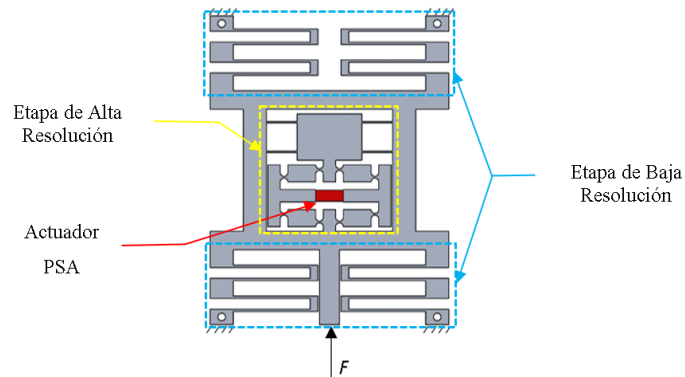


# Otros sistemas propuestos

- Sistema con amplificación de recorrido
  - Amplificación de 2x



- Sistema multietapa (en etapa de fabricación)
  - Recorrido de milímetros con resoluciones de nanómetros



# Sistemas Flexibles para Posicionamientos de UltraPrecisión

## Líneas futuras

- Desarrollar estrategias de control para el sistema multietapa
- Desarrollar sistemas de autosensado de posición para reducir costos
- Incorporar la medición de la fuerza para aumentar el ancho de banda
- Buscar aplicaciones con piezoeléctricos (cosecha de energía)

**Muchas Gracias por su atención!**

Rogelio Hecker

[hecker.rogelio@gmail.com](mailto:hecker.rogelio@gmail.com)

