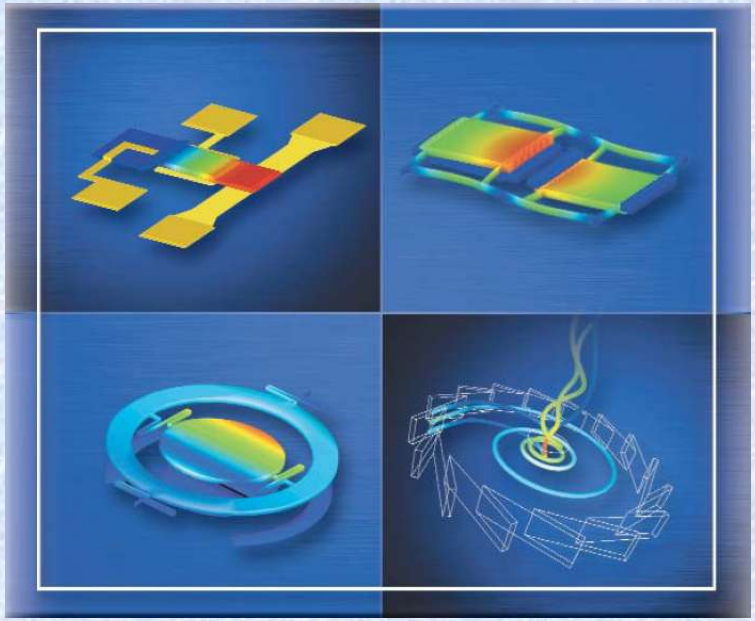
# CAD. Diseño asistido por ordenador



Carmen Aracil Fernández
Antonio Luque Estepa
Dpto. Ingeniería Electrónica

# Índice

- Diseño y simulación
- Software profesional
- Características
- CoventorWare
- ACES

# Diseño y simulación

- Fase de diseño fundamental para crear un microsistema.
- Diseño con simulaciones:
  - ahorra lentos y costosos experimentos en el laboratorio
  - reduce el número de pruebas para un prototipo.

# Conocimientos previos

- Background del diseño asistido por ordenador de Microelectrónica
  - Reutilización de los módulos fabricados en Microelectrónica.
  - Entorno familiar para los usuarios de Microelectrónica.
- Simulaciones de leyes físicas. Normalmente con efectos acoplados.

# CAD para MEMS

- Dibujo de máscaras (layout)
  - MEMSCAP
  - Coventorware.
  - Cadence.
- Simulación de efectos físicos
  - ANSYS Multiphysics. Método de elementos finitos.
  - Coventorware. MEF y otros métodos numéricos
- Simulaciones de procesos concretos

# INDICE

- Diseño y simulación
- Software profesional
- Características
- CoventorWare
- ACES

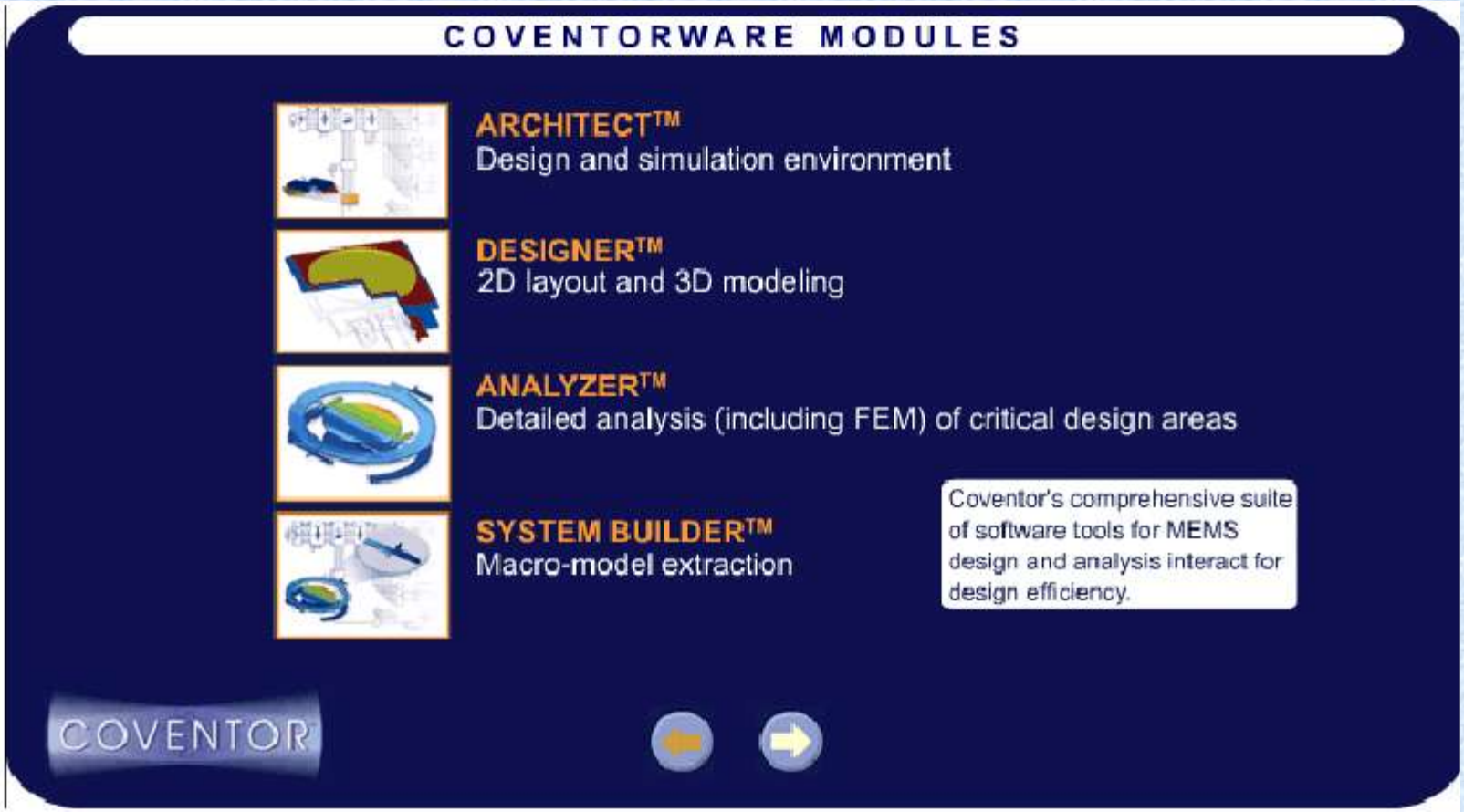
# Características

- Bases de datos con propiedades de materiales.
- Simulación de efectos físicos relevantes (análisis térmico, mecánico y estructural, electrostático, electromagnético, fluidico, ...).
- Simulación o base de datos con parámetros (limitaciones/tolerancias) de los procesos de fabricación.
- Creación de máscaras.
- Optimización y verificación del diseño.

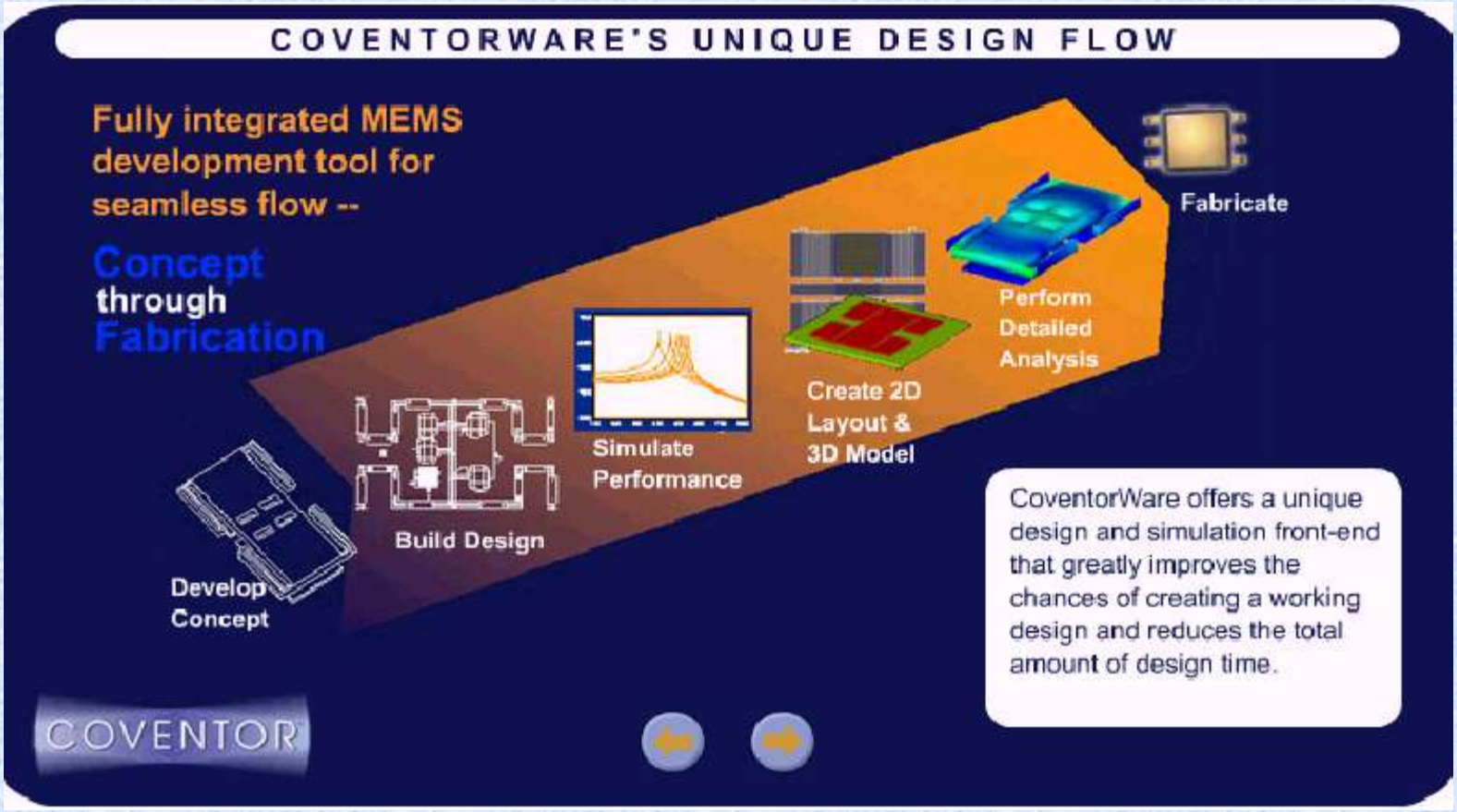
# Índice

- Diseño y simulación
- Software profesional
- Características
- CoventorWare
  - Flujo iterativo
  - Architect
  - Designer
  - Analyzer
  - System Builder
- ACES

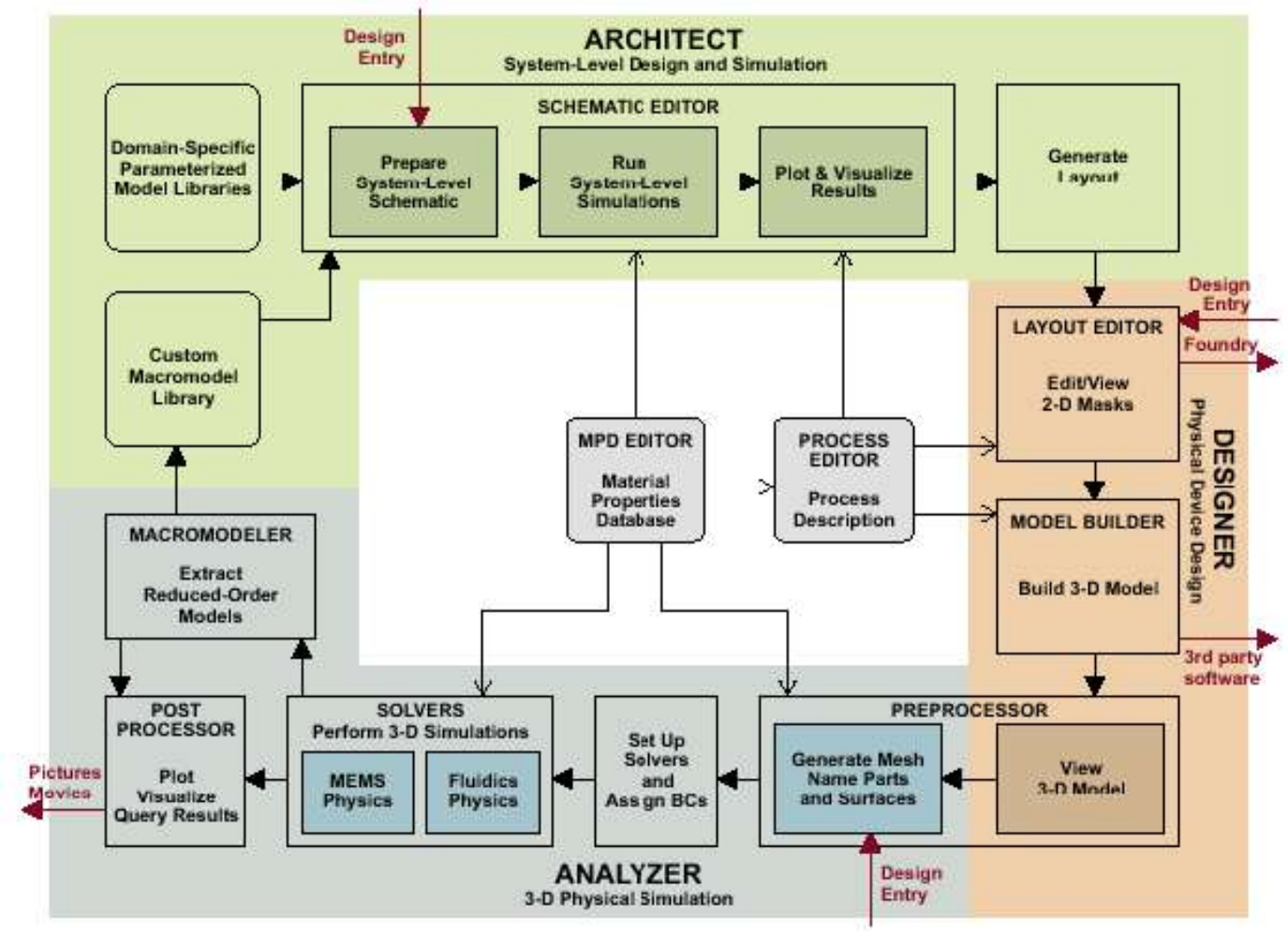
# CoventorWare



# Diseño MEMS


COVENTORWARE'S UNIQUE DESIGN FLOW
Fully integrated MEMS development tool for seamless flow --
Concept through Fabrication
Develop Concept
Build Design
Simulate Performance
Create 2D Layout & 3D Model
Perform Detailed Analysis
Fabricate
CoventorWare offers a unique design and simulation front-end that greatly improves the chances of creating a working design and reduces the total amount of design time.
COVENTOR

# Flujo iterativo



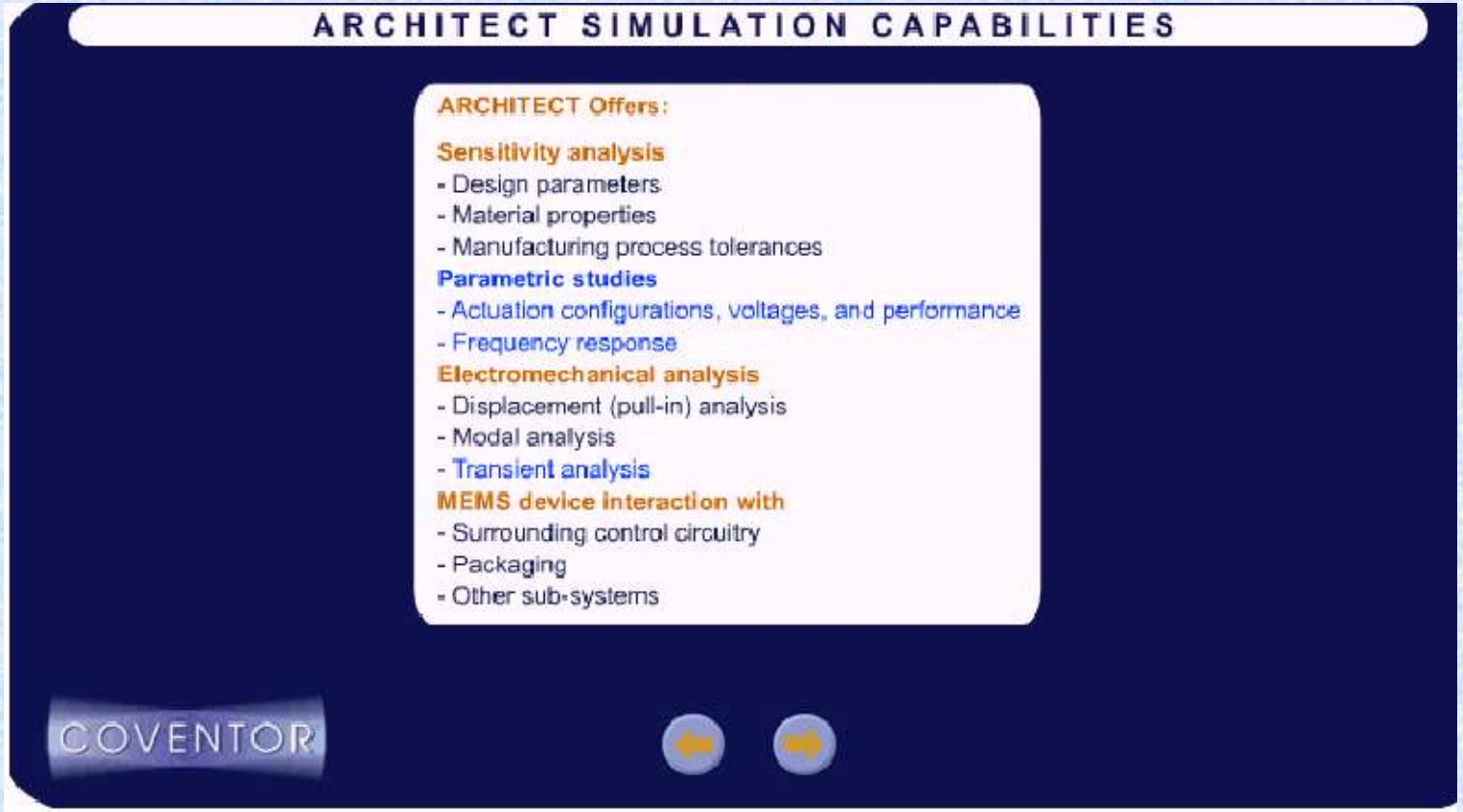
# Módulos comunes

- Editor de procesos
  - Permite crear o editar una descripción del proceso de fabricación.
  - Provee de la información necesaria para crear modelos 3-D.
- Base de datos de propiedades de materiales
  - El software incorpora un fichero por defecto que incluye materiales comúnmente utilizados para la fabricación de MEMS.
  - Se pueden añadir nuevos materiales

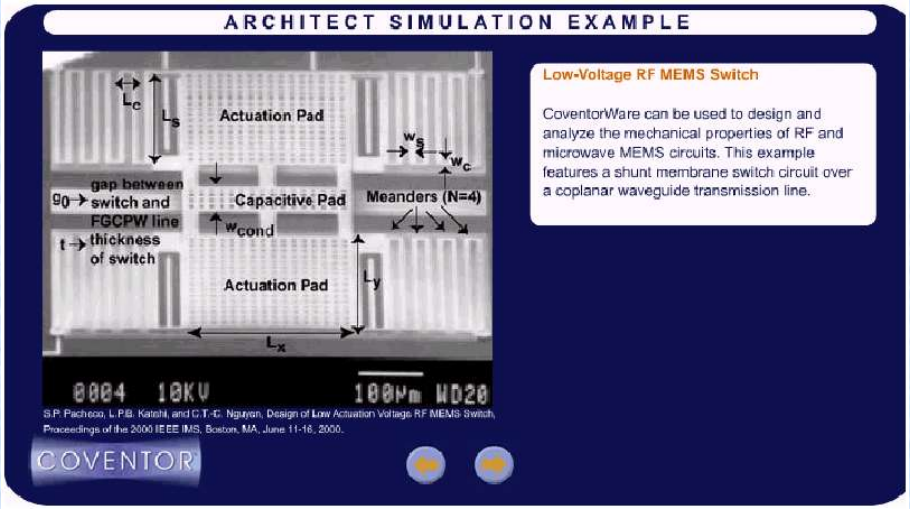
# Architect (I)

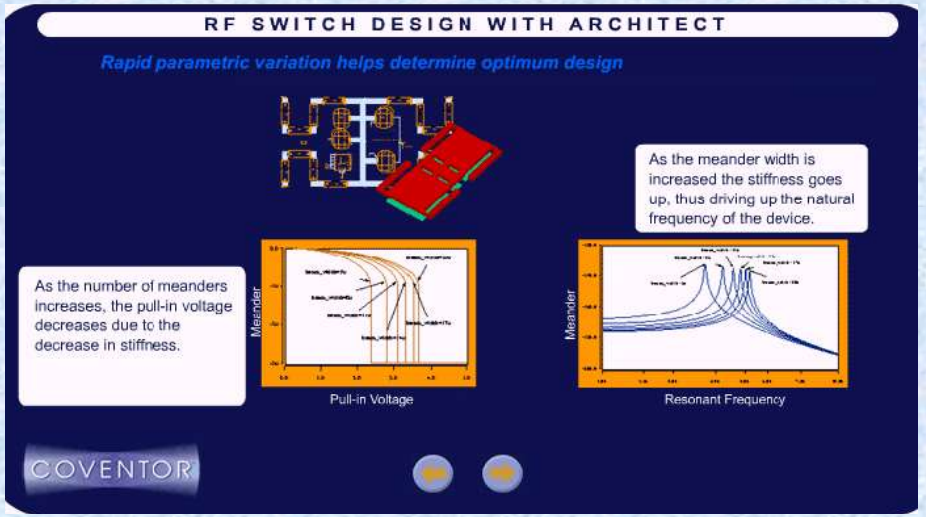
- Simulador a nivel de sistema: basándose en el comportamiento de un dispositivo expresado en un número reducido de ecuaciones.
- Se trabaja con librerías de componentes individuales que se conectan y configuran para resolver la mayoría de problemas de MEMS

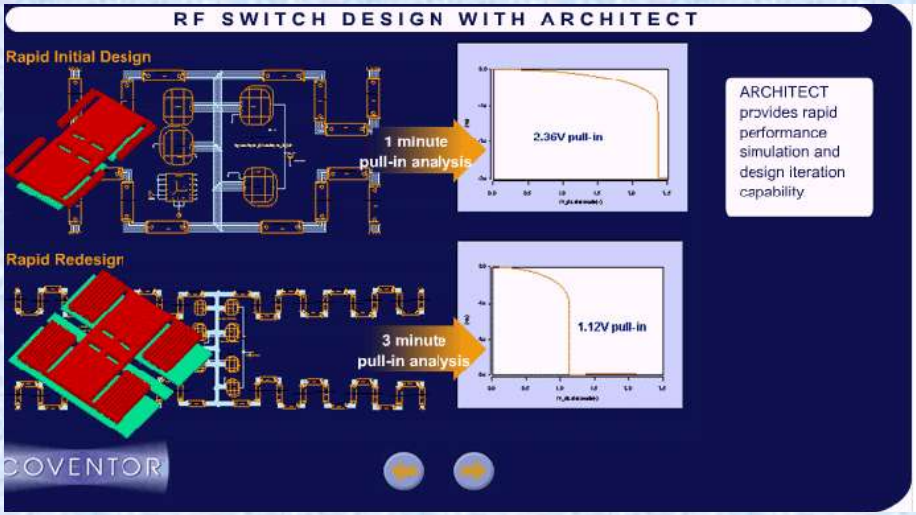
# Architect (y II)

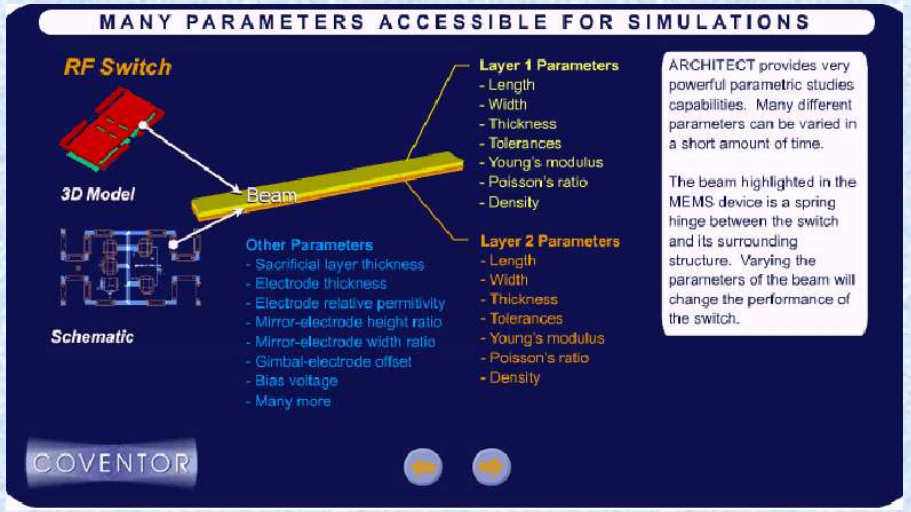


# Ejemplo Architect (I)

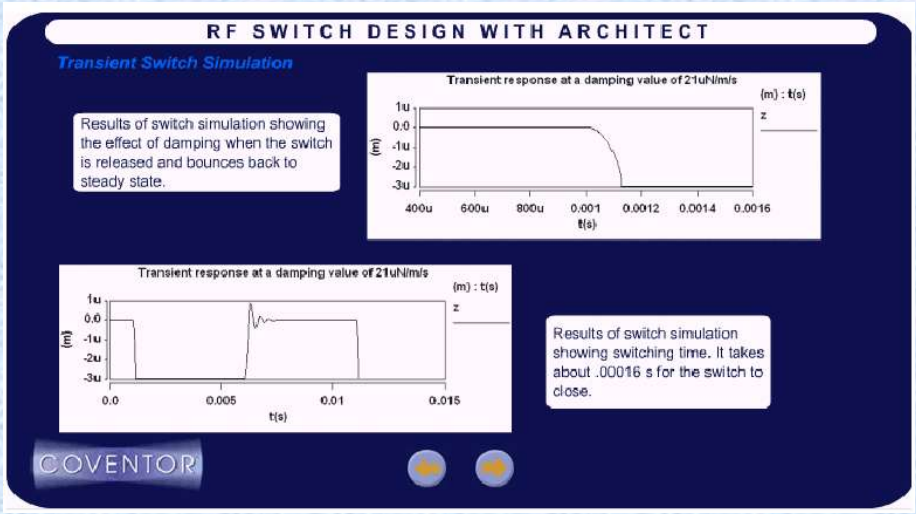


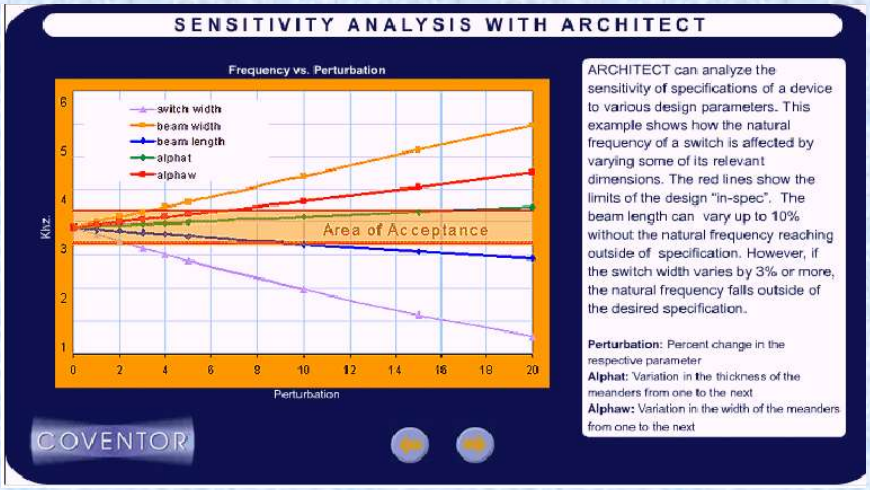



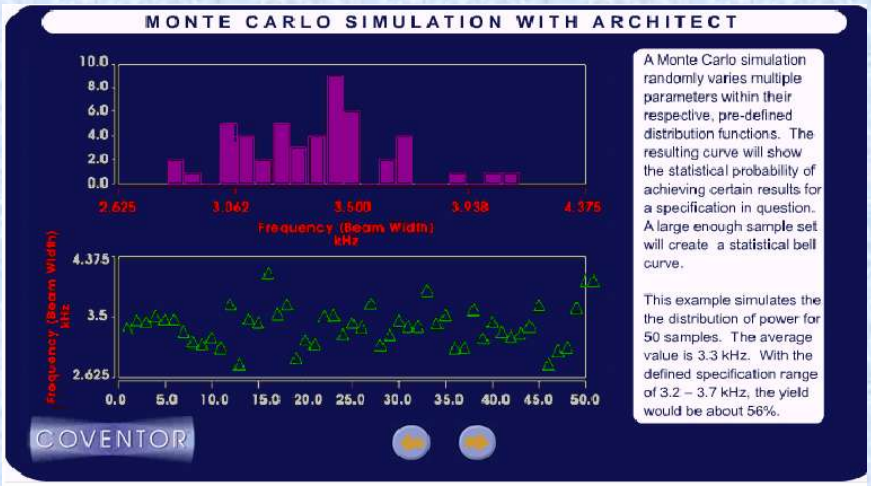



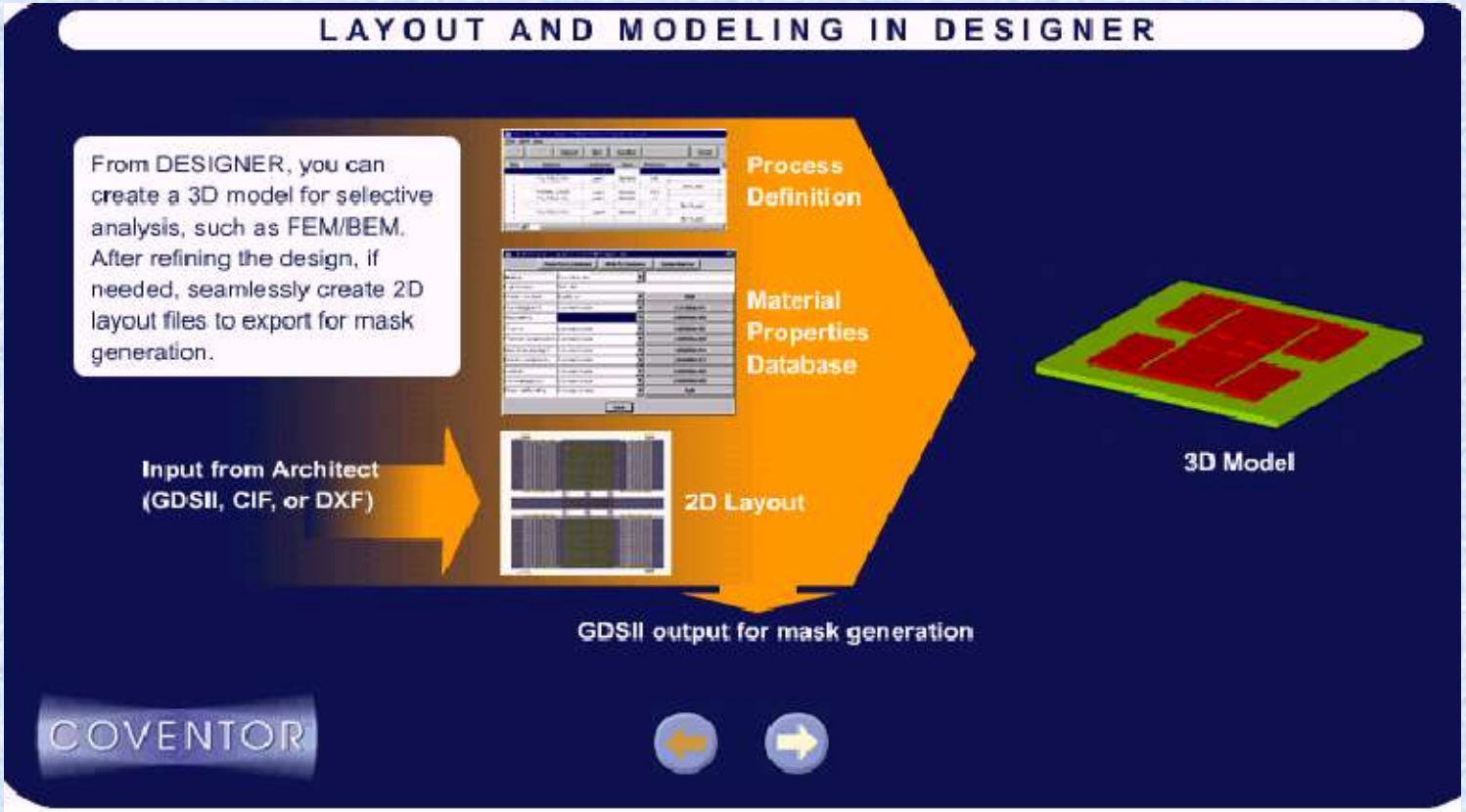
# Ejemplo Architect (y II)



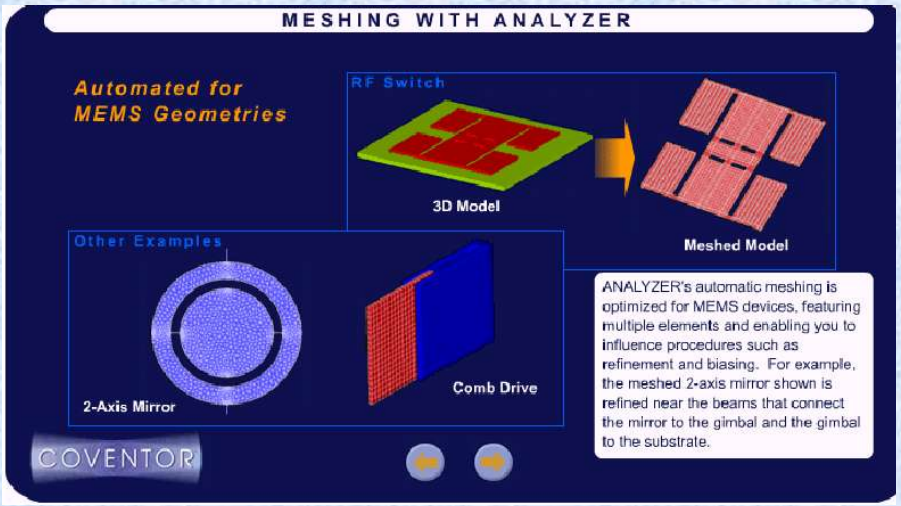



# Designer


LAYOUT AND MODELING IN DESIGNER
From DESIGNER, you can create a 3D model for selective analysis, such as FEM/BEM. After refining the design, if needed, seamlessly create 2D layout files to export for mask generation.
Process Definition
Material Properties Database
Input from Architect (GDSII, CIF, or DXF)
2D Layout
3D Model
GDSII output for mask generation
COVENTOR

# Analyzer (I)

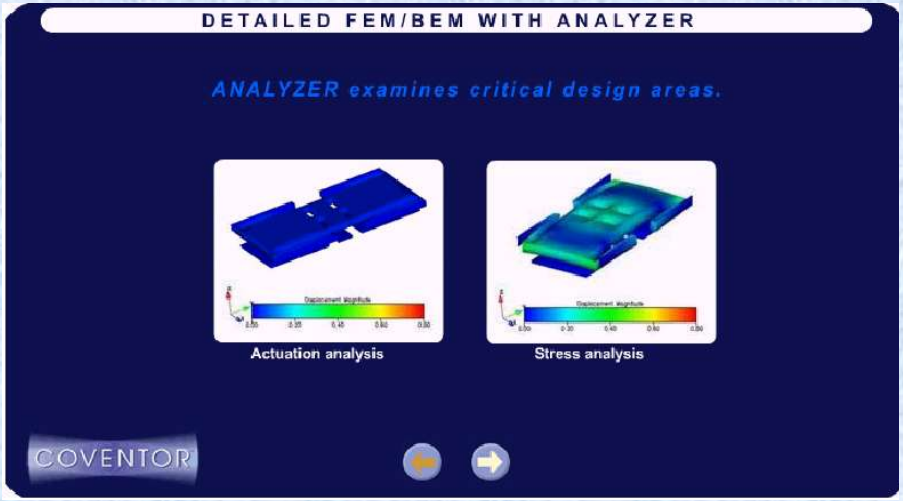



- El mallado automático está optimizado para MEMS caracterizando múltiples elementos y permitiendo influenciar el proceso.

- Puede generar diferentes mallas de elementos finitos para las distintas capas del MEM.

# Analyzer (y II)

Se lleva a cabo un análisis detallado después de realizar el diseño inicial



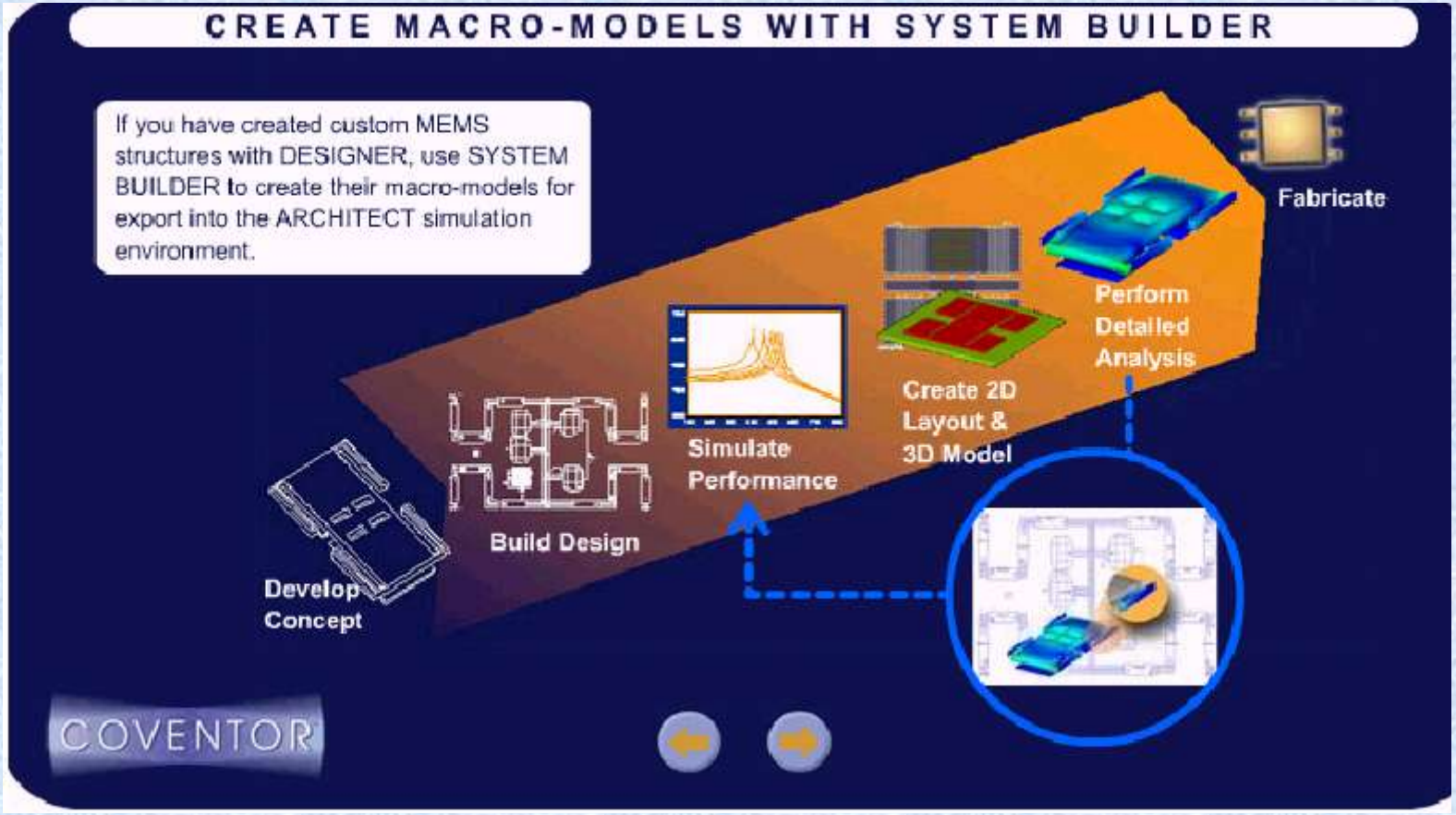
# Simuladores disponibles (I)

- MemElectro (electrostática)
- MemMech (termo-mecánico, estructural)
- CoSolve-EM (electro-mecánico)
- MemPZE (piezoeléctrico)
- DampingMM (rozamiento y elasticidad)
- MemETherm (dilatación térmica)
- MemPZR (piezorresistencia)
- MemHenry (inductancia)
- MemOptics (difracción óptica)

# Simuladores disponibles (II)

- SpringMM (muelles)
- MemPackage (efectos del encapsulado)
- MemCFD (fluidodinámica)
- FSI (interacción fluido-estructura)
- NetFlow (transporte en diversos flujos)
- SwitchSim (flujo con campo eléctrico pulsado)
- ReactSim (reacción química)
- DropSim (formación de gotas)

# Builder

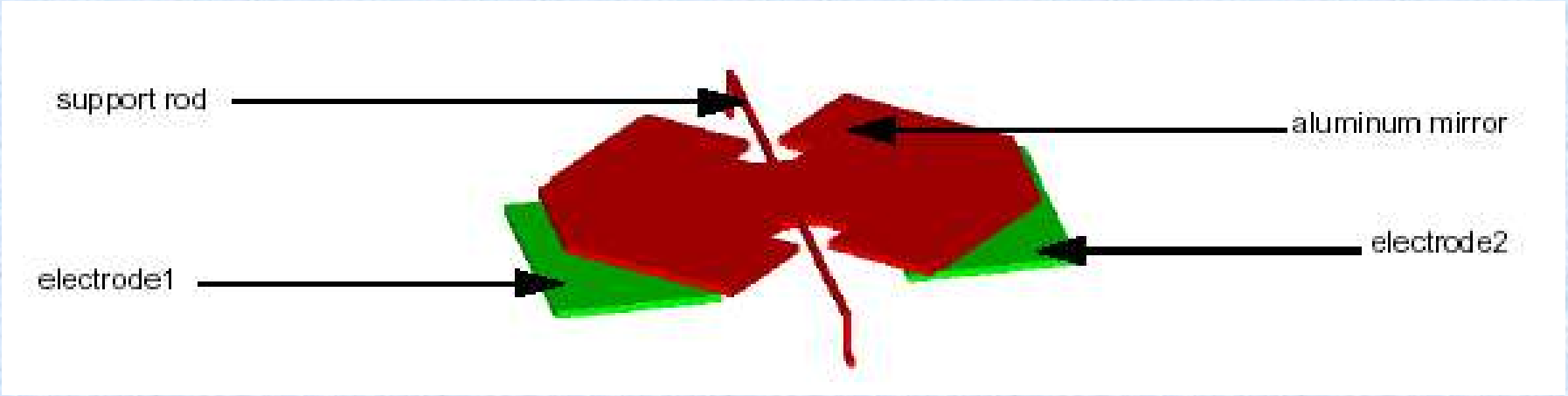

CREATE MACRO-MODELS WITH SYSTEM BUILDER
If you have created custom MEMS structures with DESIGNER, use SYSTEM BUILDER to create their macro-models for export into the ARCHITECT simulation environment.
Develop Concept
Build Design
Simulate Performance
Create 2D Layout & 3D Model
Perform Detailed Analysis
Fabricate
COVENTOR

# Ejemplo de uso de Coventorware

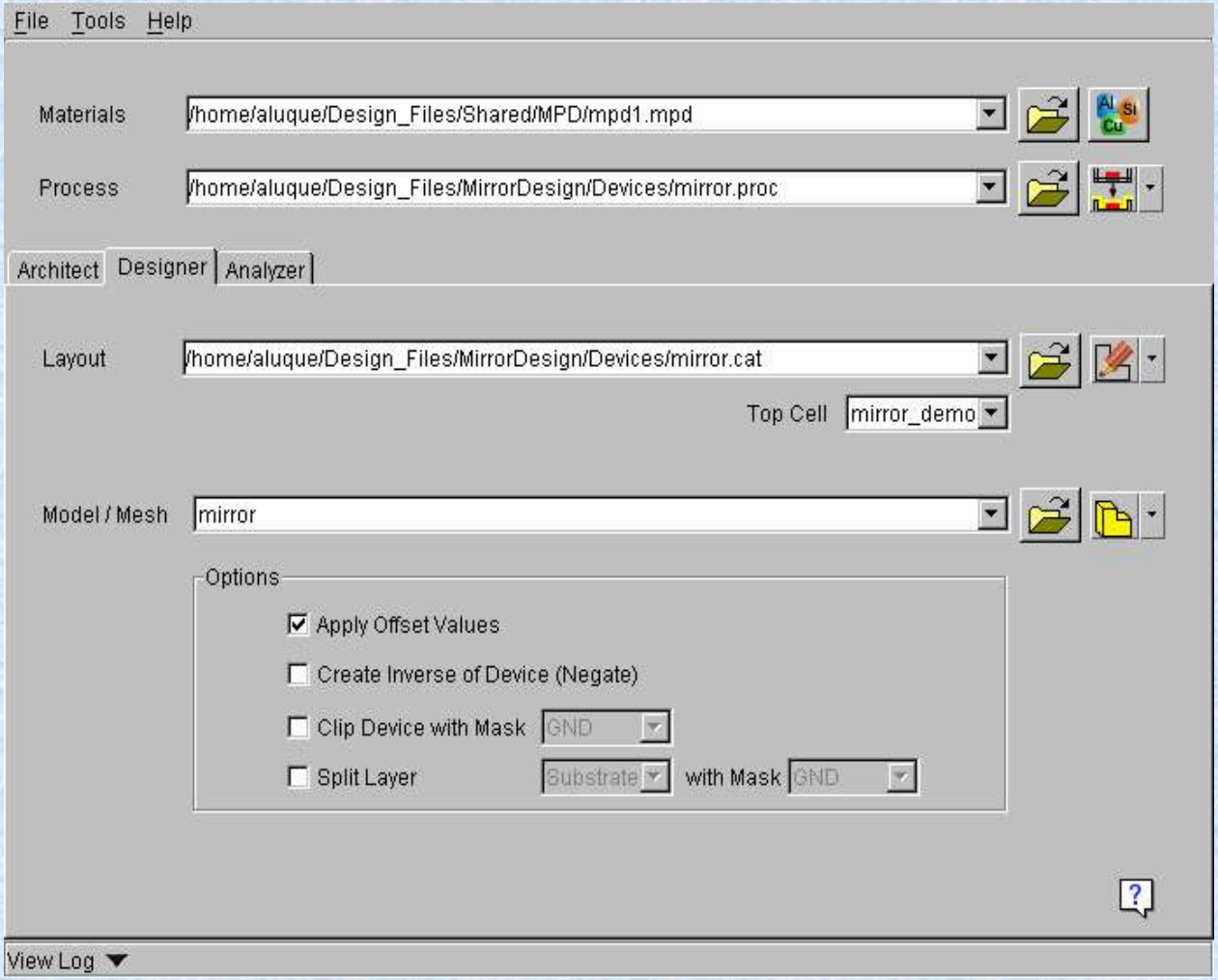
- Diseño y simulación de un microespejo
- Proceso de fabricación
- Máscaras
- Simulación del comportamiento
- Efectos físicos acoplados

# Microespejo

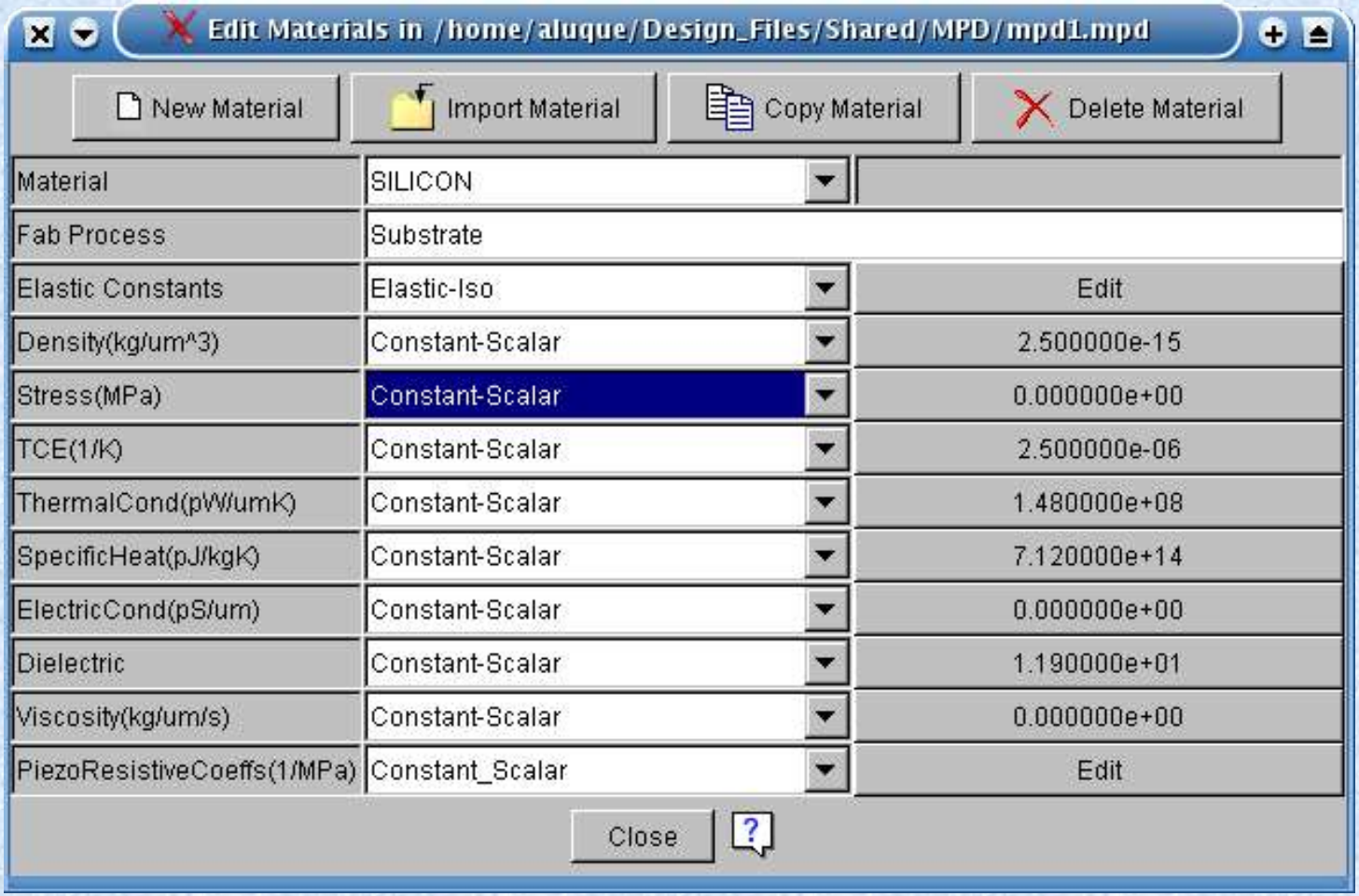
- Conmutador óptico, entre otras aplicaciones
- Actuación electrostática



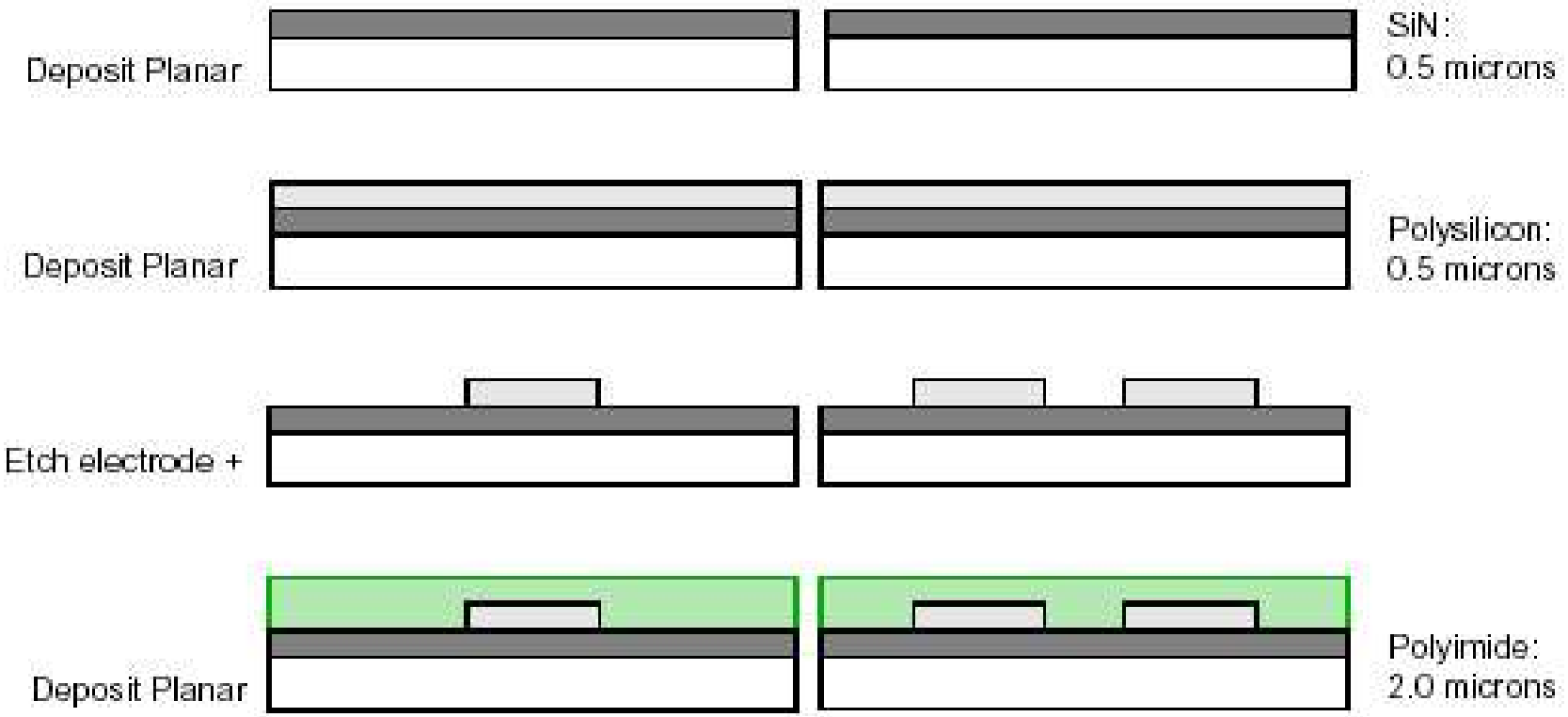
# Inicio de Coventorware



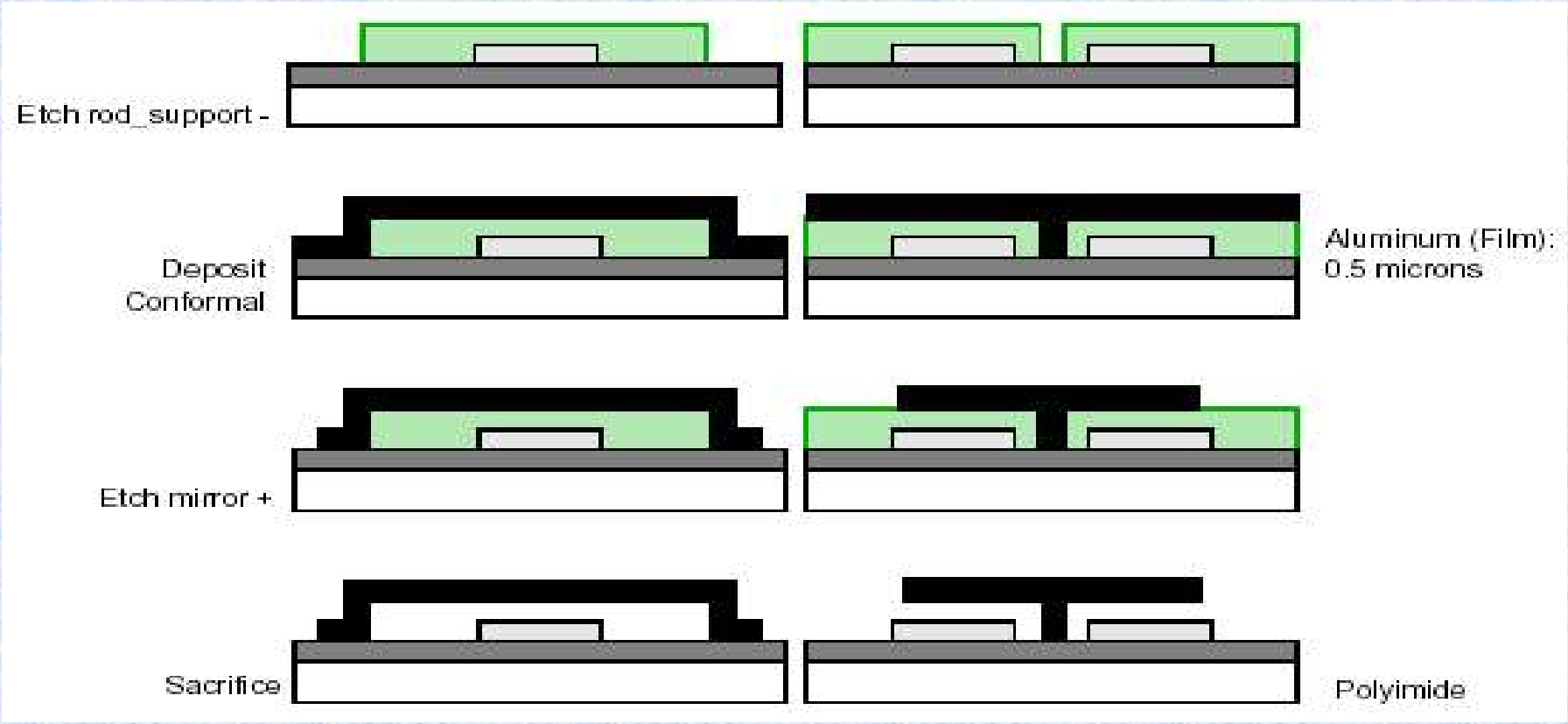
# BD de materiales



# Proceso de fabricación I



# Proceso de fabricación II

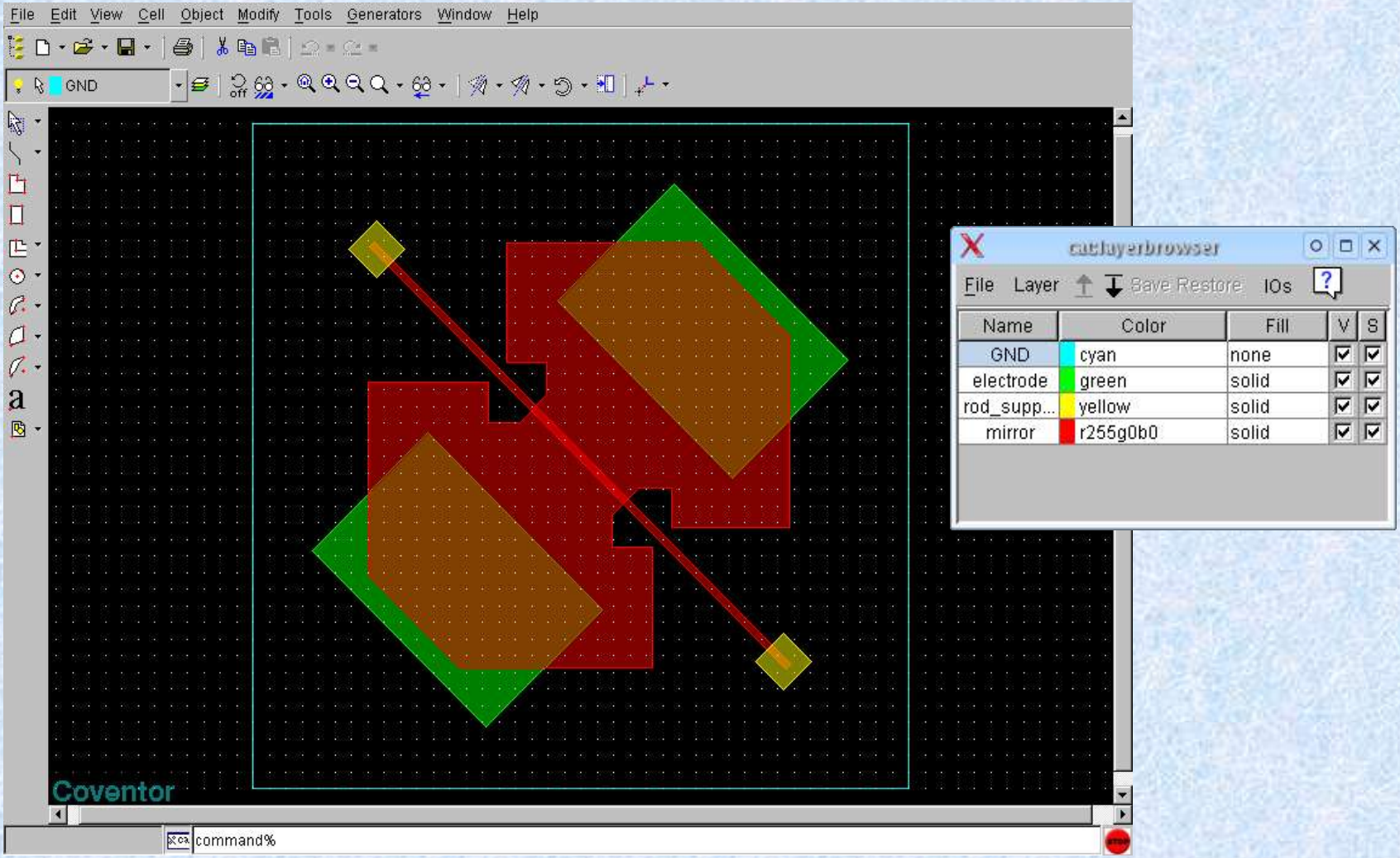


# Proceso de fabricación

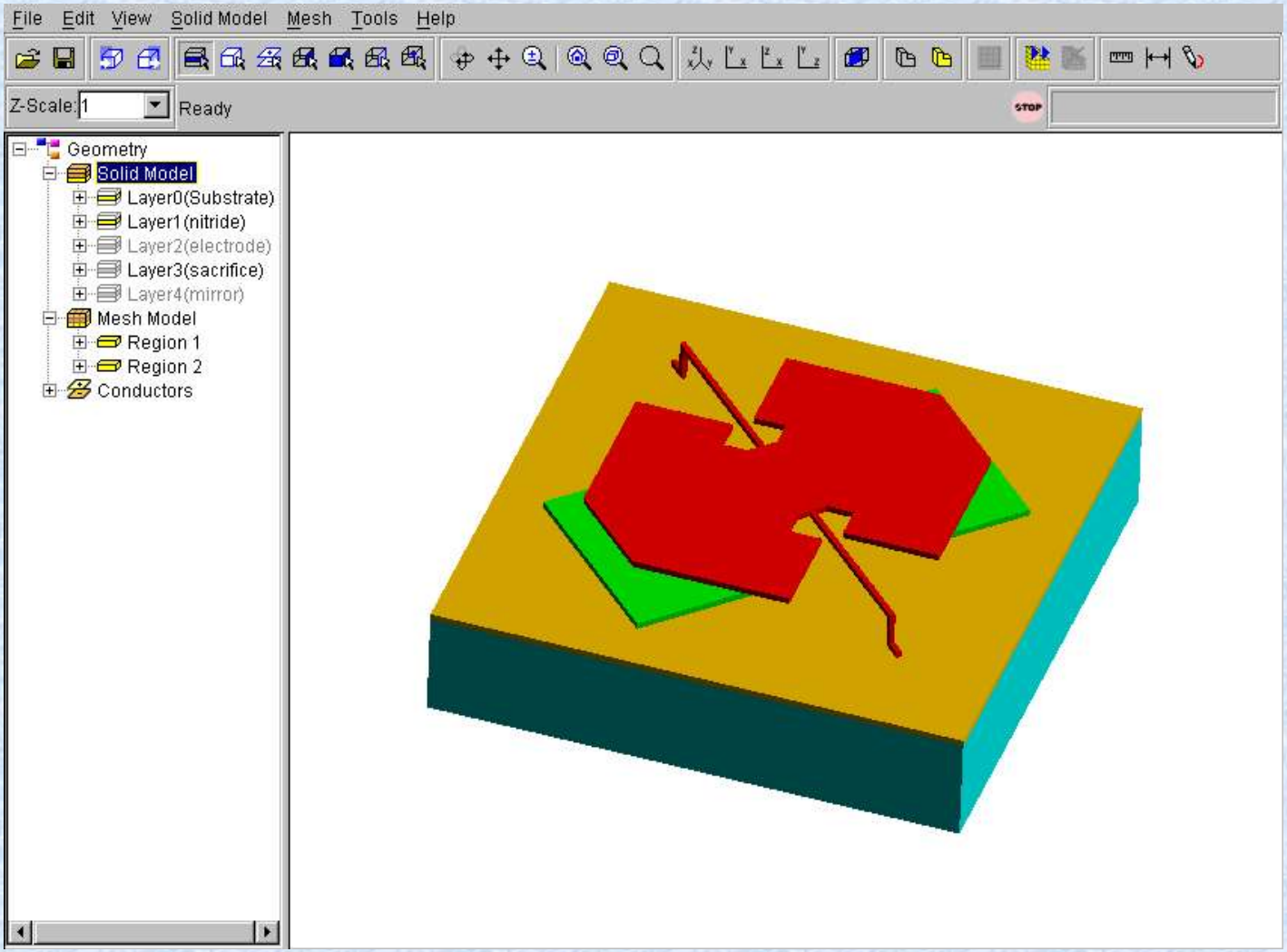
File Edit View Help

| Step | Action | Type | Layer Name | Material | Thickne... | Color | Name/ Polarity | Depth | Offset | Sidewall Angle | Comment |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 0 | Base | | Substrate | SILICON | 8.0 | cyan | GND | | | | |
| 1 | Depo... | Planar | nitride | SIN | 0.5 | orange | | | | | |
| 2 | Depo... | Planar | electrode | POLYSILICON | 0.5 | green | | | | | |
| 3 | Etch | Front, Last L... | | | | green | electrode + | 0.5 | 0.0 | 0.0 | |
| 4 | Depo... | Planar | sacrifice | POLYIMIDE | 2.0 | yellow | | | | | |
| 5 | Etch | Front, Last L... | | | | yellow | rod_supp...- | 2.0 | 0.0 | 0.0 | |
| 6 | Depo... | Conformal | mirror | ALUMINUM(FIL... | 0.5 S... | red | | | | | |
| 7 | Etch | Front, Last L... | | | | red | mirror + | 0.5 | 0.0 | 0.0 | |
| 8 | Sacrif... | | | POLYIMIDE | | | | | | | |

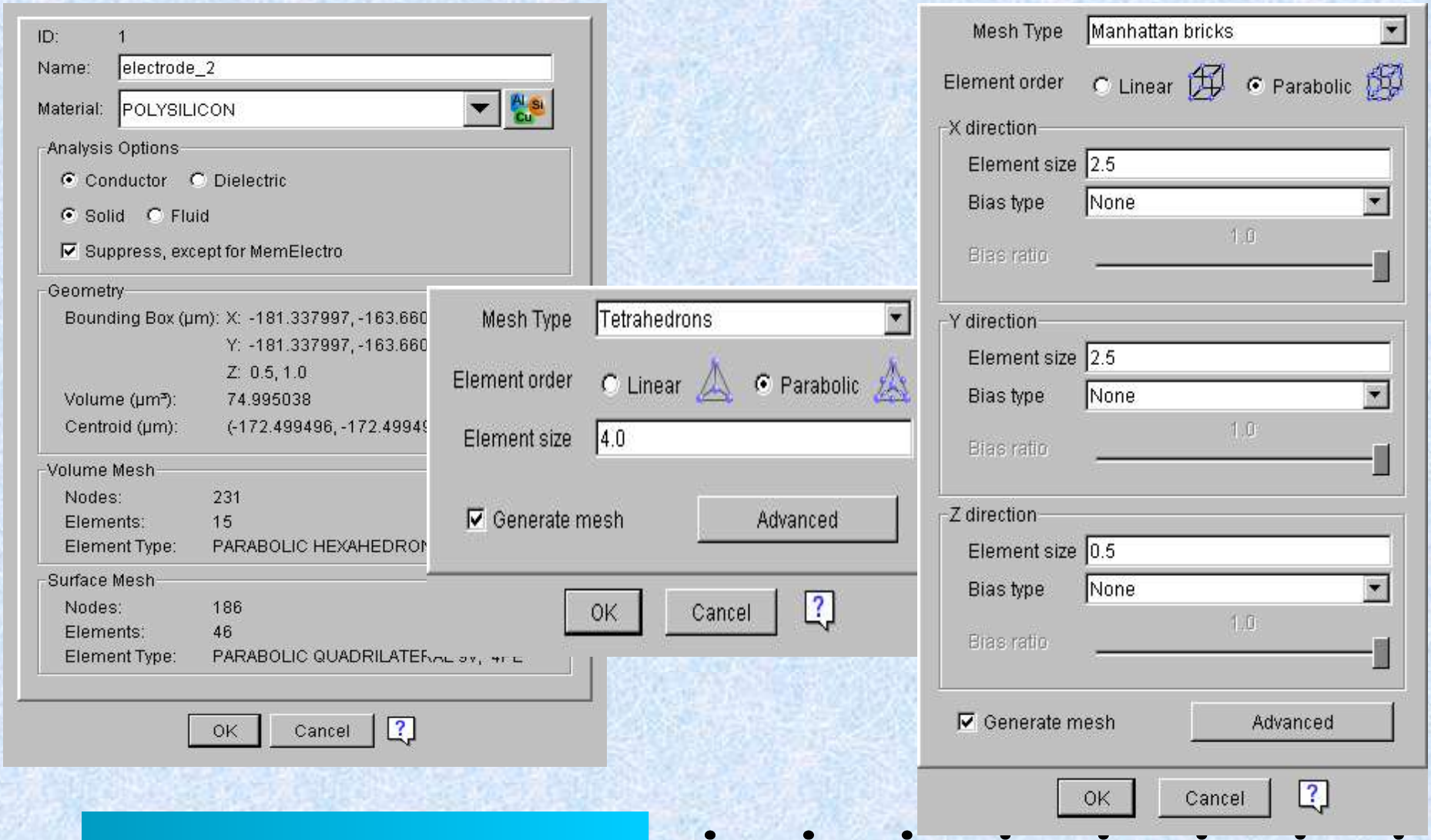
# Editor de layout



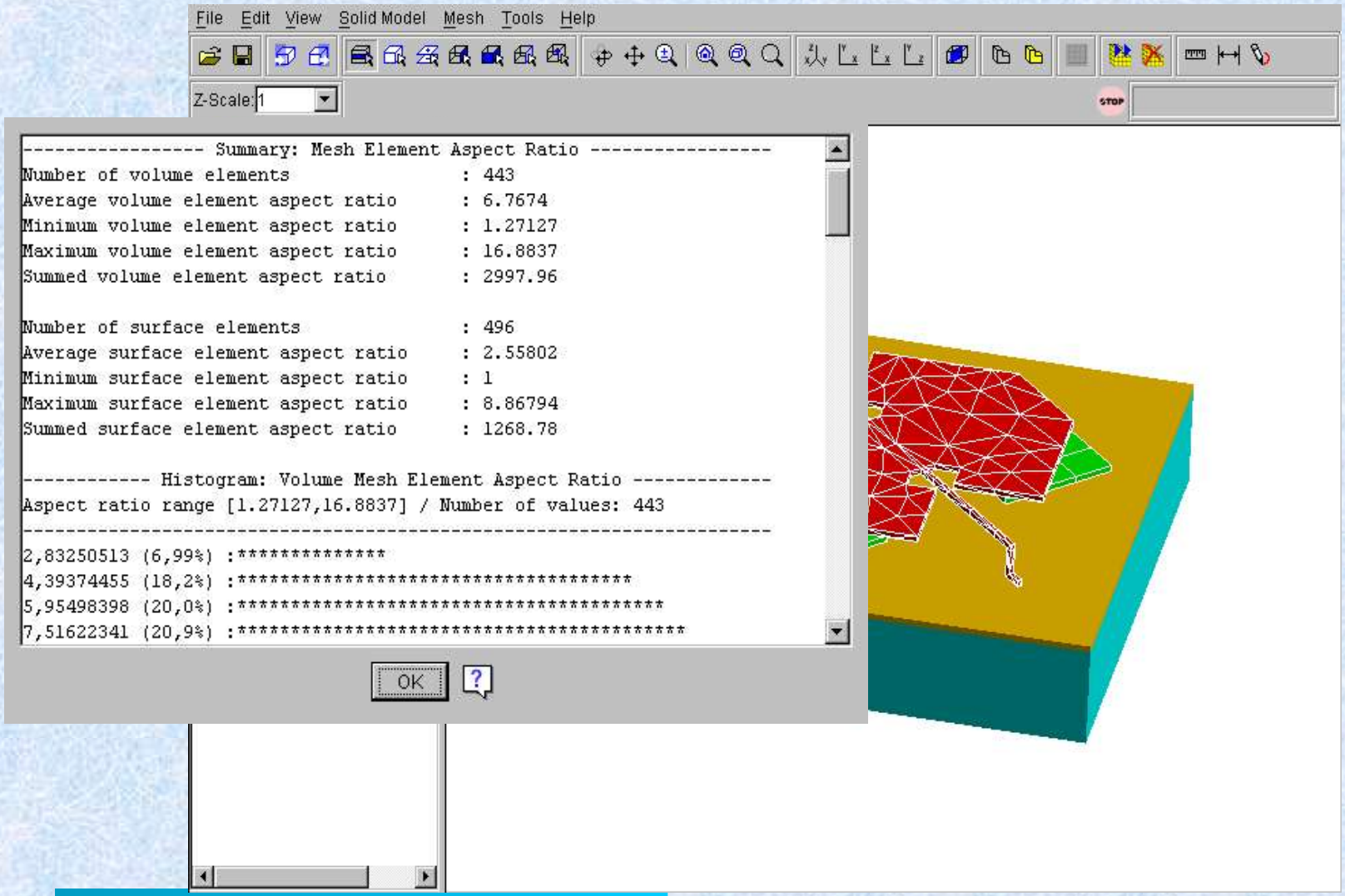
# Preprocesador



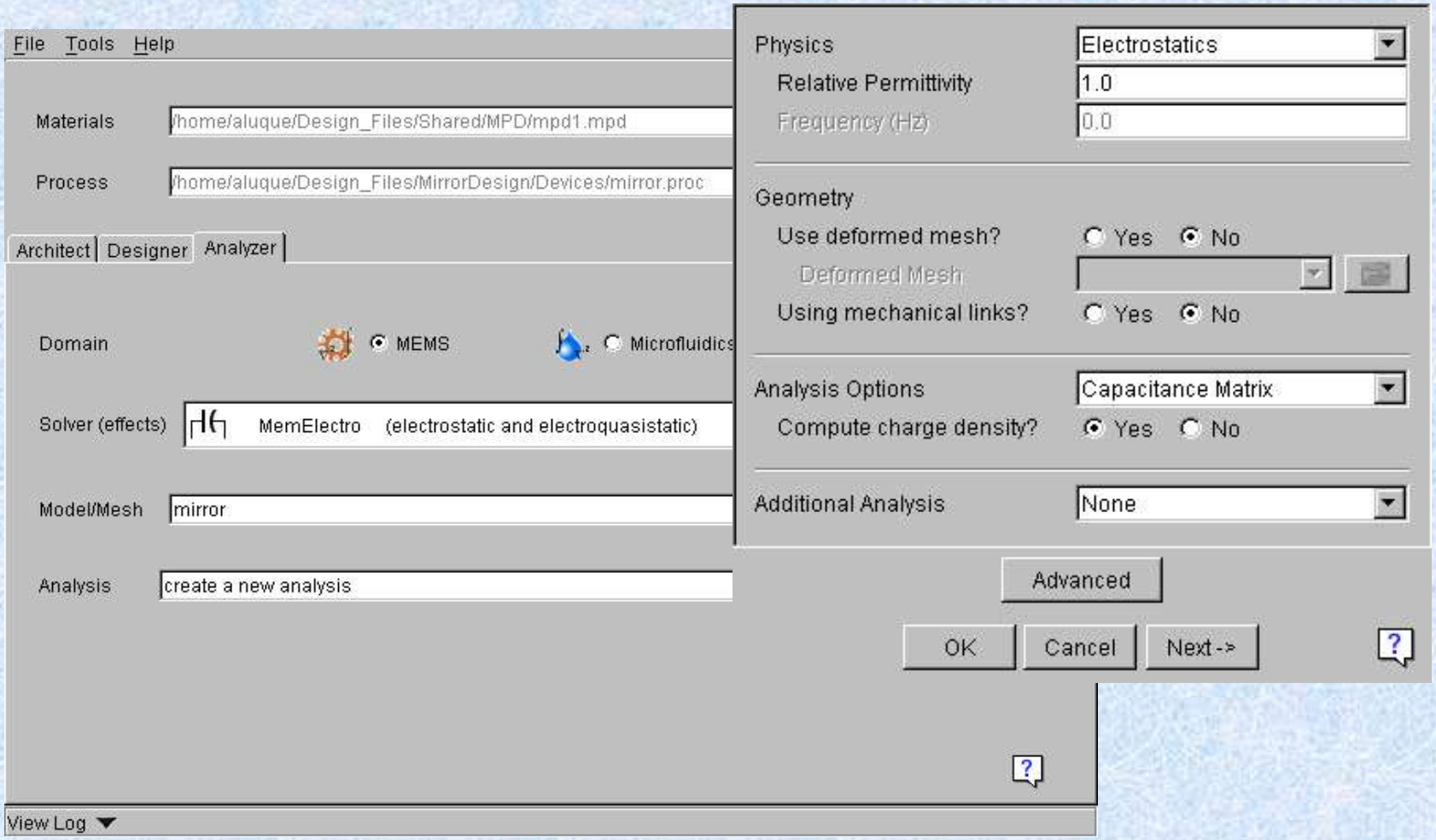
# Propiedades y mallado



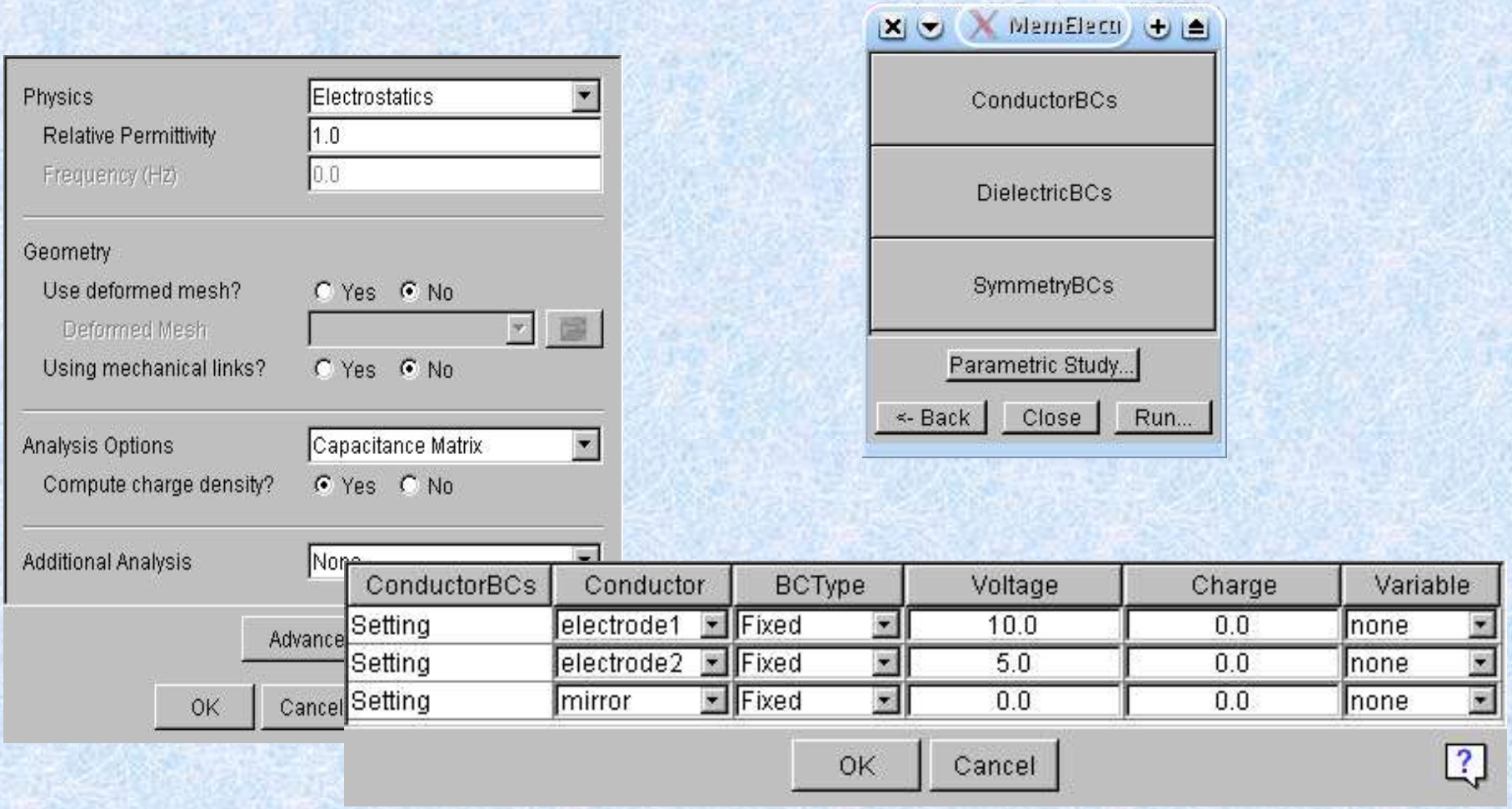
# Mallado del modelo



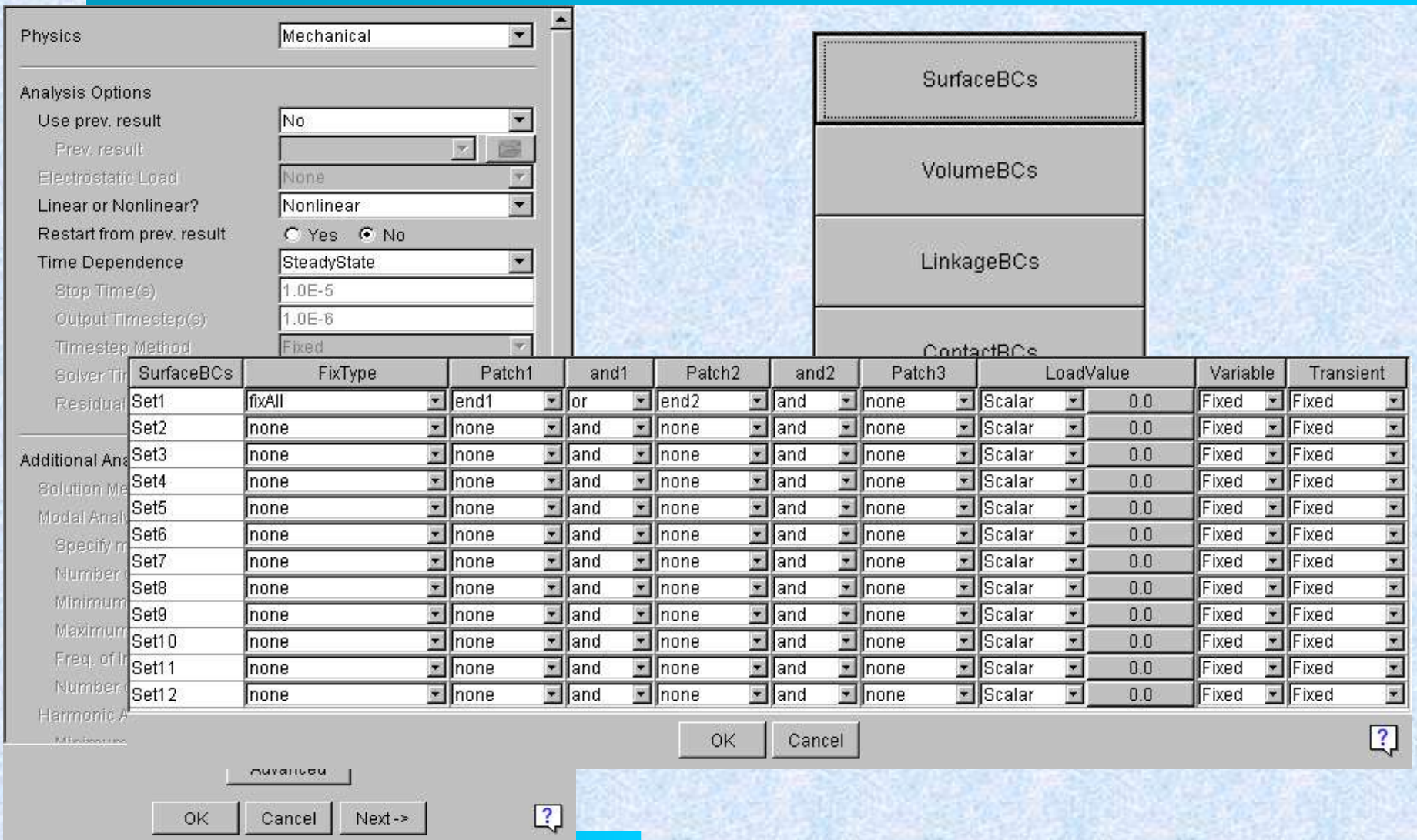
# Simulación electromecánica



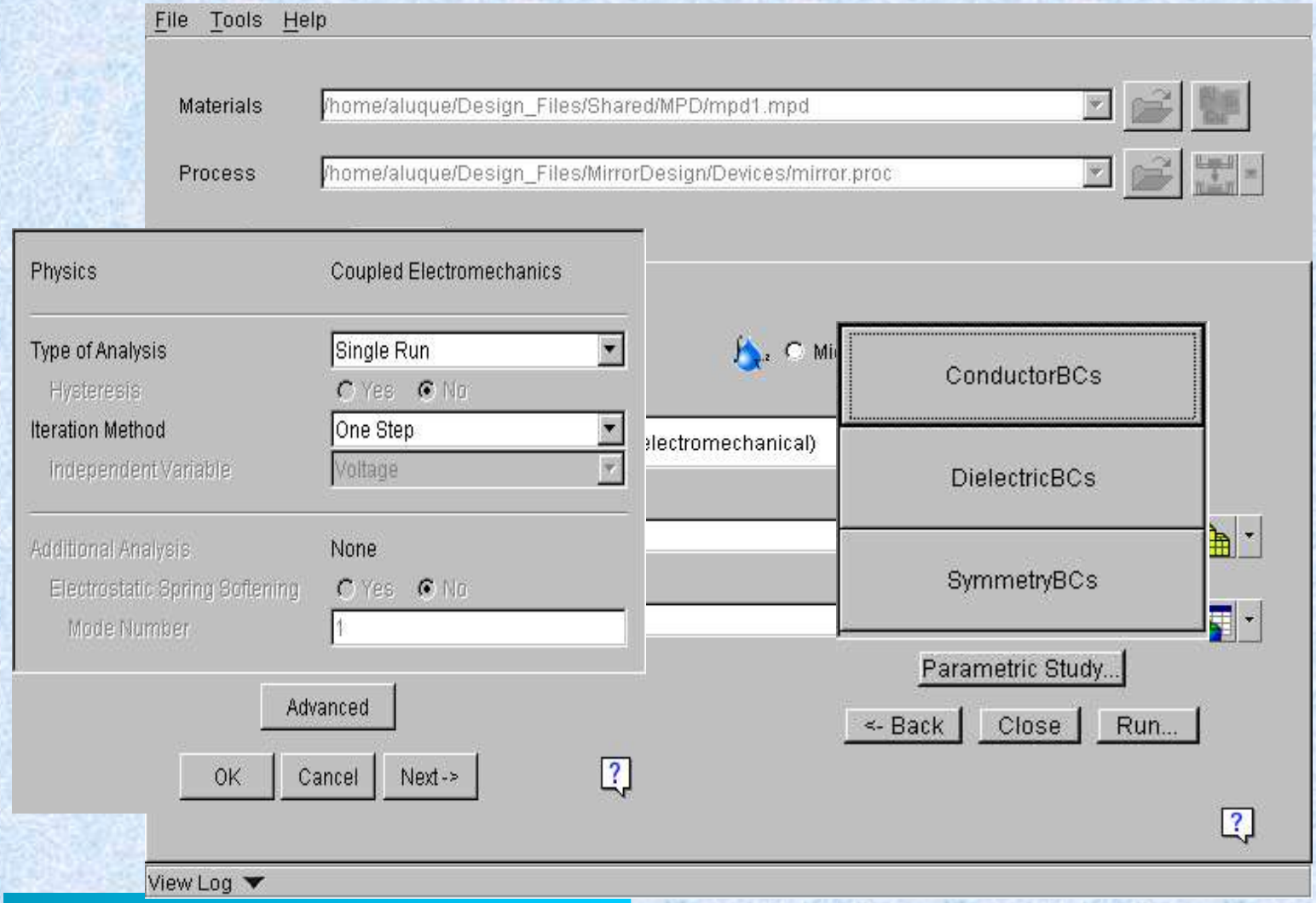
# Condiciones eléctricas



# Condiciones mecánicas



# Condiciones acopladas



# Resultados (I)

Solver: CoSolveEM
Model/Mesh: cs_1_mirror_prebuilt.mbif

Results Summary

Tables: Capacitance (pF)

Graphs: Displacements

Custom Query ...

3D Results

Load Result: cs_1_mirror_prebuilt

Close

| Capacitance (pF) | electrode1 | electrode2 | mirror |
|---|---|---|---|
| electrode1 | 1.163735E-03 | -7.376879E-05 | -1.089966E-03 |
| electrode2 | -7.376879E-05 | 1.135657E-03 | -1.061888E-03 |
| mirror | -1.089966E-03 | -1.061888E-03 | 2.151854E-03 |

Close

| electroBCs | Voltage (V) | Charge (pC) |
|---|---|---|
| electrode1 | 1.000000E01 | 1.126850E-02 |
| electrode2 | 5.000000E00 | 4.940604E-03 |
| mirror | 0.0 | -1.620910E-02 |

Close

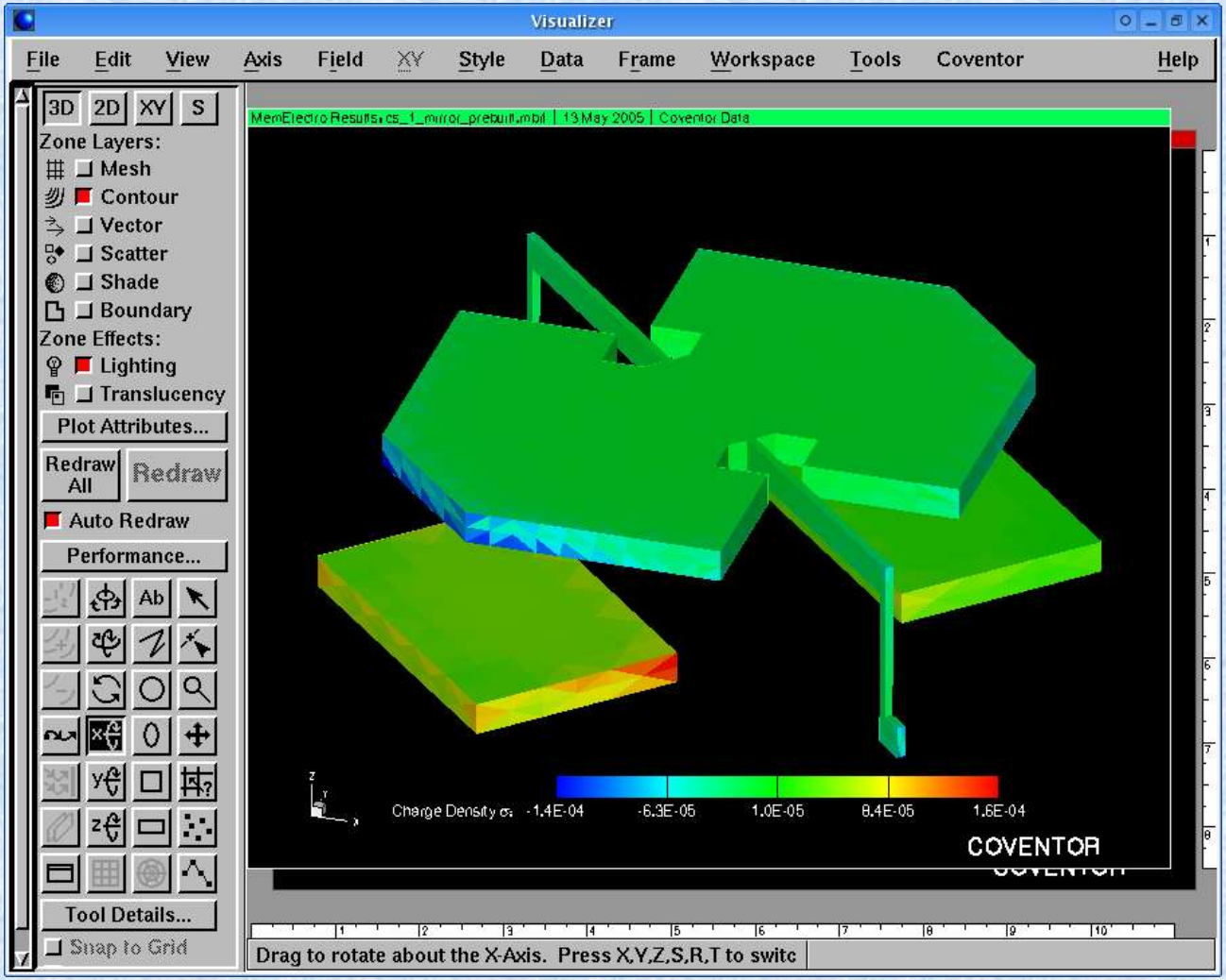
| mechDomain | Maximum | Minimum |
|---|---|---|
| Node Displacement | 7.025104E-02 | 0.0 |
| Node X Displacement | 5.531611E-04 | -3.368897E-03 |
| Node Y Displacement | 6.641096E-04 | -3.304879E-03 |
| Node Z Displacement | 4.595700E-02 | -7.024788E-02 |

rxnForces

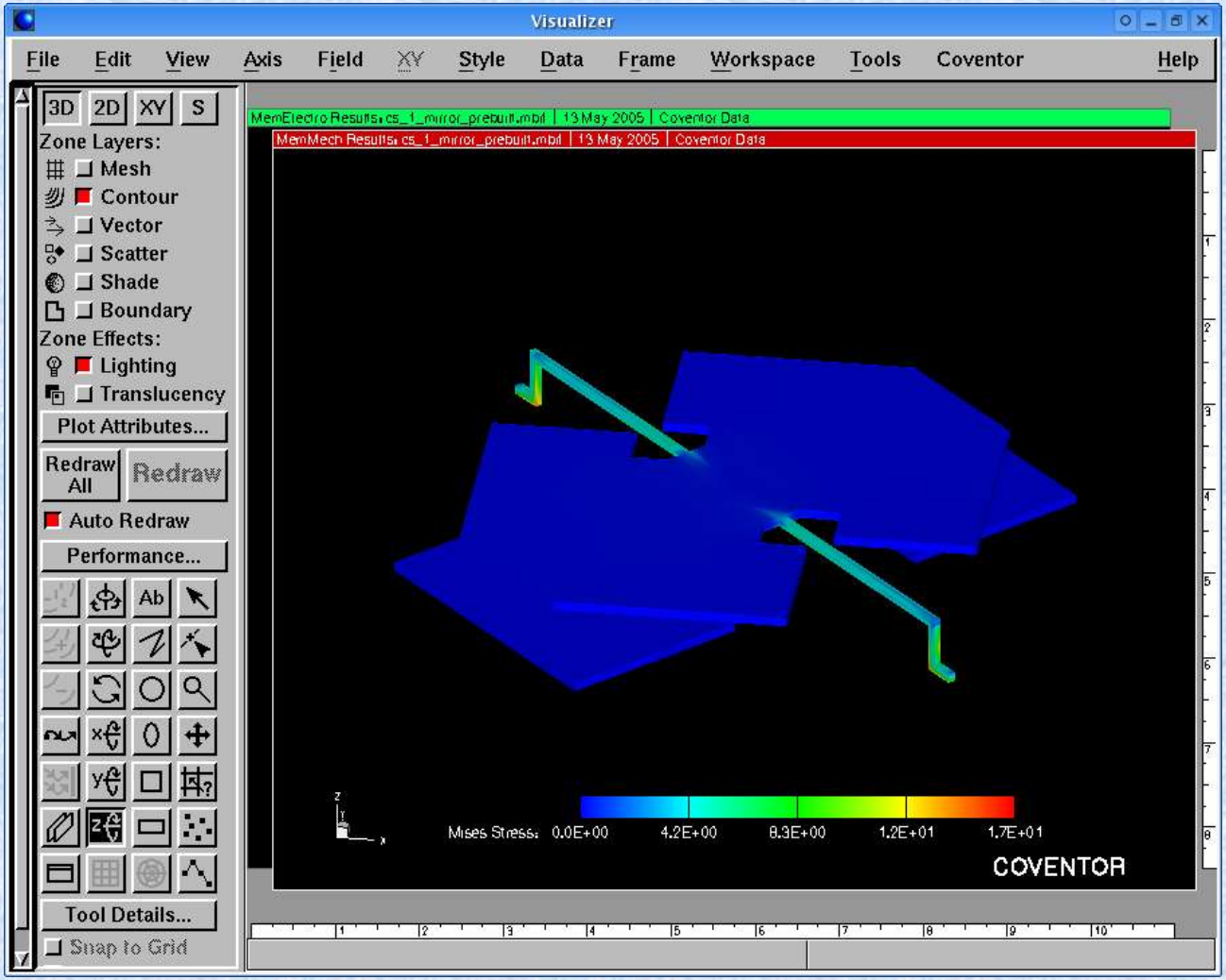
| rxnForces | Fx | Fy | Fz |
|---|---|---|---|
| end1 | -7.412191E-02 | 7.568033E-02 | 1.000949E-02 |
| end2 | 7.562150E-02 | -7.415342E-02 | 9.795593E-03 |

Close

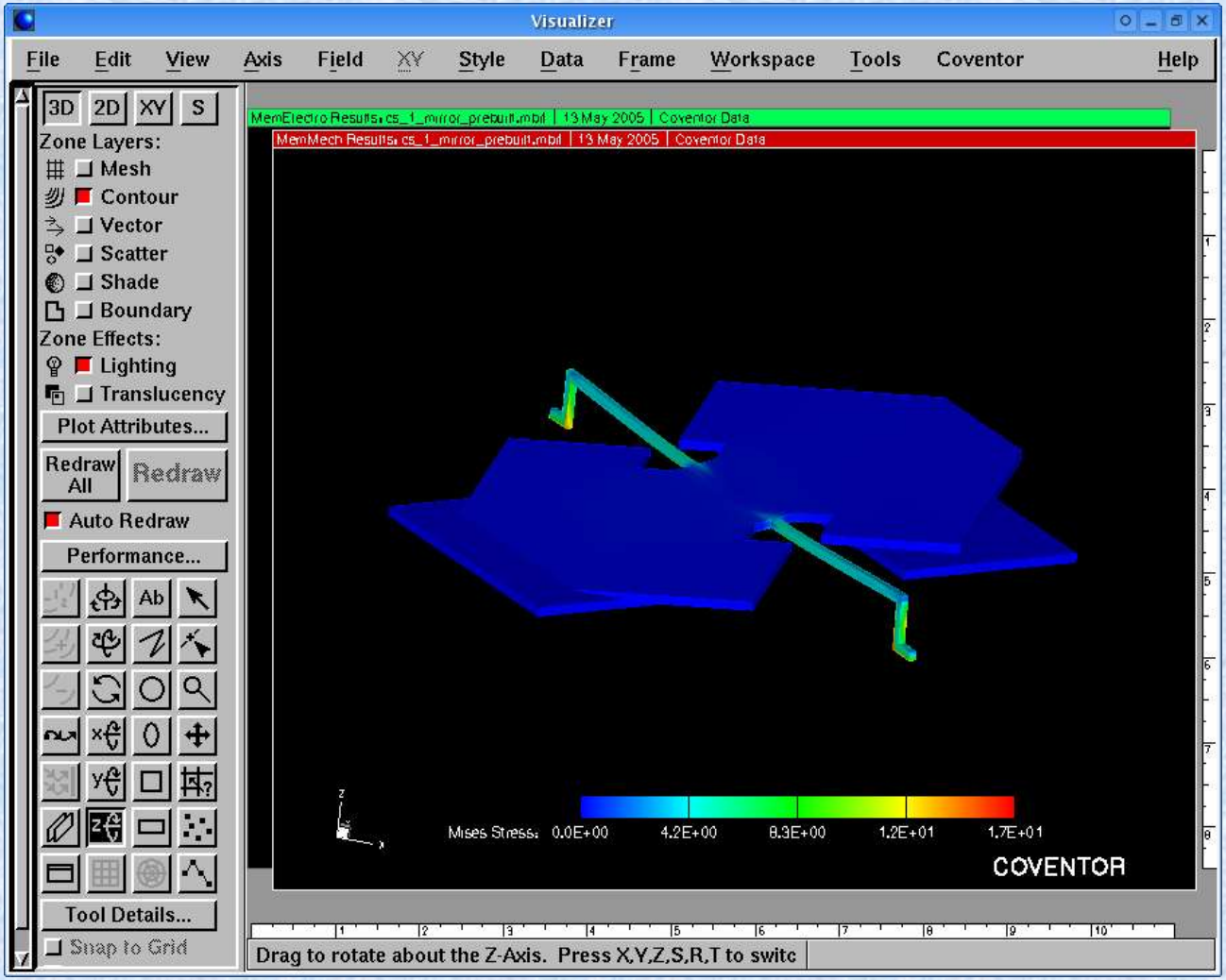
# Resultados (II)



# Resultados (III)



# Resultados (y IV)



# Índice

- Diseño y simulación
- Software profesional
- Características
- CoventorWare
- ACES

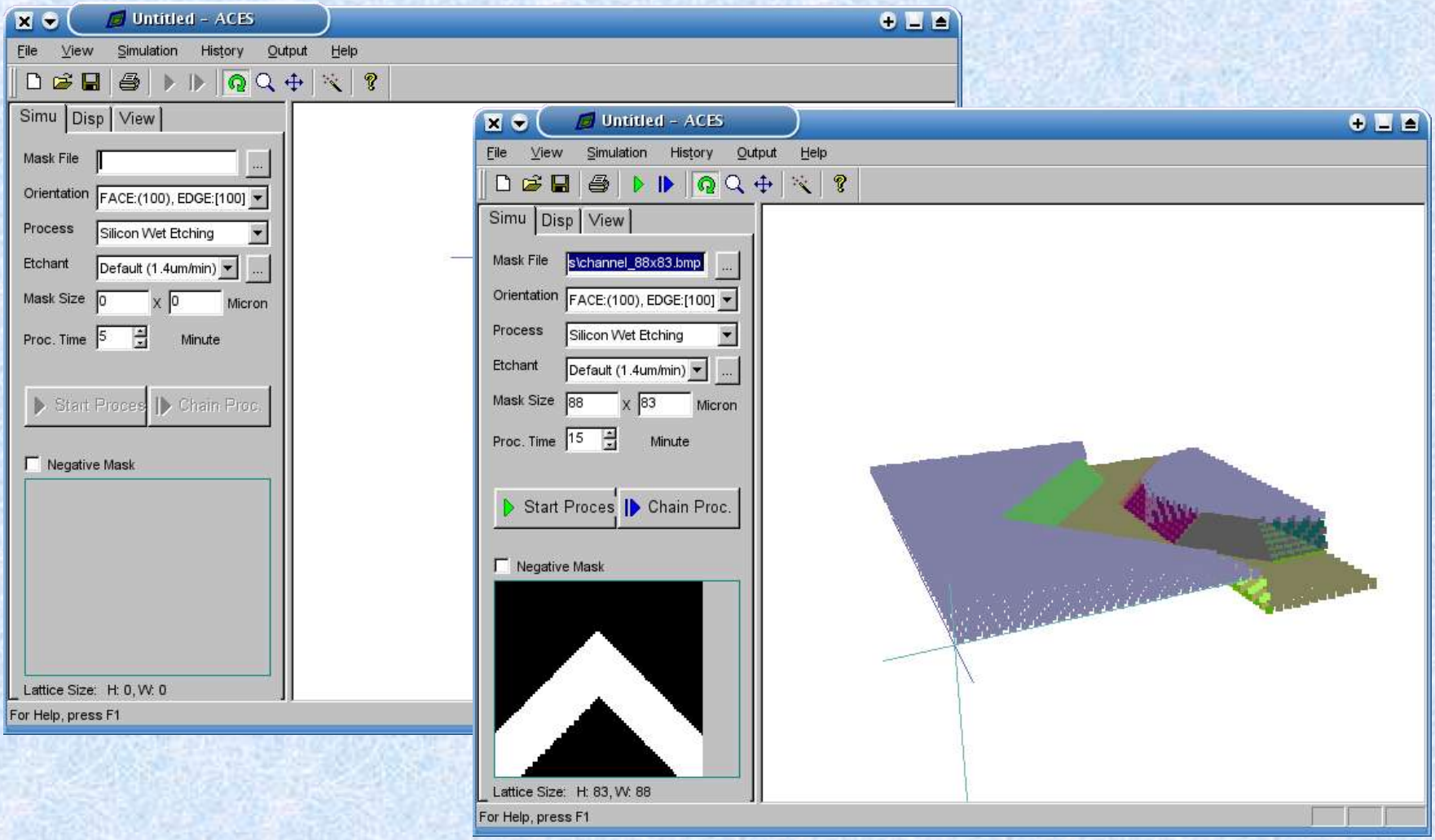
# ACES

- Anisotropic Crystalline Etching Simulator
- Simulador de grabado del silicio. Trata las diferentes orientaciones cristalográficas y propiedades del atacante
- Método de simulación basado en átomos. Cálculo dinámico para reducir el consumo de memoria.

# ACES

- Interfaz de usuario amigable
- Cualquier forma de máscara
- Tasas de grabado modificables
- Visor tridimensional
- Resultados verificados experimentalmente
- ¡GRATIS!

# ACES


Untitled - ACES
File View Simulation History Output Help
Simu Disp View
Mask File
Orientation FACE:(100), EDGE:[100]
Process Silicon Wet Etching
Etchant Default (1.4um/min)
Mask Size 0 x 0 Micron
Proc. Time 5 Minute
Start Proces Chain Proc.
Negative Mask
Lattice Size: H: 0, W: 0
For Help, press F1
Untitled - ACES
File View Simulation History Output Help
Simu Disp View
Mask File s\channel_88x83.bmp
Orientation FACE:(100), EDGE:[100]
Process Silicon Wet Etching
Etchant Default (1.4um/min)
Mask Size 88 x 83 Micron
Proc. Time 15 Minute
Start Proces Chain Proc.
Negative Mask
Lattice Size: H: 83, W: 88
For Help, press F1