



**UNCUYO**  
UNIVERSIDAD  
NACIONAL DE CUYO



**FACULTAD  
DE INGENIERÍA**

# **“MATERIALES INTELIGENTES”**

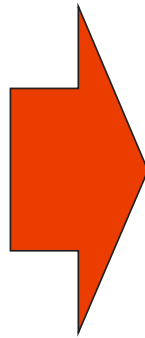
## **MATERIALES**

**Prof. Titular: Dra. Ing. María J. Santillán**

**Prof. Adjunto: Dr. Ing. Claudio Careglio**

# MATERIALES INTELIGENTES

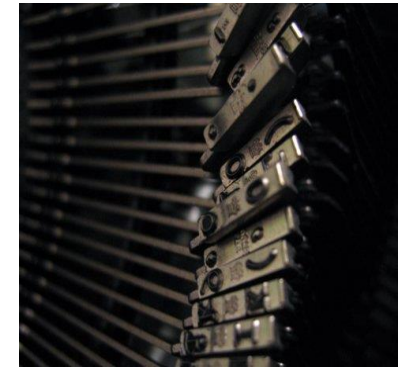
Capta Señales



Las procesa



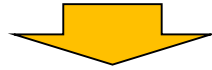
Genera Acción



- **Son integrados con sensores, microprocesadores y controladores.**

Generación de materiales derivadas de la nanotecnología, cuyas propiedades pueden ser controladas y cambiadas según demanda.

# MATERIALES INTELIGENTES



Los materiales inteligentes revolucionan la forma de concebir la síntesis de materiales al estar diseñados para:

- responder a estímulos externos.
- Extender su vida útil.
- Ahorrar energía o simplemente...
- Hacer más confortables la vida del ser humano.

**. El desarrollo de materiales "inteligentes" los hará auto-replicantes, auto-reparables e incluso, si es necesario, autodestructibles, reduciéndose con ello los residuos y aumentando su eficiencia**

# MATERIALES INTELIGENTES

Generación de materiales derivadas de la nanotecnología.

“Un material inteligente es aquel que cambia/controla sus propiedades ante una alteración del entorno”.

**Nuevo paradigma en la ingeniería → los materiales estructurales serán reemplazados por materiales funcionales →  
INTELIGENTES**

# MATERIALES INTELIGENTES

La inteligencia es función directa de:

- Grado de autonomía del agente en el control de su conducta
- Grado que se alcanza los objetivos
- Dificultad inherente de los objetivos
- Complejidad del ambiente

...y es función inversa de la cantidad de recursos invertidos por el agente!!!

# MATERIALES INTELIGENTES

## Grados de Inteligencia

- Un material puede ser inteligente en el sentido de que puede dar la misma respuesta ante un particular cambio.
- Otros con capacidad de aprendizaje.
- Se desea que un material inteligente tenga respuestas abruptas y pronunciadas.
- La inteligencia tiende a ser una cuestión de grados.

# MATERIALES INTELIGENTES

## Sistemas Inteligentes: Pasivos y Activos

**Sistema pasivo** responde a algún cambio externo sin asistencia externa.

– una resistencia.

• **Sistema activo** responde a un estímulo externo más una señal interna.

– un transistor.

# MATERIALES INTELIGENTES

## Sistemas Pasivos y Activos

- Muchos materiales inteligentes exhiben mecanismos de reparación.
- Óxidos compuestos de tungsteno, plata carbón, cerámica y acero son usados en cerámicos especiales → boquillas de cohetes.
- => composición inteligente que realiza funciones termomecánicas.

### Ejemplos

- ZnO al recibir un alto voltaje pierde resistencia eléctrica.
- Titanato de Ba aumenta la resistencia cerca de los 130 °C para detener un oleaje de corriente.



# MATERIALES INTELIGENTES

## Vs. Estructuras Inteligentes . . .

- **Material Inteligente:** si se divide mantiene sus propiedades.
- **Estructura Inteligente:** si se divide en dos pierde la propiedad que da la “inteligencia”.
  - Sensor: Aparato detector.
  - Actuador: Aparato de control.

# MATERIALES INTELIGENTES

## Compuestos muy inteligentes

- Diversas propiedades se pueden ajustar: frecuencia de resonancia, Impedancia acústica, amortiguamiento mecánico, acoplamiento electromecánico e impedancia eléctrica, propiedades mecánicas.....

Super materiales (*super materials*) → extraordinarias propiedades. La capacidad de crear componentes con precisión atómica.

# MATERIALES INTELIGENTES

## Compuestos muy inteligentes

- Bajo presión, las moléculas se alinean y se endurece notablemente (modulo de Young).
- → Sistemas ópticos, microscopios, tubos de scattering .
- Manifiesta no linealidad en semi conductores → distorsión ley de Ohm  $V=IR$ .

# MATERIALES INTELIGENTES

**Son capaces de responder de manera reversible ante la presencia de un estímulo cambiando sus propiedades**



**sensor y actuador**

*“Un material inteligente es aquel que posee sensores de reconocimiento del estímulo, “actuadores” que alteran sus propiedades físicas en tiempo corto y mecanismos de control que le permiten reaccionar siempre de la misma manera. Además este debe volver a su estado original después de cesado el estímulo.”*



# MATERIALES INTELIGENTES

## Clasificación

- Materiales con memoria

cambian ciertas propiedades físicas (forma) al someterse a un campo eléctrico y/o magnético.

- Aleaciones
- Polímeros

- Materiales electro-magneto activos



consiste en una relación causa-efecto entre la deformación (cambio de forma) de manera controlada y un estímulo eléctrico/magnético.

- Materiales foto-cromo activos

experimentan cambios de diferente naturaleza cuando se someten a la acción de la luz. En algunos casos pueden producir luz bajo ciertos estímulos o cambiar el color



# MATERIALES INTELIGENTES

## Clasificación

- Materiales con memoria

- Aleaciones
- Polímeros
- Cerámicos

- Materiales electro-magneto activos

↓  
Piezoeléctricos

↔ Estrictivos  
↔ Reológicos

- Materiales foto-cromo activos



estímulo

{ Eléctrico  
Térmico  
Lumínico

# MATERIALES INTELIGENTES

## Fluidos electroreológicos

Líquidos que cambian su estado en presencia de un campo electromagnético.

- Pueden ser congelados y fundidos a voluntad.
- Uso importante: discos de embrague
- Propiedades pueden ser controladas por agentes externos.



# MATERIALES INTELIGENTES

## Materiales Magneto-electro activos

- Materiales piezoeléctricos.
  - Reaccionan ante un impulso eléctrico con una deformación y viceversa.
  - Cristal de cuarzo en señales de radio y relojes electrónicos.

### **Dos grupos**

- Naturaleza piezoeléctrica primigenia: cuarzo, turmalina.
- Ferroeléctricos: tantalato de litio, nitrato de litio, berlinita (monocristales y cerámicas)
- Polímeros polares



# MATERIALES INTELIGENTES

## Materiales Foto/cromo activos

### Cristal fotocromático (1964).



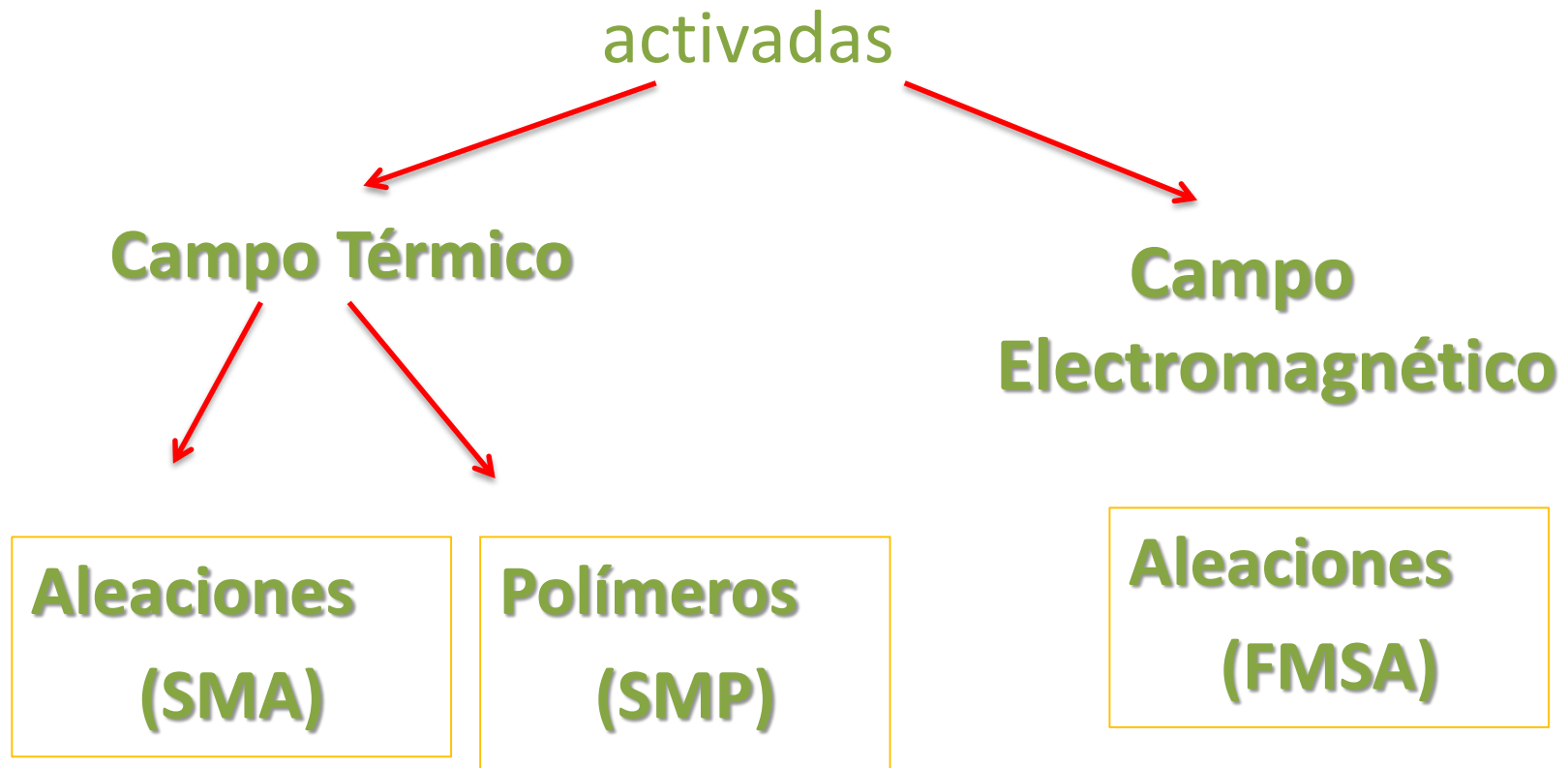
- El efecto consiste en una reacción de la radiación UV con  $\text{Ag}^+$  que inmoviliza los electrones.
- Átomos Ag bloquean la luz incidente.
- Sin la Luz UV  $\rightarrow$  Ag se revierte a  $\text{Ag}^+$  (reacción energética favorable).

# MATERIALES INTELIGENTES

## Materiales Fotostrictivos

- Transforman energía óptica en mecánica
- Destellos de luz causan que el material se expanda/contraiga.
- → El caminante”

# Materiales con memoria



# MATERIALES CON MEMORIA

## SMA (Shape Memory Alloys)

- Capacidad de recuperación ~ 8,5%



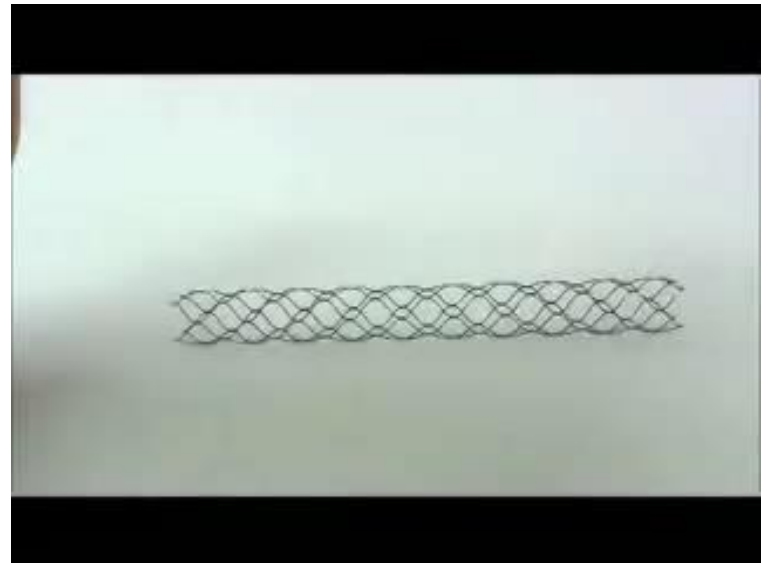
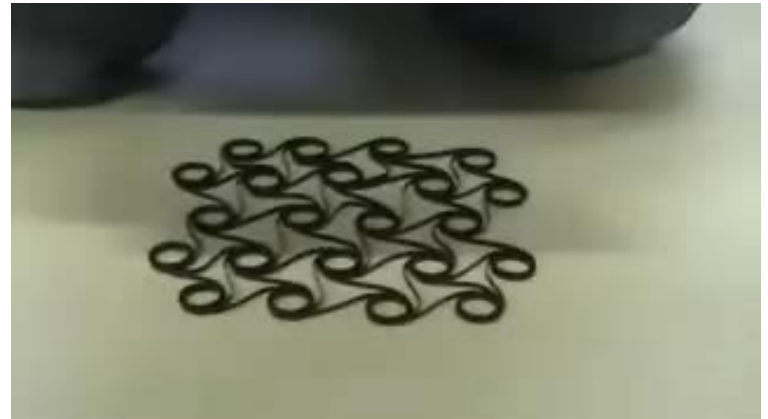
Ni Ti

- Generar tensiones 1 orden de magnitud superior

- Peso /Potencia superior

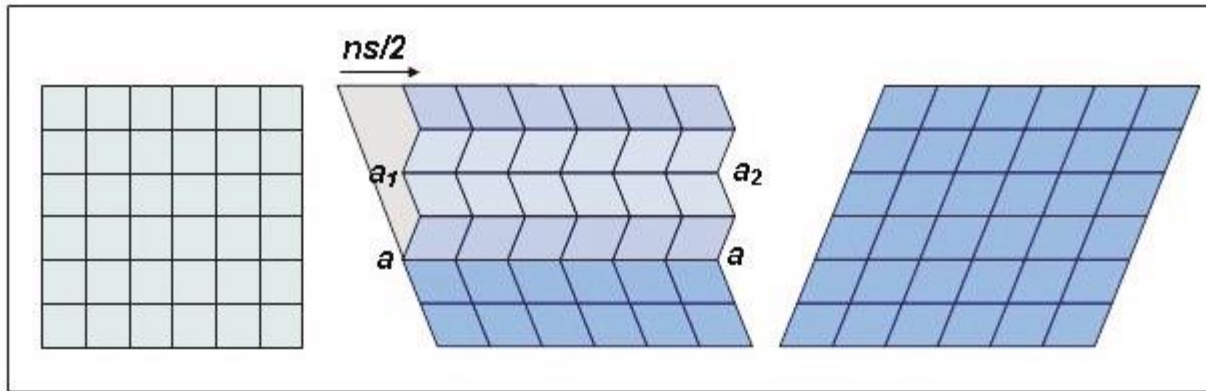
- Carácter no magnético

- Si la inclinación ocurre en una misma dirección, la aleación sufre una deformación espontánea.
- En la práctica ocurre en toda las direcciones, las cuales se cancelan y mantienen la forma inalterada.

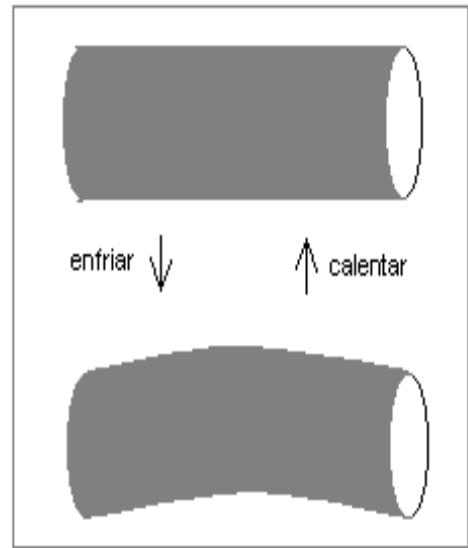
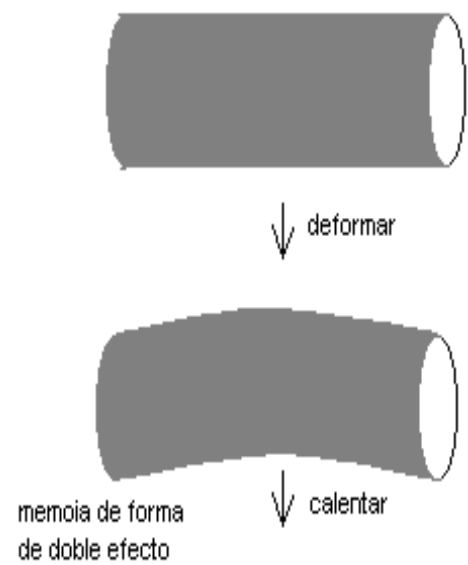
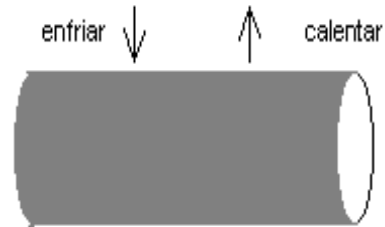
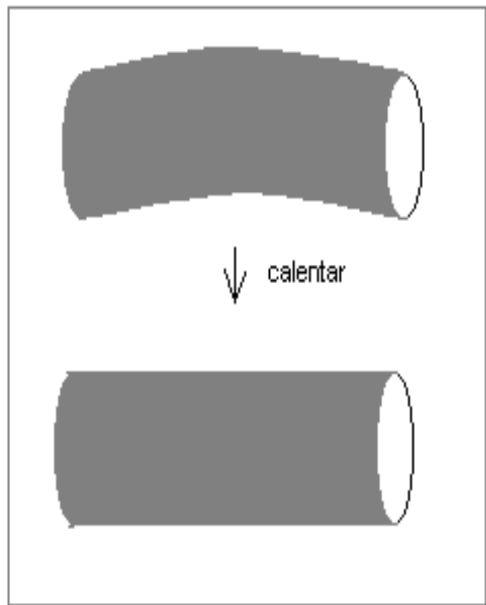
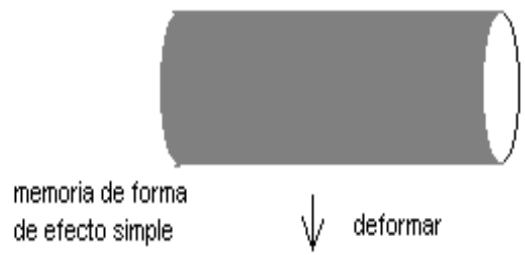


# Aleaciones con memoria de Forma

- Origen :cambio en la estructura cristalina que ocurre para minimizar energía de la red.
- El cambio de estructura no ocurre por difusión de átomos, sino por deformación de la red.

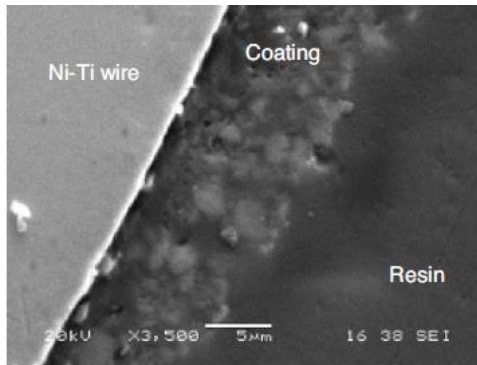


El material recupera su forma gracias a una transformación martensítica

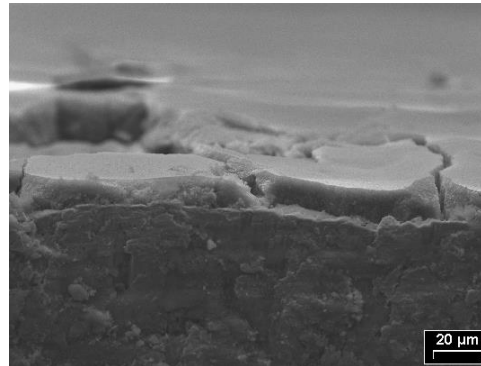


# Aleaciones con Memoria

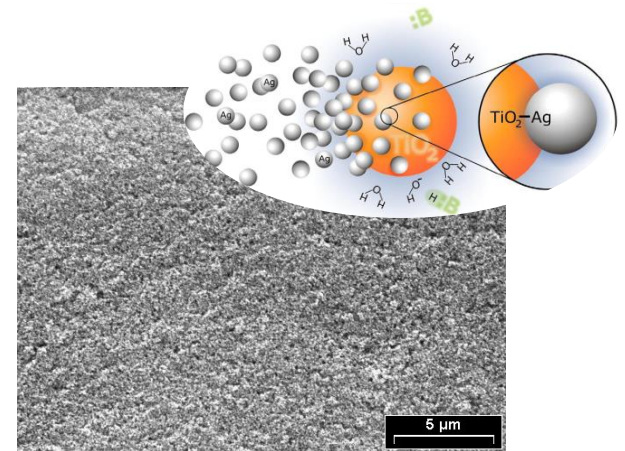
## Biomateriales



*Krauss et al. SCT (2006)*



*Santillan et al. KEM (2009)*



*Santillan et al. SCT(2010)*

*Trabajos en colaboración al Departamento de Materiales - Imperial College London (Reino Unido) e Instituto de Biomateriales - Universidad de Erlangen-Nuremberg (Alemania)*

# Polímeros con Memoria

## SMP (Shape Memory Polymer)

Polímeros que en respuesta a pequeños cambios en su entorno, como temperatura, pH, luz, campo eléctrico o magnético, concentración iónica, moléculas biológicas, etc. sufren cambios drásticos en sus Propiedades

Polímero	Estímulo	Respuesta
termosensibles	Temperatura	Tension/volumen
fotosensibles	Intensidad de luz	Tension/propiedad optica
magnetoactivos	Campo magnetico	Tension/luz/color
electrosensibles	Campo electrico	Tension
multi-sensibles	Mas de uno	Tension/volumen



# Polímeros inteligentes

## Clases

- polímeros reticulados
- copolímeros en bloque.
- redes interpenetradas.
- Polímeros con memoria de forma.

# Polímeros inteligentes

## Redes Interpenetradas (INP)

- 2 o mas sub-redes de polímeros

- **Identifico**
  - No fluyen
  - En medio acuoso se hinchan pero no se disuelven

Ej: Chitosan/metacrilato  
Chitosán/policaprolactona

*Trabajos en colaboración con Grupo de Polimeros Avanzados- PLAPIQUI. (Argentina)*

# Polímeros inteligentes

## Polímeros con memoria de forma (SMP)



Ej: poliuretano  
poliesteres

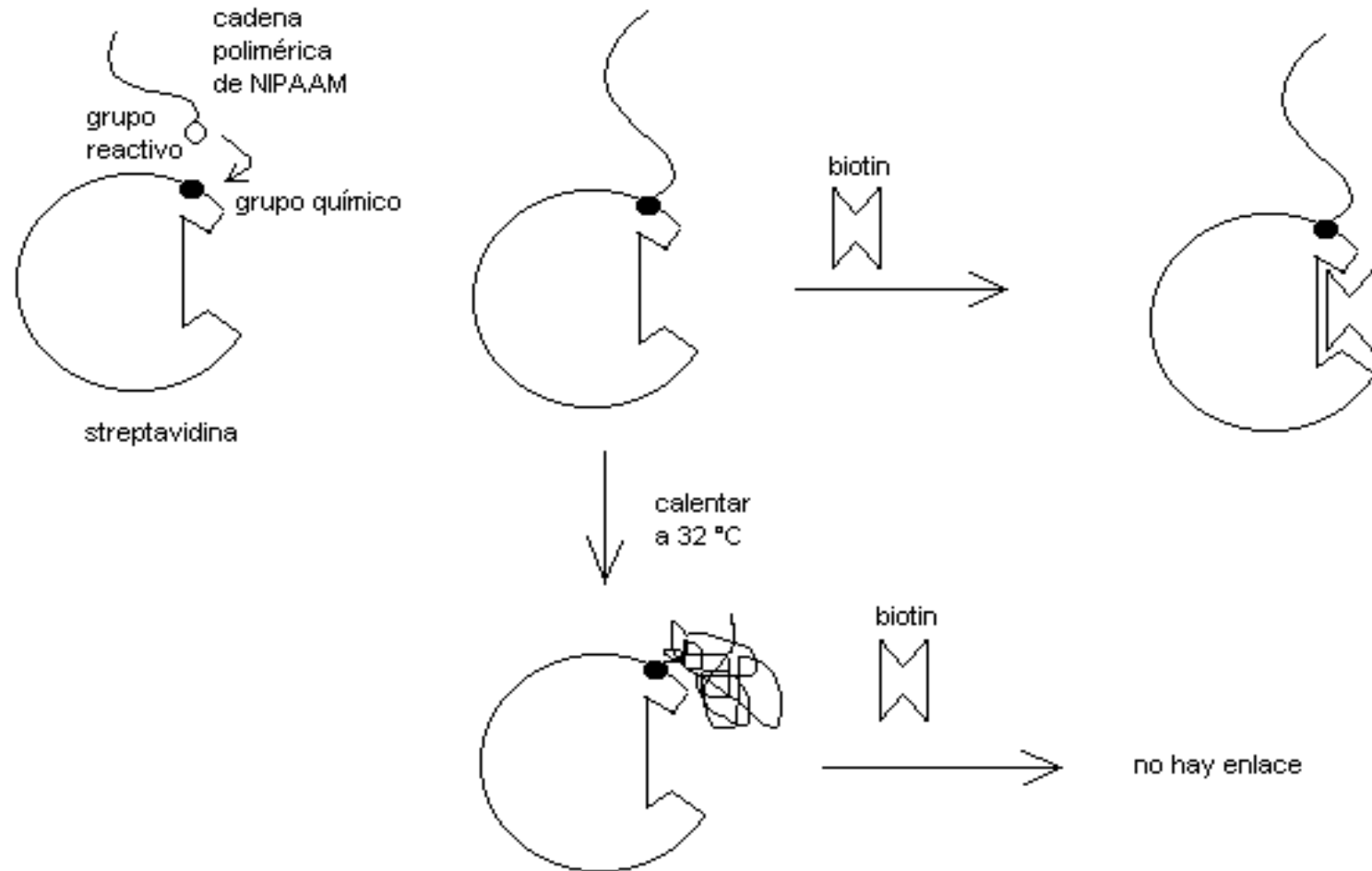
Caliente → Autoreparación de polímeros semicristalinos  
diseñados

# Polímeros inteligentes

**Sustratos de cultivos:** Cambio de topografía

- La mayoría de los tejidos del cuerpo :
  - » Iris
  - » Huesos
- Materiales suaves y blandos => Modificados drásticamente
- Mejor estudio de Polímero es NIPAAM (N-isopropylacrylamide)
  - Cadenas NIPAAM solubles en soluc. frias, al calentar colapsa y precipita.
  - Compuesto por grupos solubles e insolubles.
  - Enlace energéticamente favorable.
  - Temperatura de solución crítica mas baja → la mayoría de los enlaces se deshacen con el agua.
  - Uso para control de habilidad de una proteína para unirse con peq molécula.
  - Geles basados en NIPAAM responden a cambios de Temperatura.

# Polímeros inteligentes



# Desarrollos Futuros

- Integración y miniaturización de los sensores y actuadores electrocerámicos. => Automatización.
- La integración con resistores y capacitores incrustados en desarrollo.
  - Cintas y pantallas de impresión
- Varistors, sensores qcos, termistores y transductores puedan ser fabricados de forma que cumplan con Inteligencia.
- Chips de Silicona
  - Paq multifuncional sería peq, robusto, barato y refractario
  - Soporta altas temperaturas.

# Desarrollos Futuros

- Cu y Pt tienen conductividad alta, pero puntos de fusión a temp bajas.
  - Alterar con cerámicos y hacen más cara fabricación.
- Confiabilidad (Estudiar quiebre eléctrico y mecánico).
- Sistemas Inteligentes para ambientes hostiles.
- Medicina regenerativa