



# Adaptación del hombro a la demanda mecánica -Análisis y captura de movimiento-

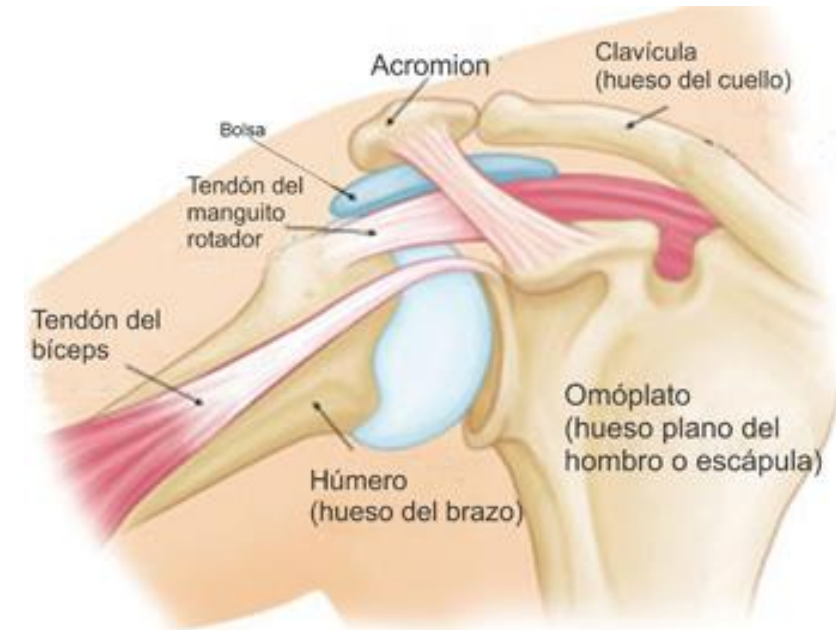
Daniel R. Suárez V., PhD  
Facultad de Ingeniería  
Pontificia Universidad Javeriana  
[d-suarez@javeriana.edu.co](mailto:d-suarez@javeriana.edu.co)

# Contenido

- Problemas del hombro y posibles causas
- Estimación de la demanda mecánica y ejemplos
- Adaptación de tejidos a la demanda
- A. de Mto. + modelamiento computacional o experimental

# Problemas del hombro

- Inflamación de tejido
- Desgarro tendón
- Inestabilidad
- Artritis
- Fractura



<http://orthoinfo.aaos.org/figures/A00704F01.jpg>

American Academy of Orthopaedic Surgeons

7,5 millones de visitas al especialista  
55% problemas del manguito

# Posibles causas

- Actividades con movimiento repetitivo, agravadas con hombro elevado y carga excesiva.
- Trauma y otras



# Posibles causas

Rango de movimiento  
amplio

+

Fuerza elevada

+

Frecuencia elevada

=

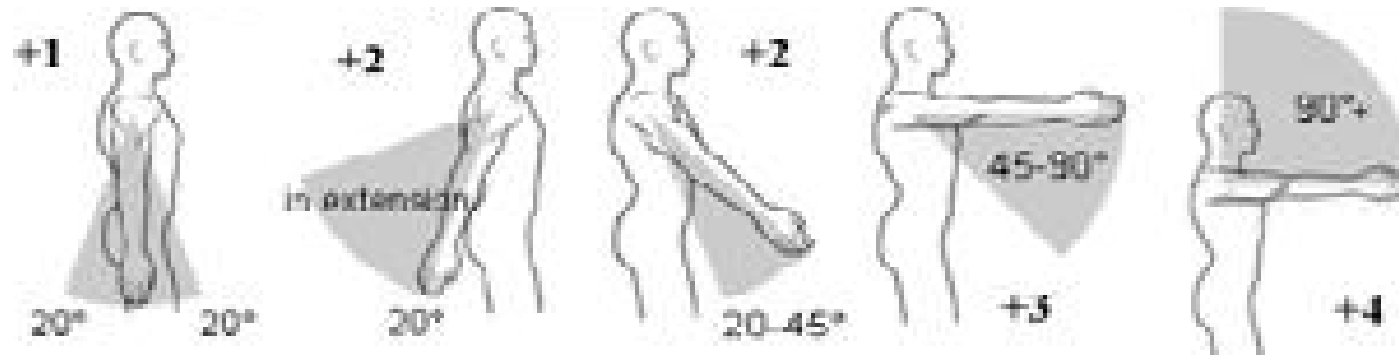
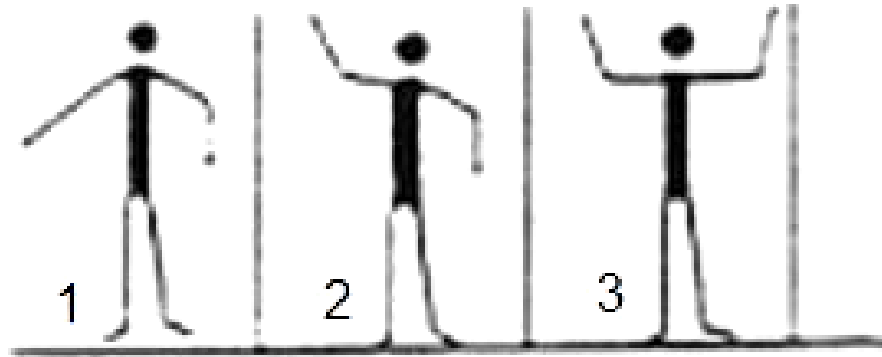


<http://advancephysioclinic.com.au/>

# Estimación de la demanda mecánica

## Medición de frecuencia y rangos de movimiento

- Owaco working posture analysis system (OWAS)
- Rapid upper limb assessment (RULA)
- OCRA

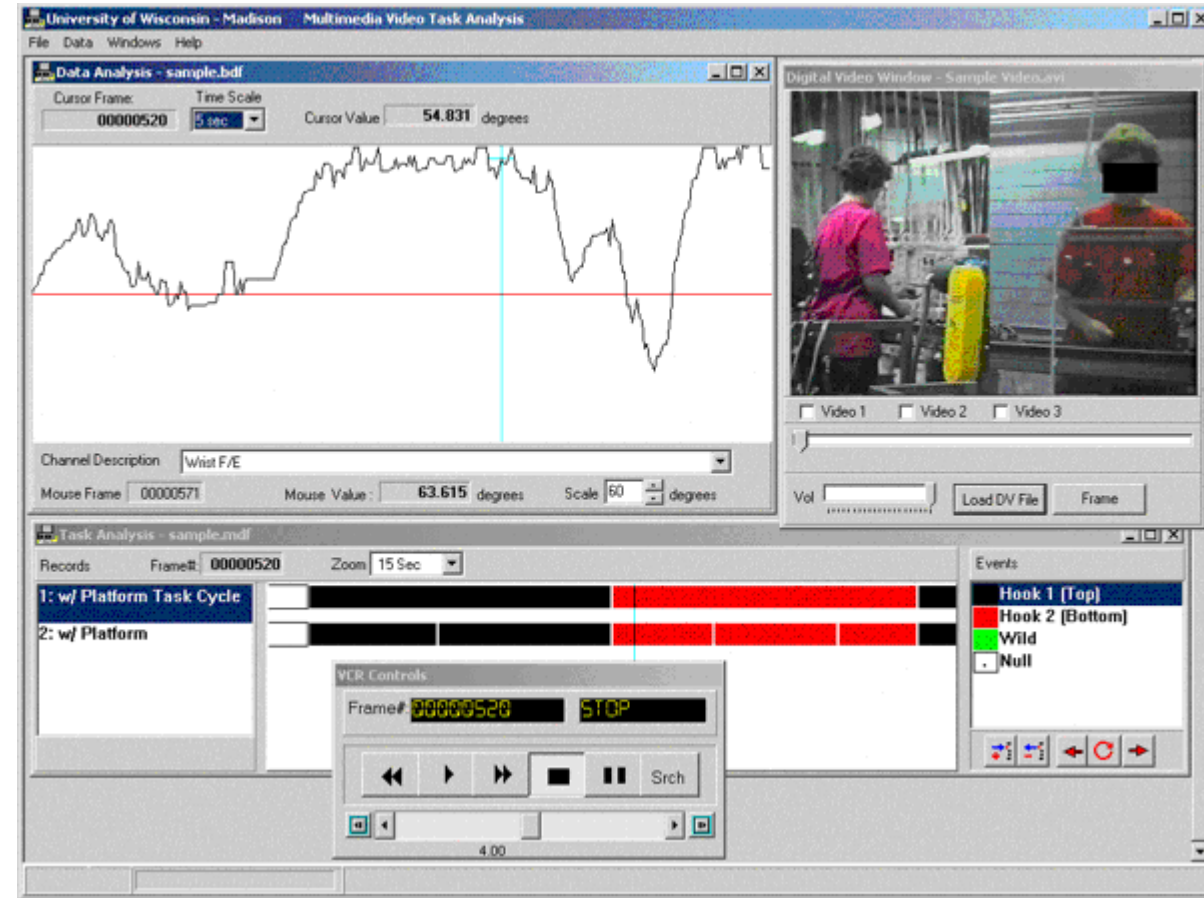


# Estimación de la demanda mecánica

## Medición de frecuencia y rangos de movimiento

- VIRA (Perssen and Kilbom, 1983)
- Multimedia video task analysis (MVTA) (Yen and Radwin 2002).

Análisis de video (posturas): ok para evaluar rangos y frecuencias, pero no fuerzas sobre la articulación





# Estimación de la demanda mecánica

## Métodos actuales

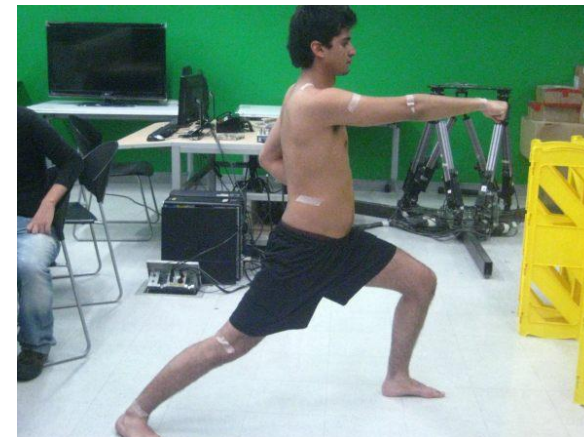
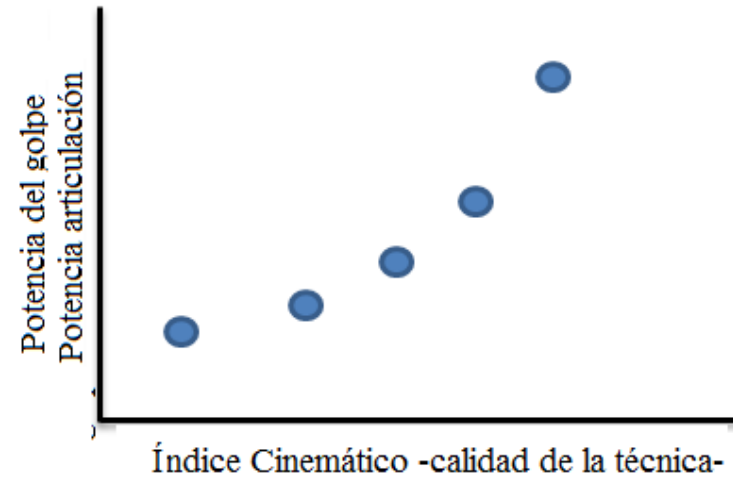
- MOCAP vs mediciones directas (goniómetros y acelerómetros)





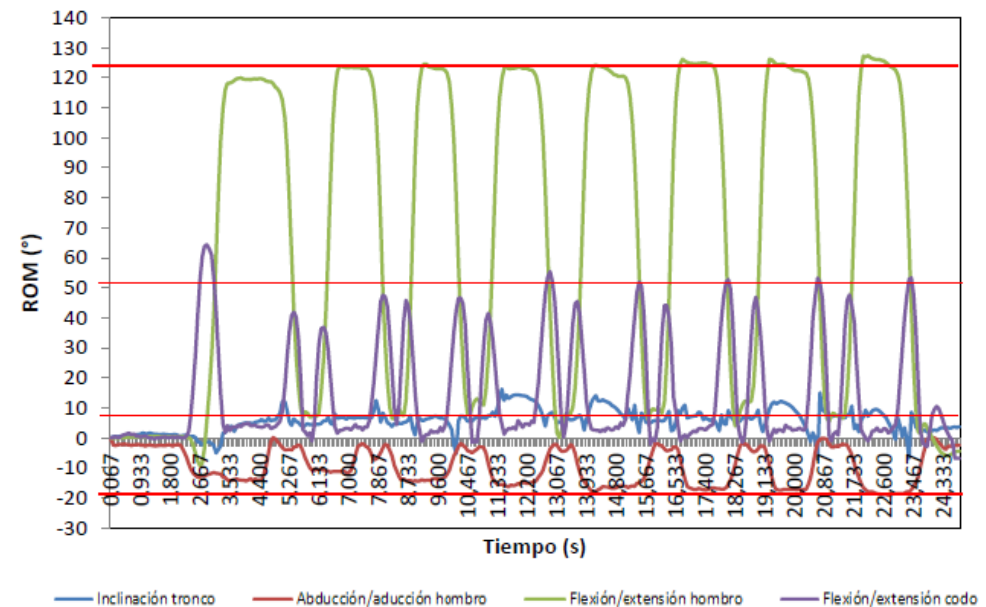
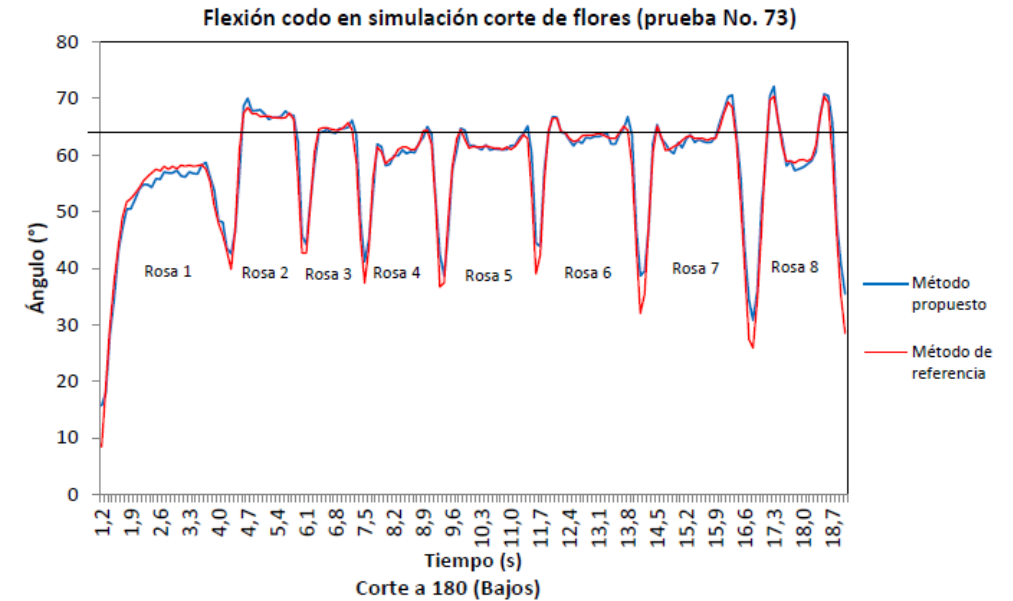
# Ejemplo

Dinámica del hombro en el Gyaku Tsuki (Feijoo 2014)



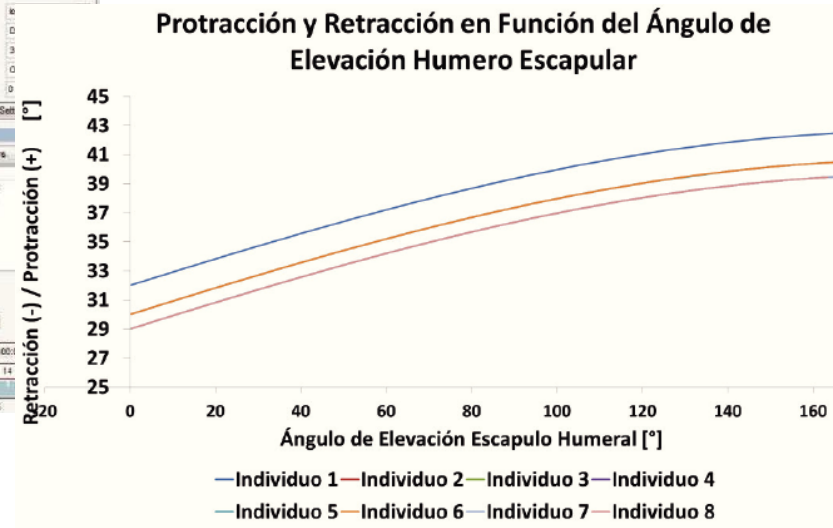
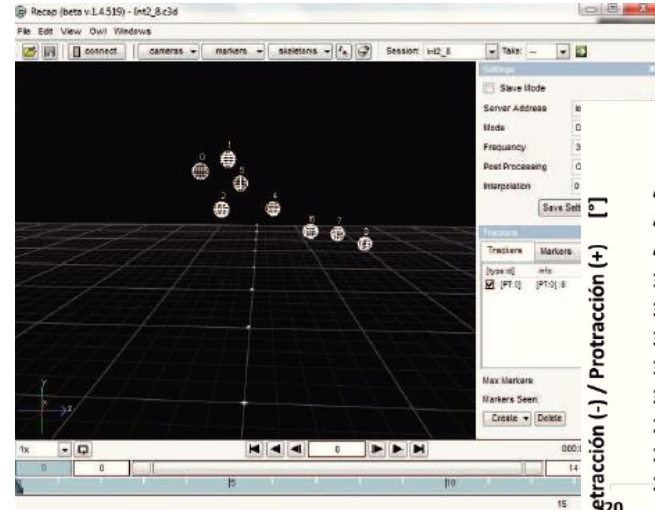
# Ejemplo

Riesgo de lesión en el hombro en agricultura (Negrete, 2012)



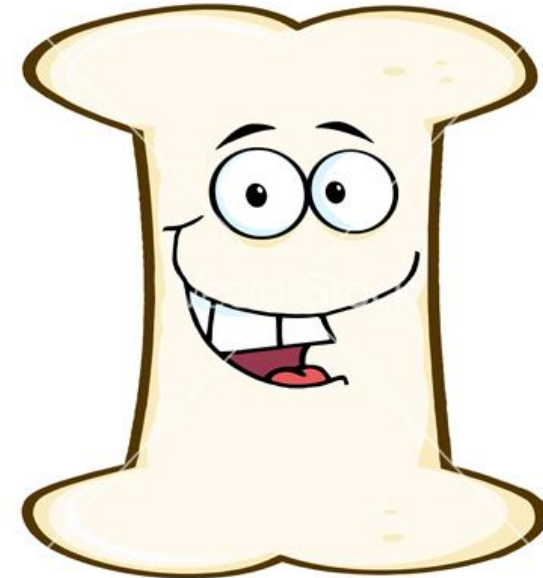
# Ejemplo

## Estimación del ritmo escapulohumeral (Barrera 2012)



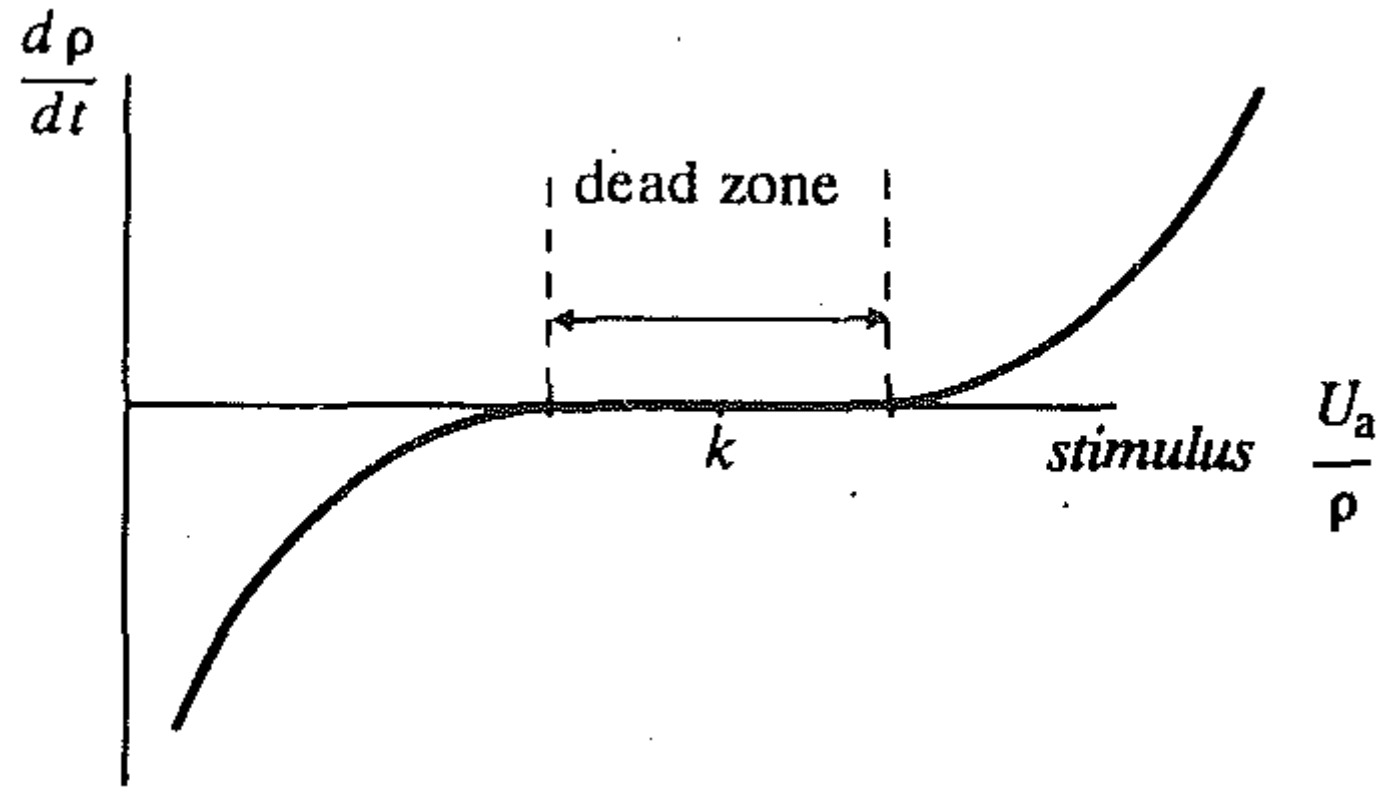
# Adaptación de tejidos

- Músculos, tendones, huesos están vivos!
- Reaccionan a su medio (bioquímico, biomecánico, etc.).
- Autoreparación-Mantenimiento
- Adaptación
- Falla

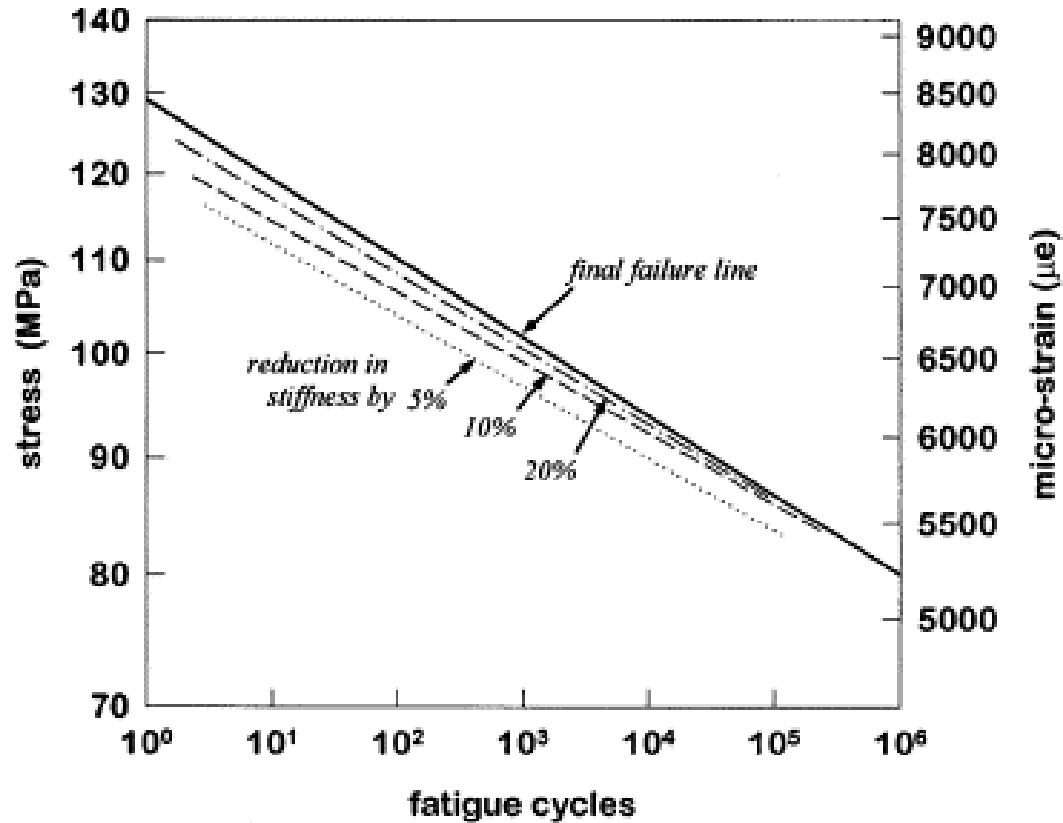


<http://cdn.vectorstock.com/>

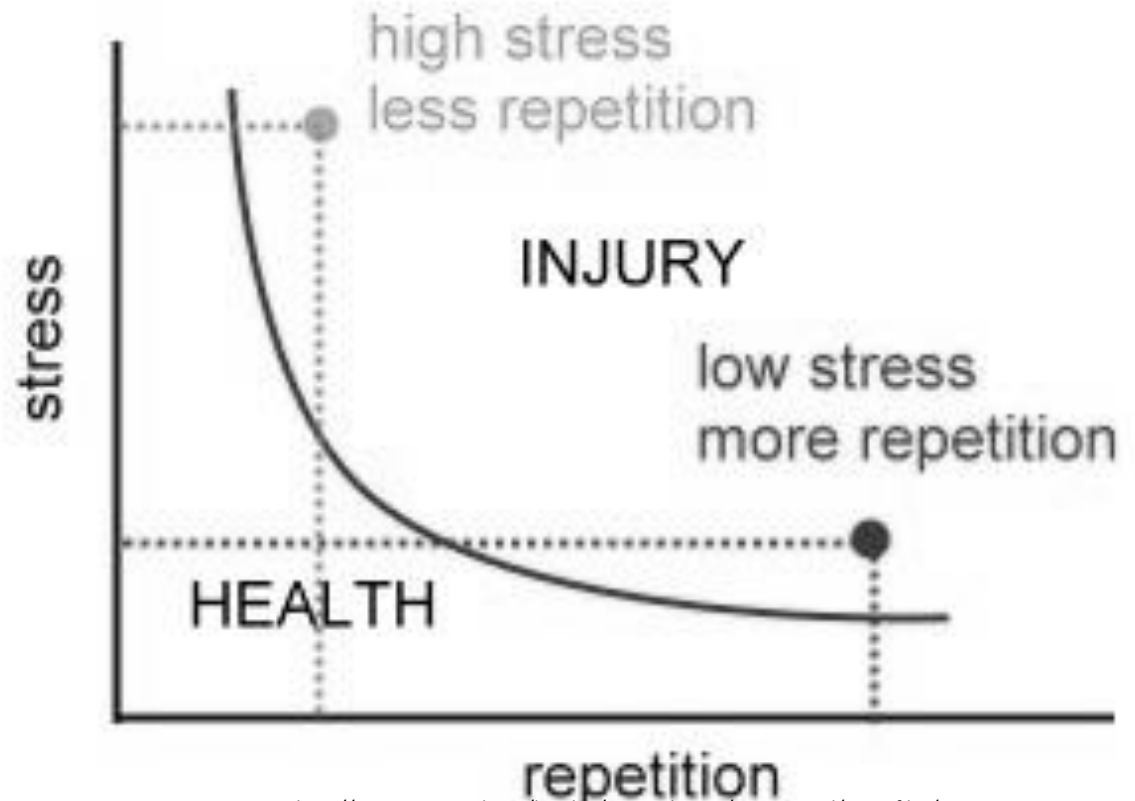
# Adaptación de tejidos



# Adaptación o daño en tejidos



Zioupos and Casinos, 1998

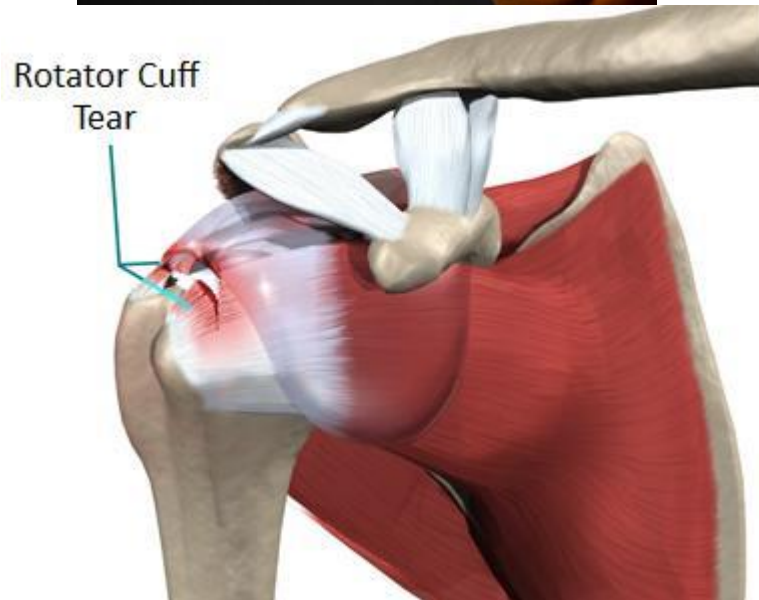


<http://www.pt.ntu.edu.tw/hmchai/Biomechanics/BMmaterial/Bone.files/BoneFatigue.jpg>

Auto-reparación del tejido solo funciona si su frecuencia es más alta que la frecuencia de daño o lesión



# Adaptación o daño en el hombro

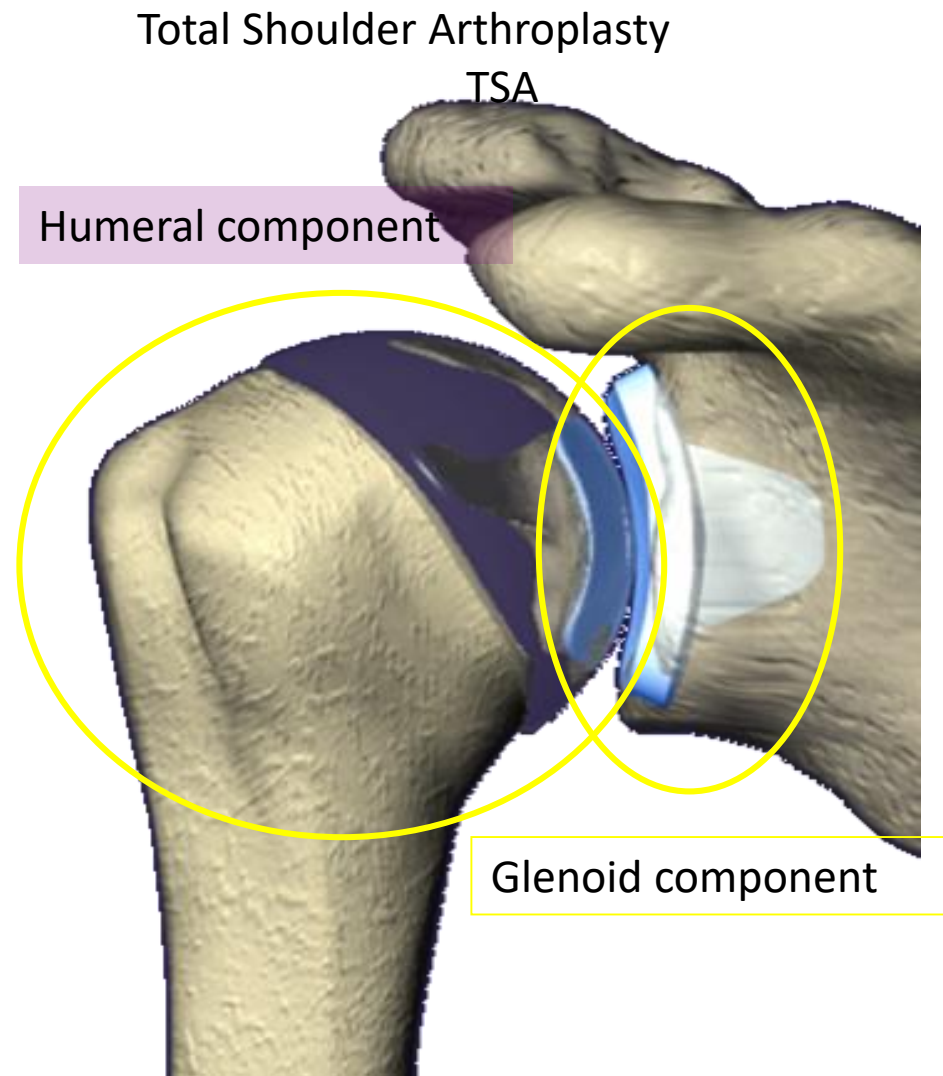


Tendones  
Ligamentos  
Hueso?

# Adaptación o daño en el hombro

- Necesidad de cuantificar la carga del hombro
- Carga= fuerza, frecuencia, rango de movimiento
- Cuál de los tres factores debemos cuantificar?...

# Ejemplo: Adaptación de la glenoide después de un remplazo



La mayoría de los problemas relacionados con el “glenoid component”. Falla de la unión al hueso es común entre los componentes fallidos

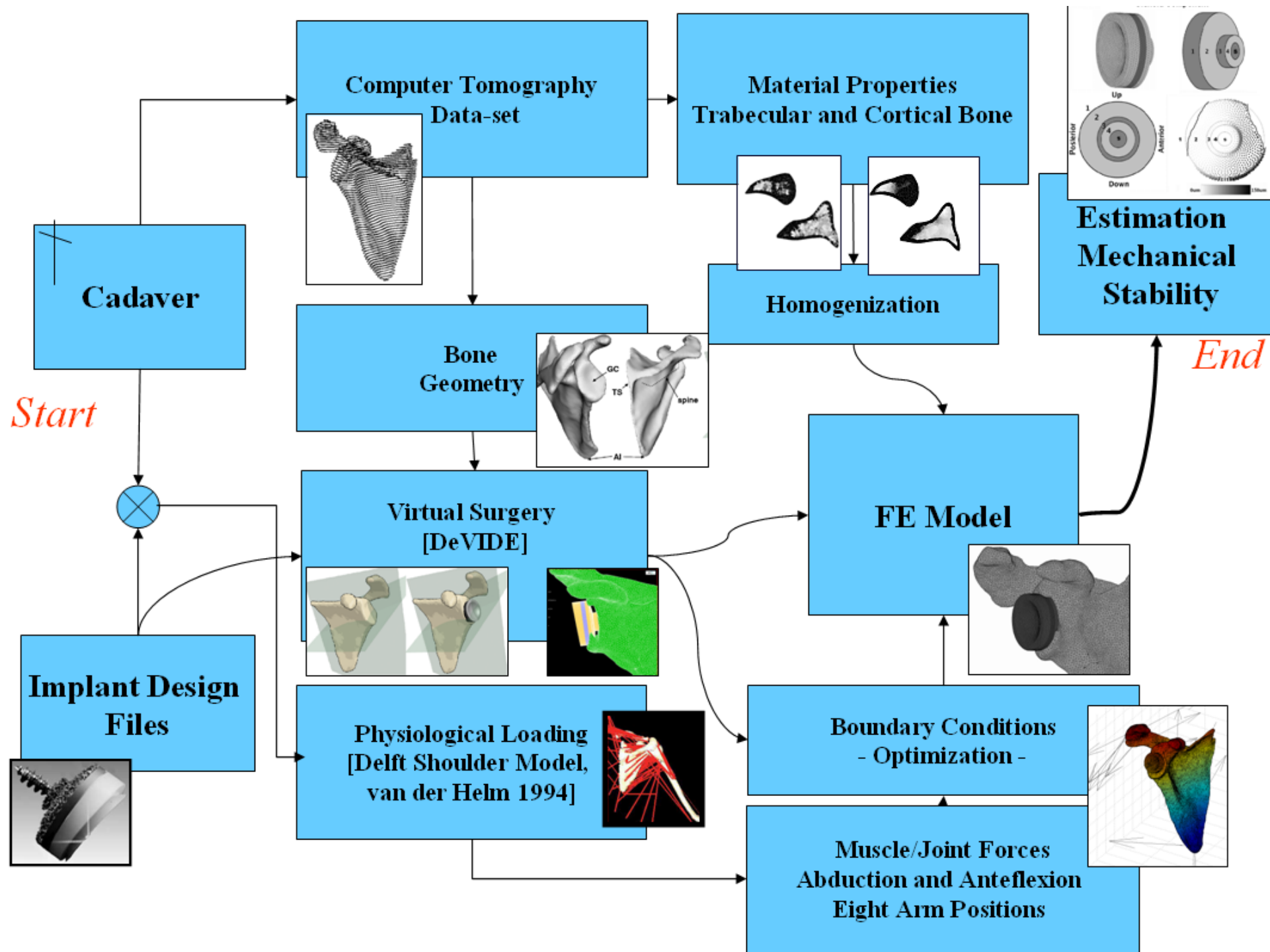
**Componentes no-cementados puede ser una opción**

...Sin embargo, tienen sus propios problemas

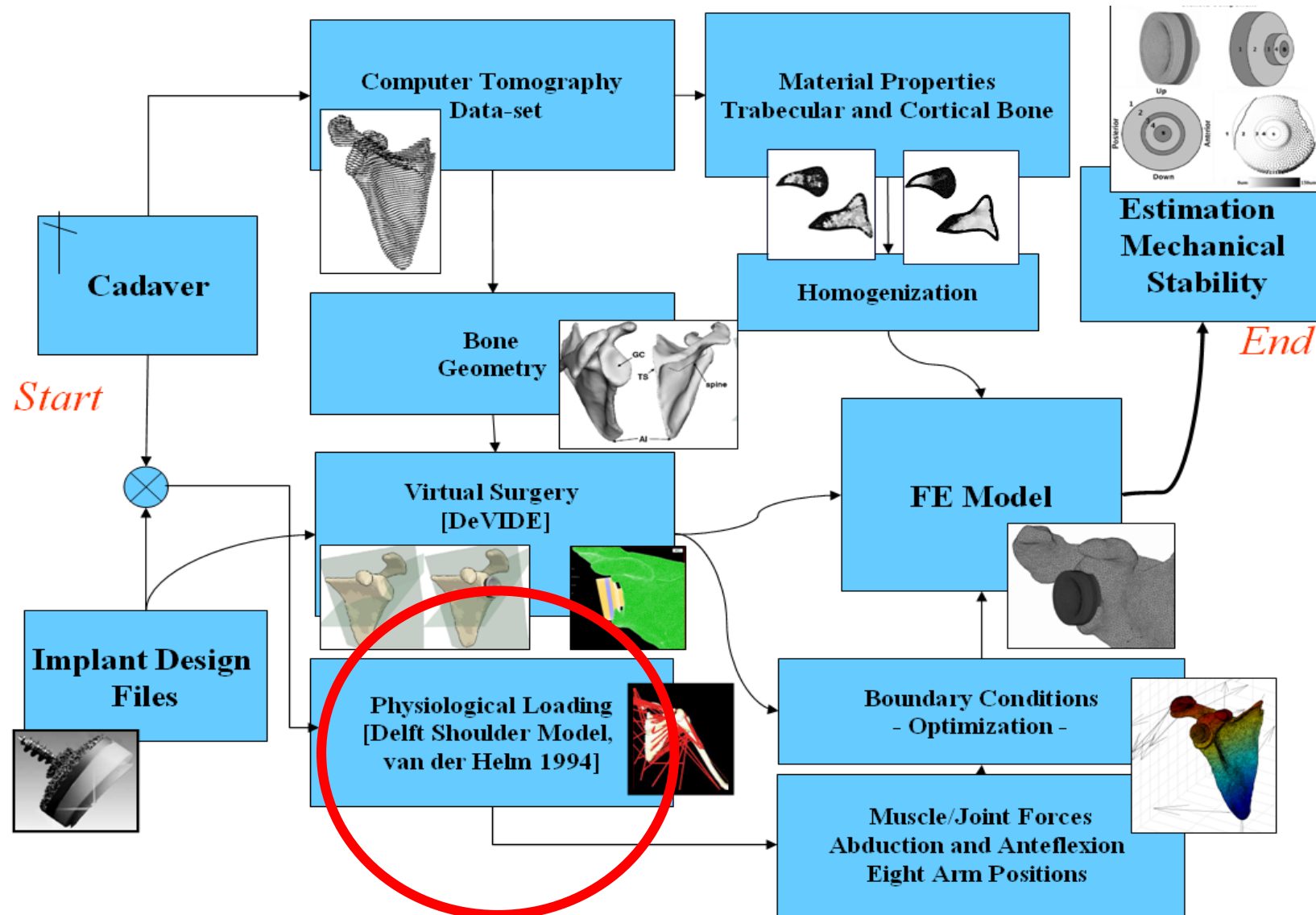
# El objetivo y las variables

Evaluar la adaptación de tejido óseo en la glenoide después de un reemplazo articular en un paciente particular y usando un implante específico

- Relacionadas con el diseño del implante
  - Geometría*
  - Materiales*
  - Características del “coating”*
- Relacionada con el cirujano
  - Experiencia ~ Precisión*
  - Técnica*
- Relacionadas con el paciente
  - Geometría y calidad del hueso*
  - Integridad muscular*
  - Demanda mecánica*



# ¿Dónde esta la Captura-Análisis de movimiento?





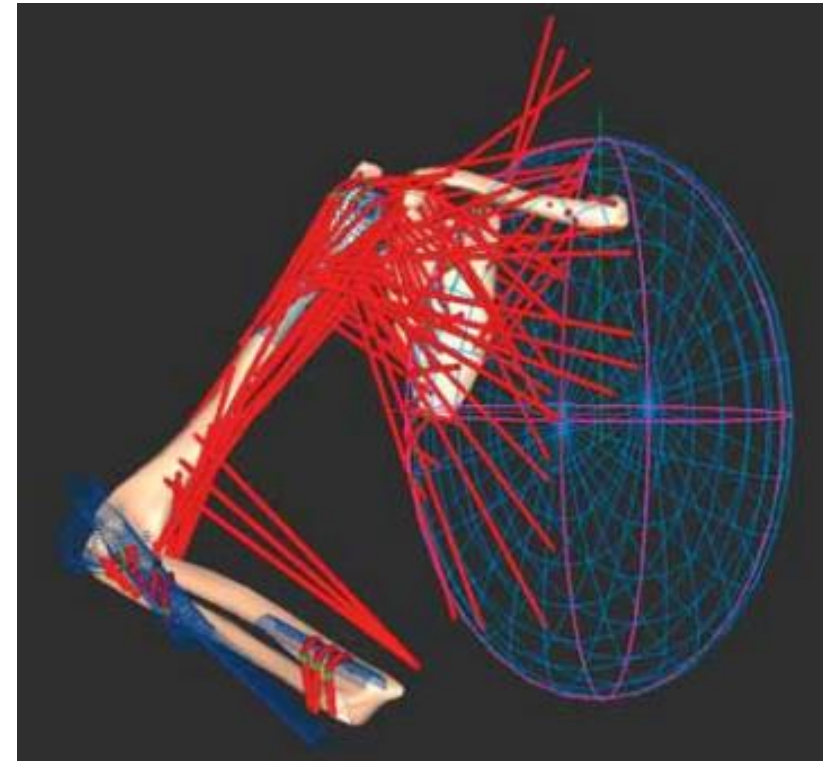
# Fuerzas Musculares y Reacciones en Articulaciones

Delft Shoulder and Elbow: (van der Helm, 1994-)

Usa los datos cinemáticos de una persona al elevar el brazo (abducción y flexión).

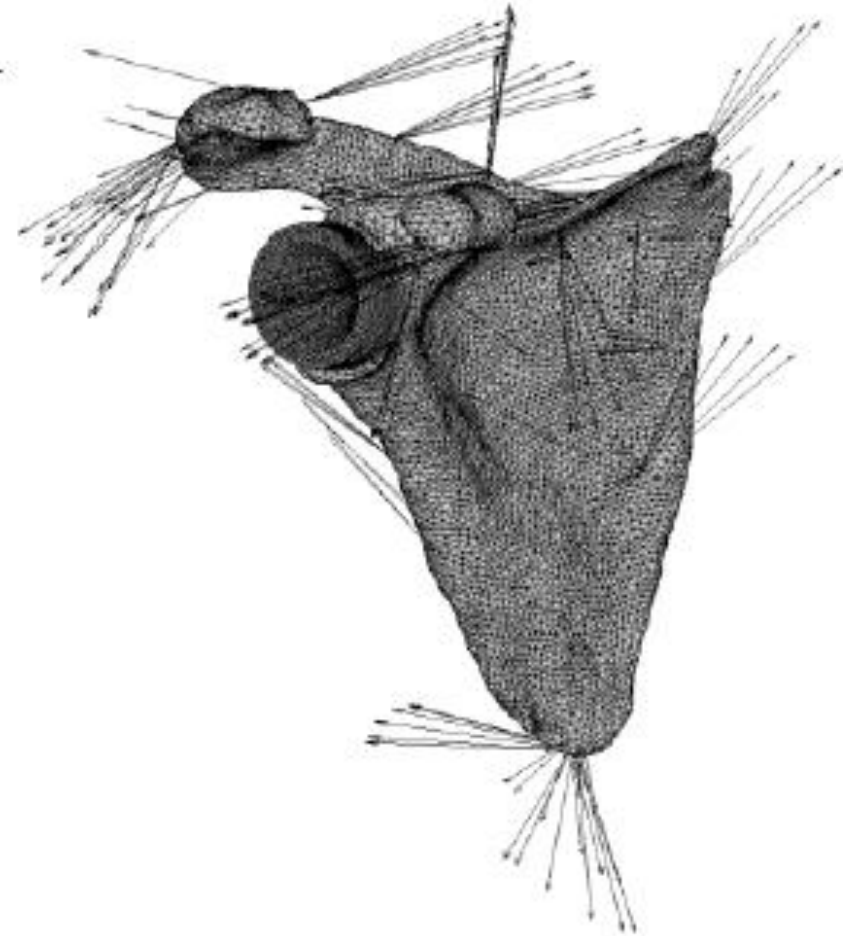
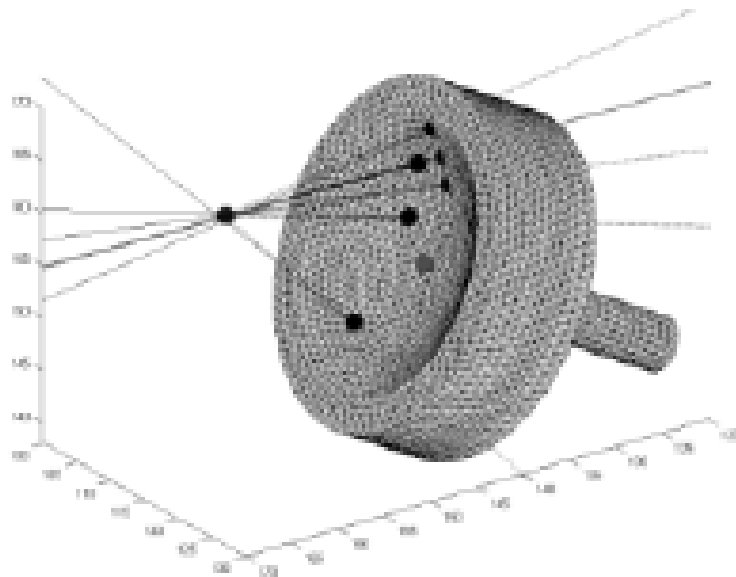
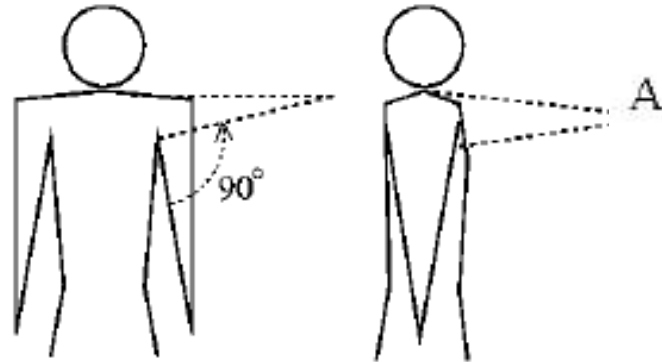
Calcula fuerzas musculares, etc.

Incluye dinámica directa e inversa del sistema, todos los músculos del hombro

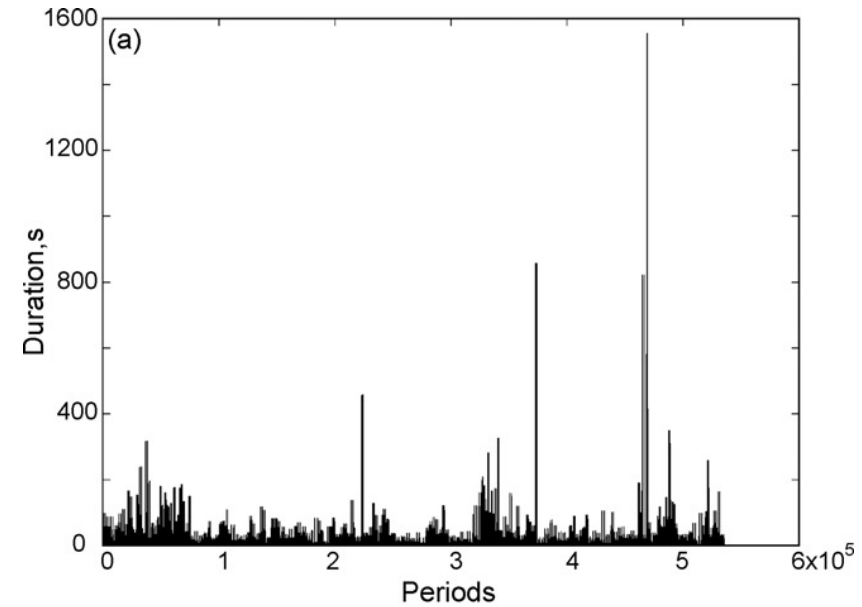
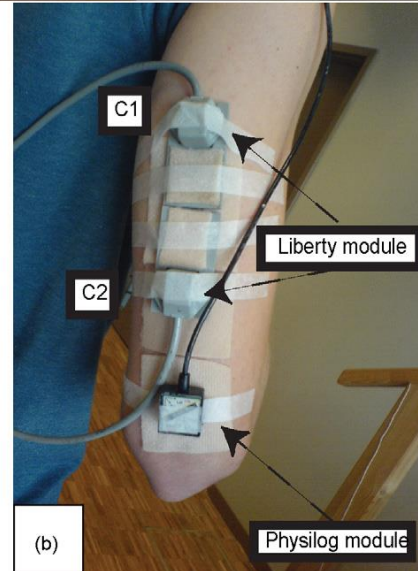
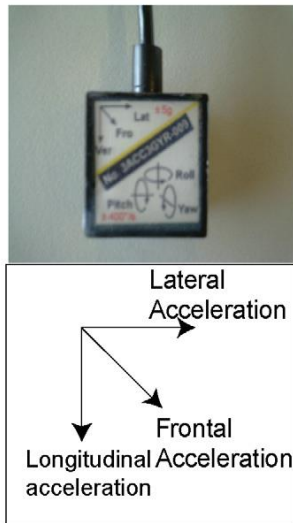
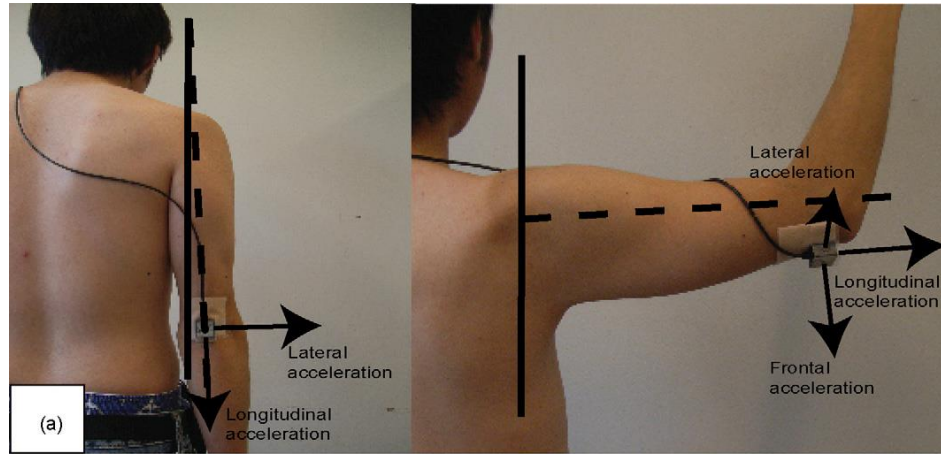


# Fuerzas Musculares y Reacciones en Articulaciones

Abduction and  
Forward Flexion,  
0-90°



# Frecuencias de carga



*Coley et al. 2008*

$$S = \sum S_i W_i,$$

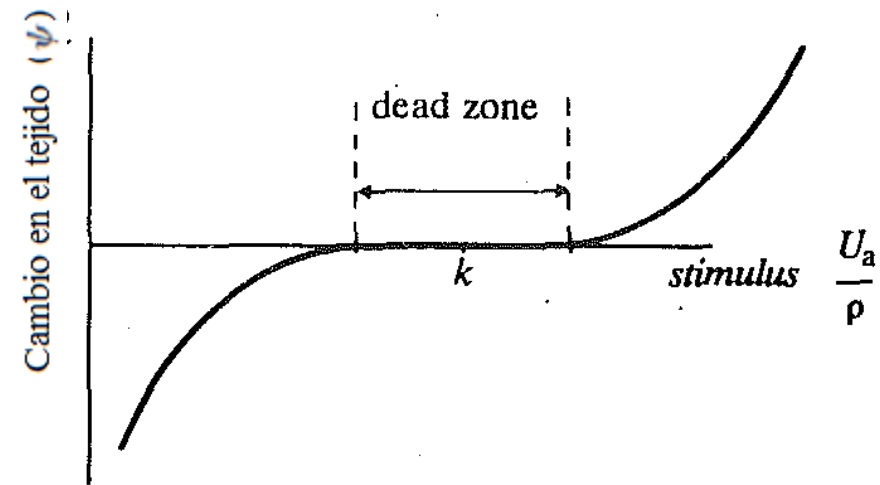
$W_i = 0.16, 0.18, 0.12$  and  $0.03$

Arm abduction at  $0^\circ, 30^\circ, 60^\circ$  and  $90^\circ,$

*Coley et al. 2008*

# Adaptación a la carga mecánica

$$S = \sum S_i W_i,$$

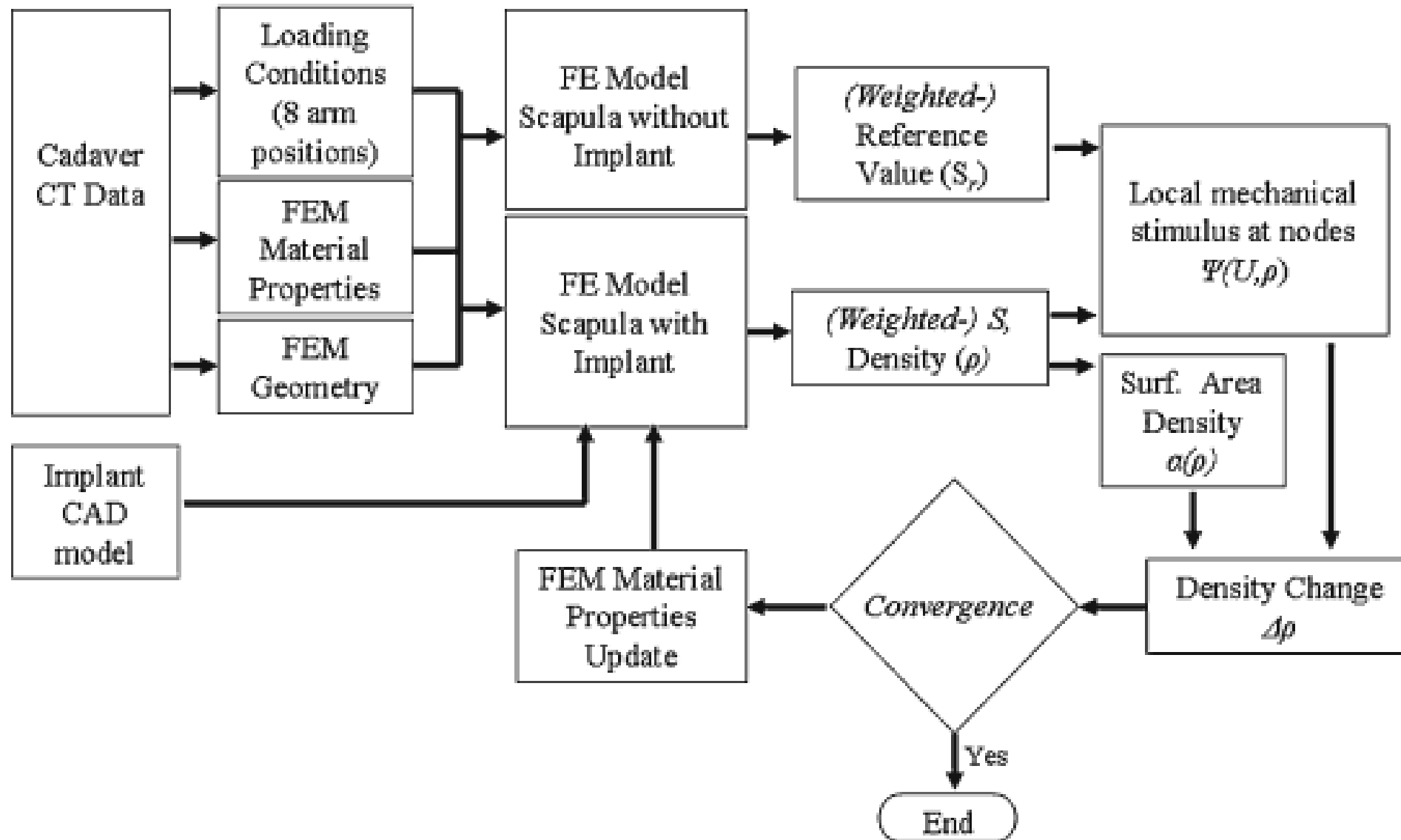


$$\psi = S - (1 + z)S_r, \quad \text{if } S > (1 + z)S_r$$

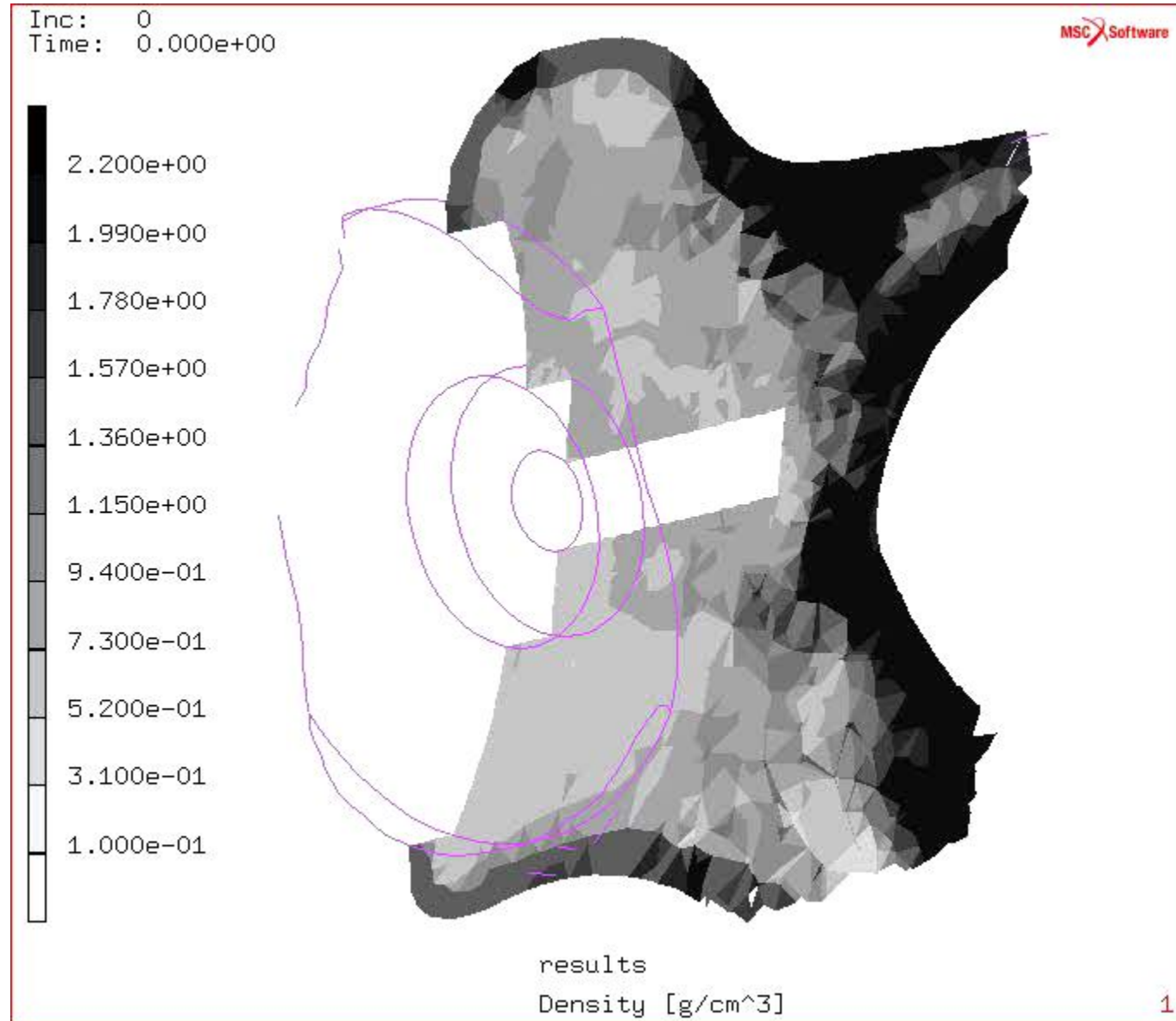
$$\psi = 0, \quad \text{if } S_r(1 - z) < S < (1 + z)S_r$$

$$\psi = S - (1 - z)S_r, \quad \text{if } S < (1 - z)S_r,$$

# Adaptación a la carga mecánica



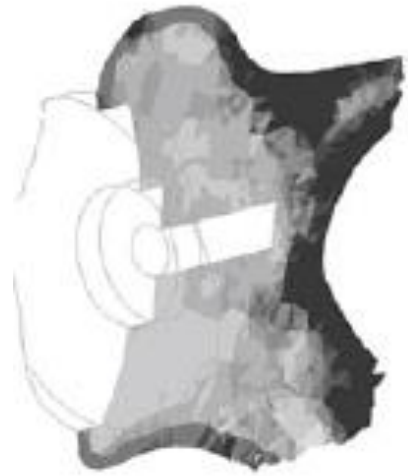
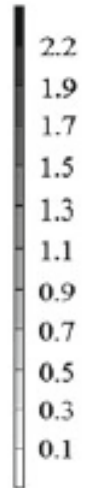
# Adaptación a la carga mecánica



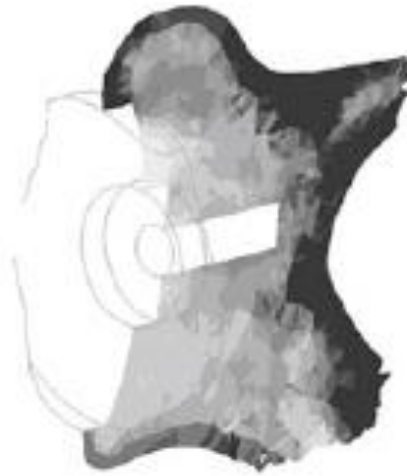


# Adaptación a la carga mecánica

Bone  
Density  
[g/cm<sup>3</sup>]



Time Inc.: 0



Time Inc.: 10

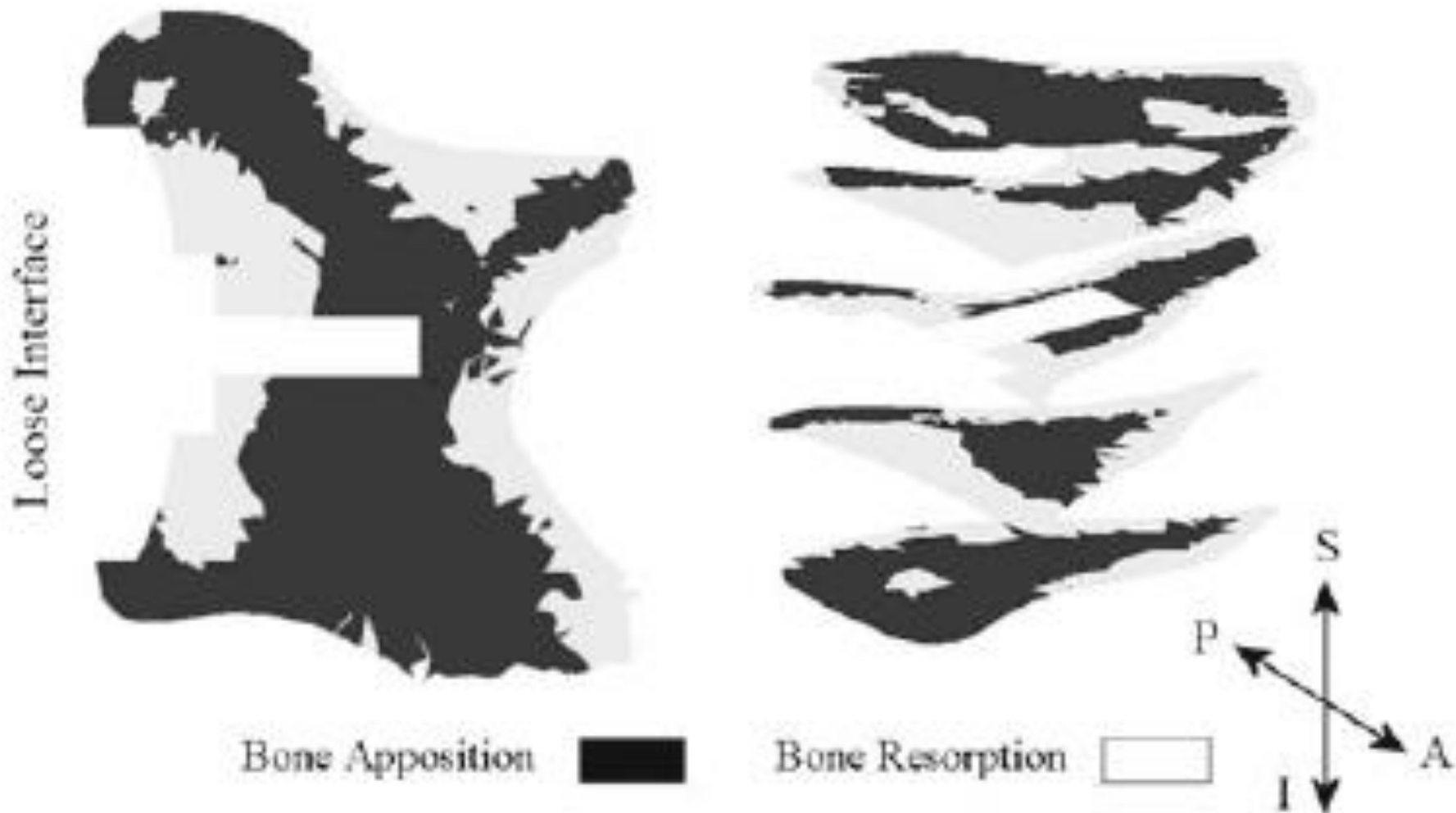


Time Inc.: 50

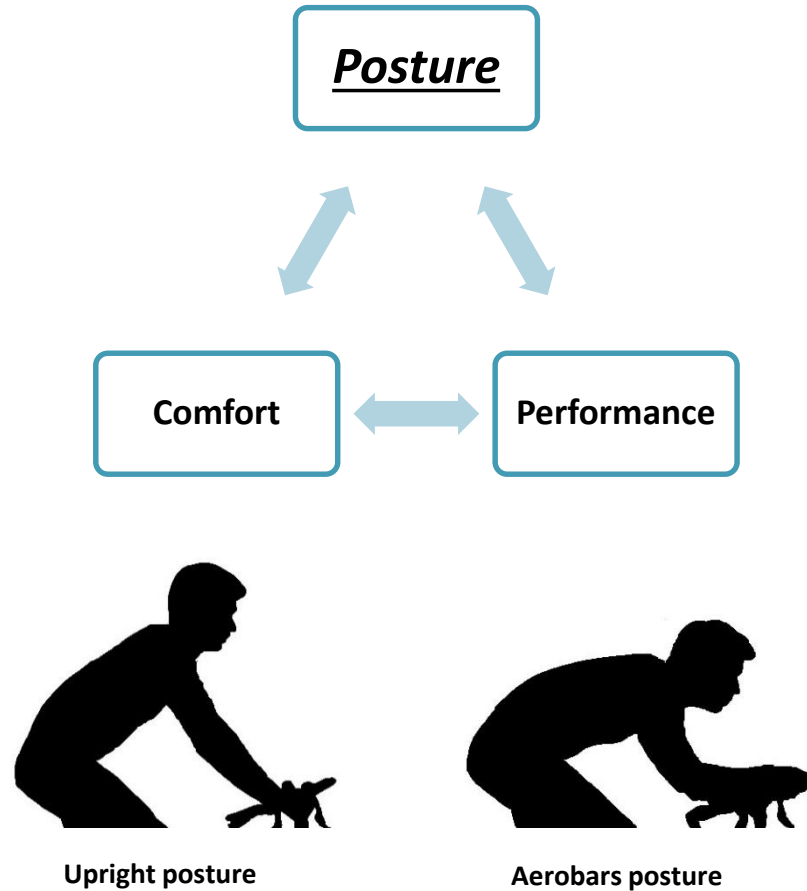


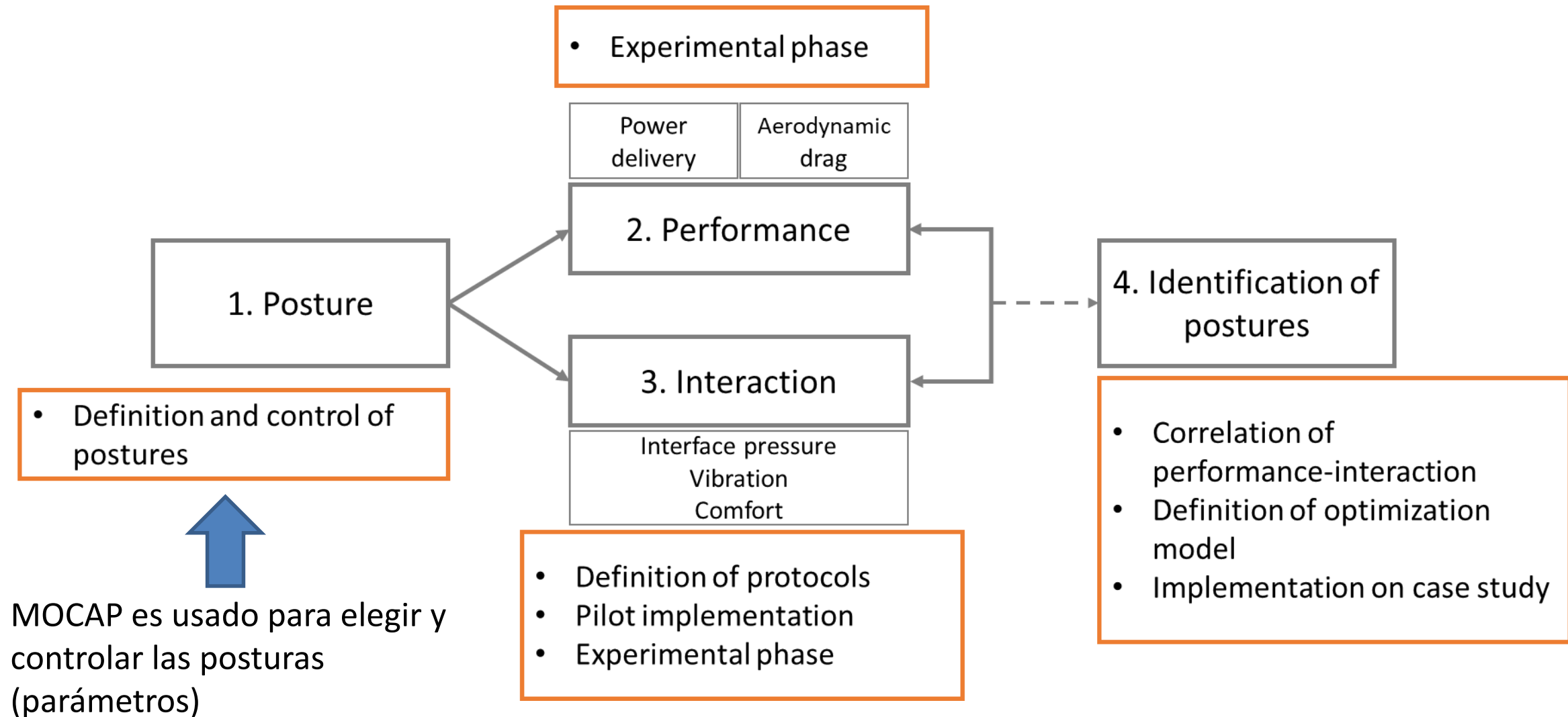
Suarez et al. 2012  
Martin et al. 2005  
Clement et al. 2010

# Adaptación a la carga mecánica



# *Selección de la postura en ciclista para optimizar confort y desempeño*



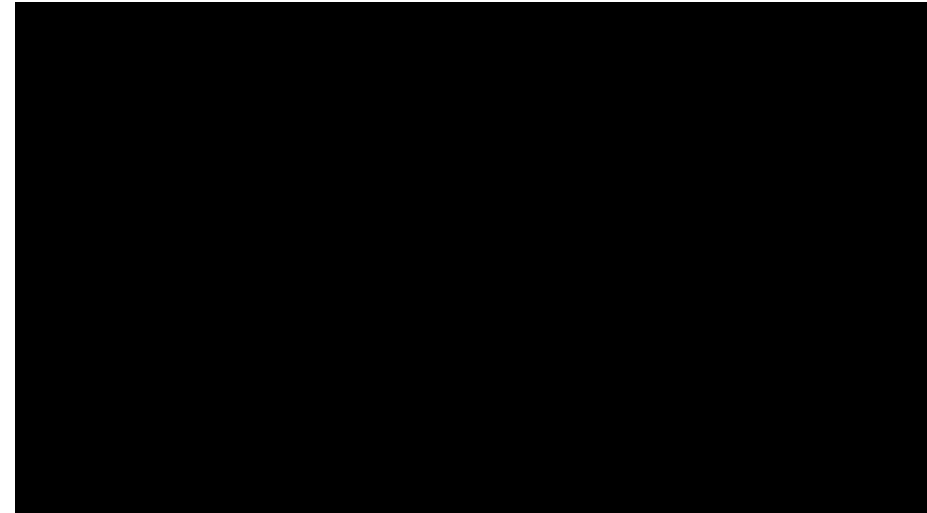
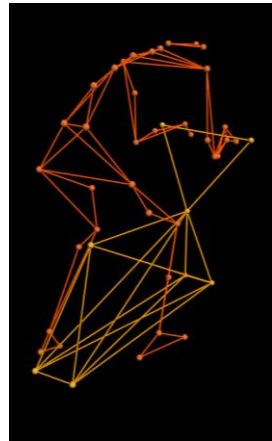
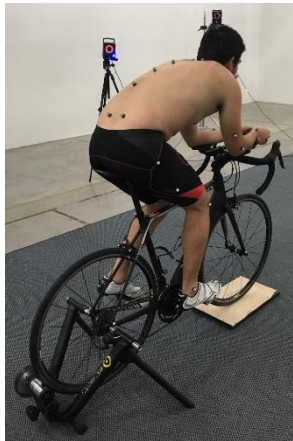


# MOCAP(+EMG) with cyclists

As several tests (indoor and outdoor) have to be performed for the optimization. The postures to test were chosen based on repeatability.

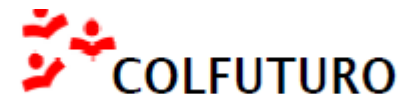
Different variations in posture were tested

- Traditional postures
- Postures using aerobars



# Agradecimientos

- Estudiantes: Alejandro Celemín, Willem Nerkens, Julián Negrete, Rodrigo Vargas, Nicolás Barrera, Pedro Feijoo, Alejandra Polanco
- Prof. Fred van Keulen (TU Delft), Prof. Piet Rozing (Leiden MC), Dr. Juan González (F. Santa Fe), Prof. Juan Briceño, Dr. Luis Munoz (Uniandes), Prof. Alberto Doria (U Padua)
- Facultad de Ingeniería de la Pontificia Universidad Javeriana



# Preguntas

Daniel R. Suárez V., PhD  
Facultad de Ingeniería  
P. Universidad Javeriana  
[d-suarez@javeriana.edu.co](mailto:d-suarez@javeriana.edu.co)

Programas académicos:

- **Doctorado en Ingeniería**
- **Maestría en Bioingeniería**

Grupo de Bioingeniería BASPI

