



# Análisis de la deformación craneal por aplicación de esfuerzos

**Claudia García Blanquel**

**Director**  
**Dr. René Luna García**

# Contenido

- Introducción
- Antecedentes
- Objetivo
- Metodología
- Desarrollo
- Resultados
- Referencias

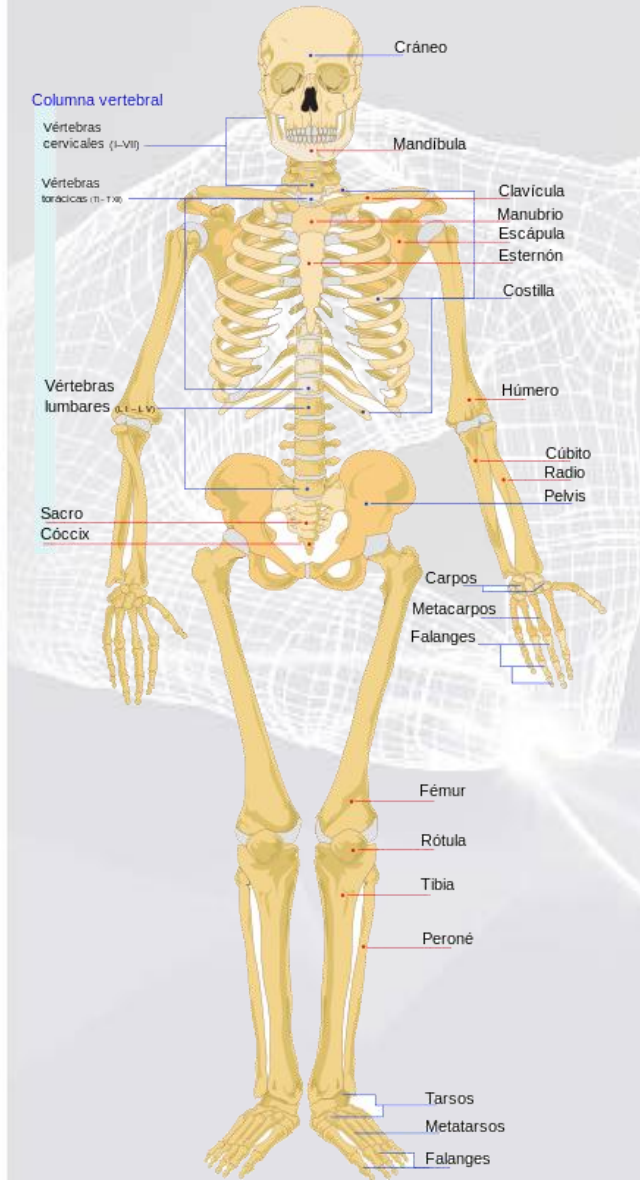
- 
- **FE** (Elemento Finito, del inglés Finite Element).
  - **FEM** (Método del Elemento Finito, del inglés Finite Element Method ).
  - **CT** (Tomografía computarizada, del inglés Computed Tomography ).
  - **FEA** (Análisis del Elemento Finito, del inglés Finite Element Analysis ).
  - **DICOM** (Imágenes y comunicaciones digitales en el ámbito de la medicina, del inglés Digital Imaging and Communications in Medicine).

# Introducción (1)

## Huesos

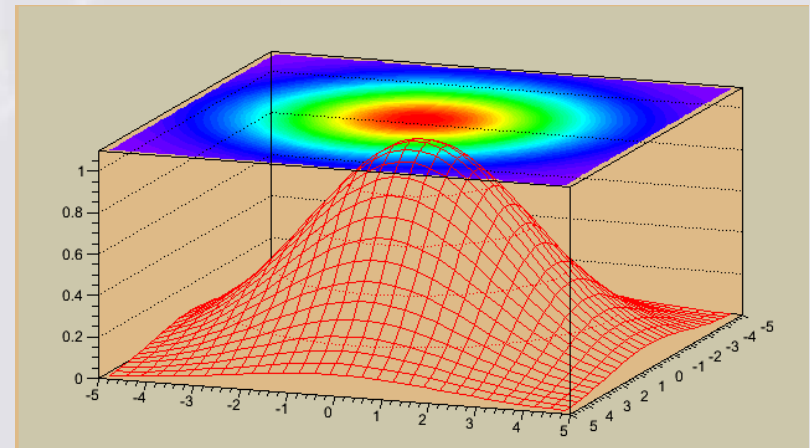
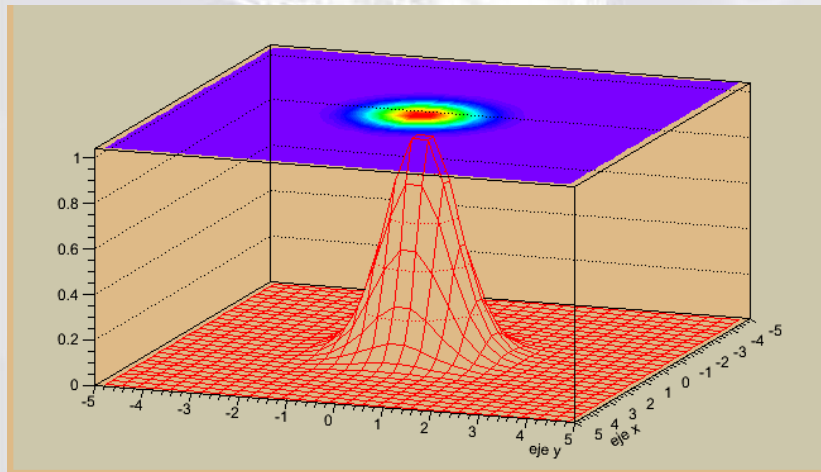
El hueso es un órgano firme, duro y resistente. Los huesos se clasifican en :

- ***Huesos largos,***
- ***huesos cortos,***
- ***huesos planos,***
- ***huesos Irregulares.***



# Introducción (2)

- Estructuras mecánicas anisótropas
- Análisis de comportamiento tensión-deformación.
- Modelos de los sistemas continuos,
- Discretización, métodos numéricos, ecuaciones algebraicas de gran tamaño, computo de alto rendimiento.

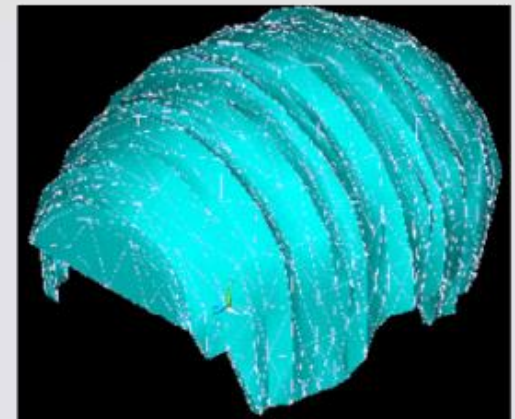


# Antecedentes (1)

Gerald Krabbel and Hermann Appel[1]	2009	FEA,3D
Nieto et al.[2]	2005	3D,FEA
Hornan y Gilchrist[3]	2004	FEA
Min SC et al[4]	2003	FEA
Kleinen y Holst[5]	2002	3D
Zhang et al[6]	2001	3D, FEA
Willinger et al.[7]	1999	3D,FEM
R. Willinger et al.[78]	1995	---
Chung et al[9]	1994	FEA

# Antecedentes (2)

<i>Jesse S. Ruan et al.[10]</i>	1993	FE, 2D
A.M. Nahum et al[11]	1977	FEA



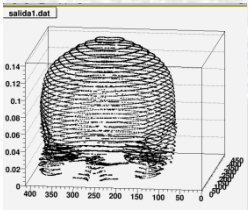
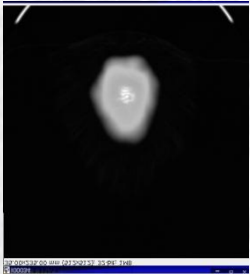
# Objetivo

- ❑ Analizar la deformación craneal por aplicación de esfuerzos externos, utilizando un método numérico.

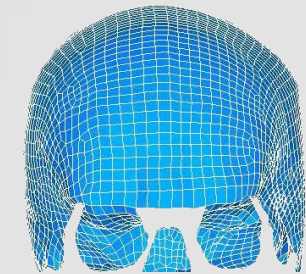


# Metodología

*Procesamiento de imagenes*



*Algoritmo en paralele*



*Modelo Matemático*

$$\{u\} = [K]^{-1}\{F\}$$

*Solución a la matriz de Rigidez*



*Algoritmo en paralele*

# Desarrollo (1)

## Modelo del cráneo

- El modelo geométrico del cráneo se ha construido con archivos CT .
- Las imágenes CT en formato DICOM, son imágenes de alta resolución (512\*512).
- Los contornos del hueso exterior se extrajeron rebanada por rebanada.

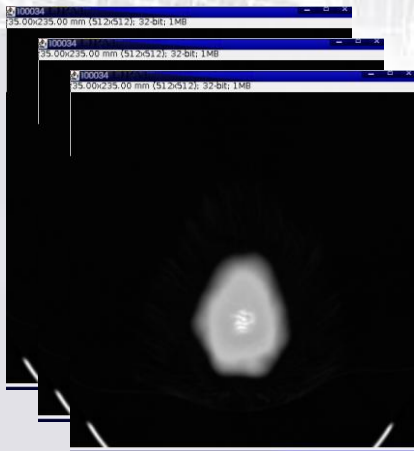


Figura1 – Imágenes originales en formato DICOM.

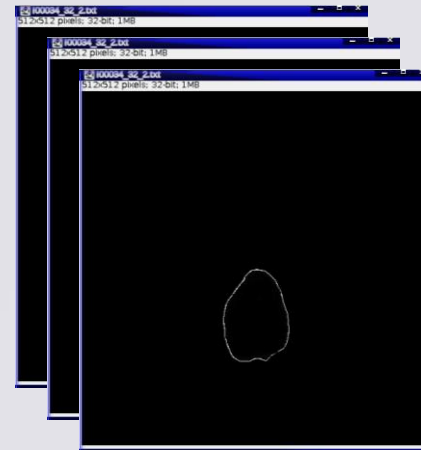


Figura2 – Imágenes después del procesamiento.

# Desarrollo (2)

- Cráneo en 3D.

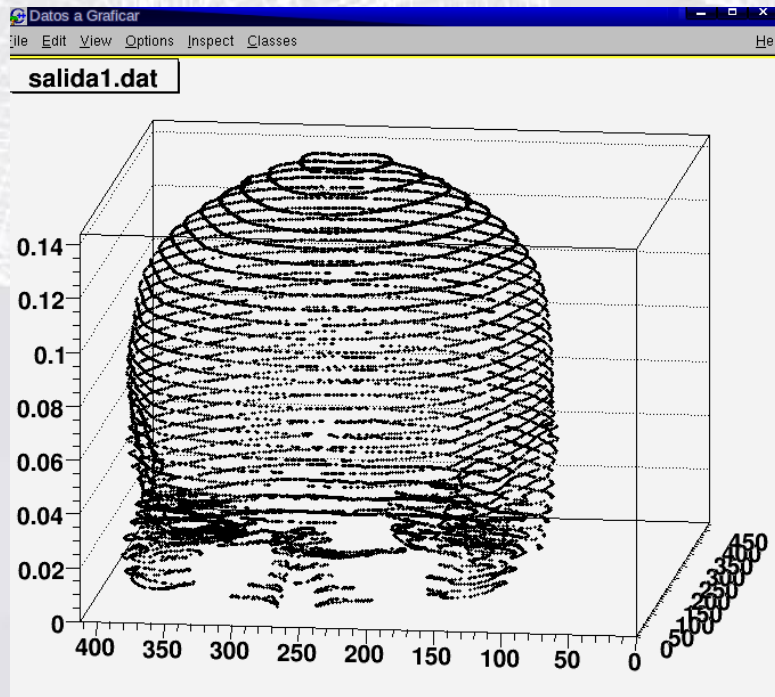


Figura 3a – Creación de la geometría del cráneo humano 3D, partiendo de imágenes 2D.



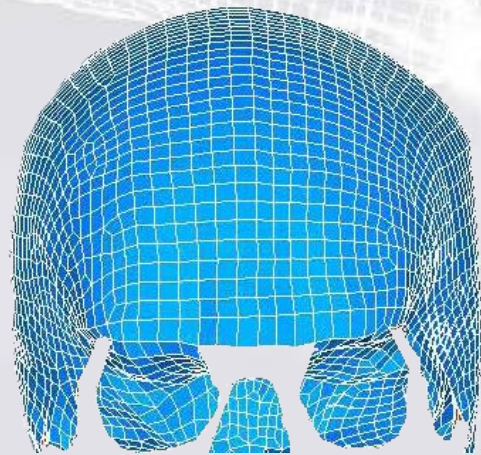
Figura 3b – Creación de la geometría del cráneo humano 3D, partiendo de imágenes 2D, Nieto et al[2].

# Desarrollo (3)

## Método del elemento finito

El modelo numérico propuesto se caracteriza por los siguientes componentes:

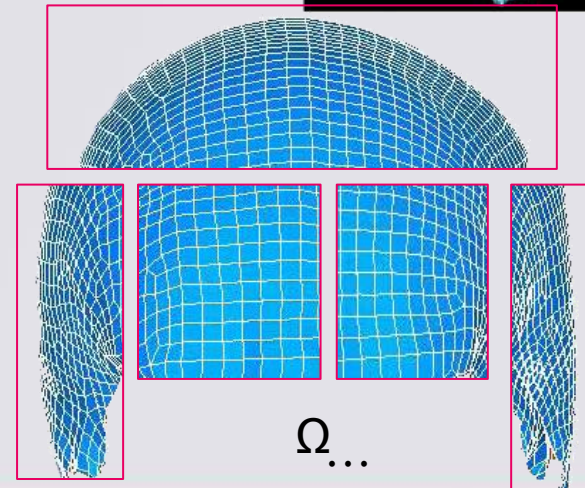
- Discretización geométrica



$\Omega$

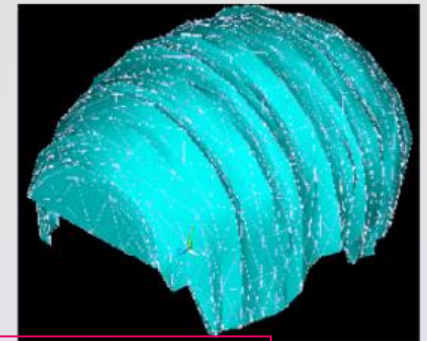


$\Omega_2$



$\Omega \dots$

$\Omega_m$



$\Omega_1$

# Desarrollo (4)

– Interpolación

Área

$$u = A_1 + B_1x + C_1y$$

$$u = A_2 + B_2x + C_2y + D_2xy$$

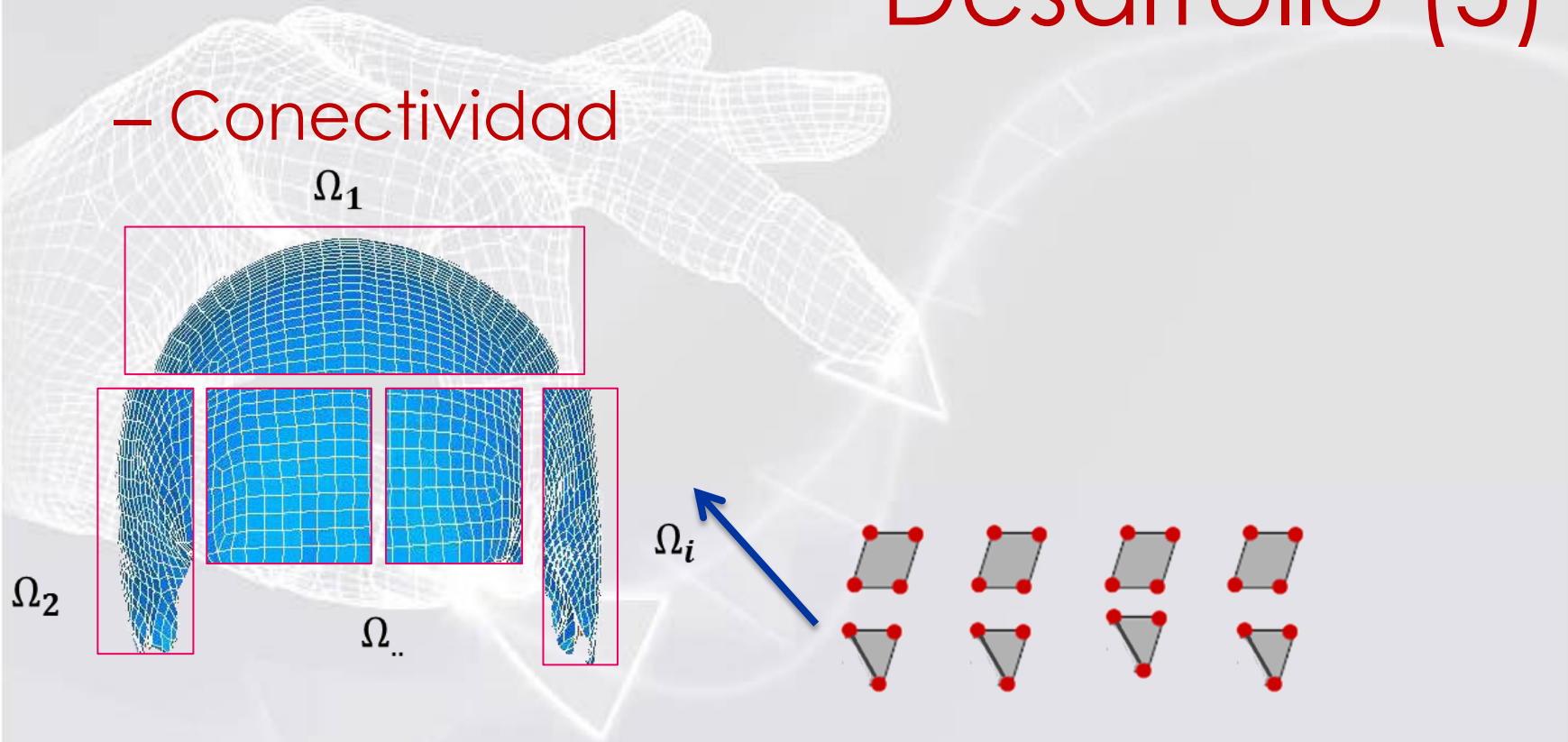
Volumen

$$u = A_3 + B_3x + C_3y + D_3z$$



# Desarrollo (5)

## – Conectividad



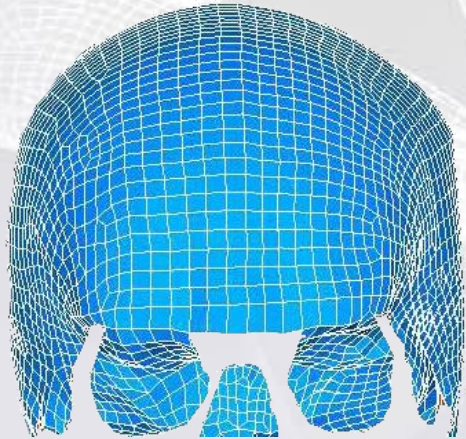
## – Formulación

$$[K_i]\{u_i\} = \{F_i\} \quad [K_{ij}]\{u_i\} = \{F_i\} \quad [K_{ij}]\{u_j\} = \{F_j\} \quad [K_{ij}]\{u_j\} = \{F_j\}$$

# Desarrollo (6)

– Solución

$$[K]\{u\} = \{F\}$$



$$\{u\} = [K]^{-1}\{F\}$$



# Resultados

- **Resultados obtenidos**

- Algoritmo para obtener el modelo geométrico de un cráneo humano en 3D, utilizando archivos DICOM.
- Algoritmo para crear el mallado del cráneo.

- **Resultados esperados**

- Mejorar el algoritmo para crear el mallado del cráneo.
- Terminar la programación para resolver la matriz de rigidez.



# Referencias

1. Gerald Krabbel and Hermann Appel, 2009 *Development of a finite element model of the human skull* . J. Neurotrauma., Vol. 12 (2009), pp. 1-11.
2. J. Jesús Nieto Miranda, Arturo Minor Martínez, Jaime Álvarez Gallegos, Mario A. Alonso Vanegas, María E. Algorri Guzmán: Análisis de esfuerzos de compresión en el cráneo humano por medio del método del elemento finito. *Revmexibio.*, Vol.26 (2005):16-21.
3. Horgan, T.J., Gilchrist, M.D.: Influence of FE model variability in predicting brain motion and intracranial pressure changes in head impact simulations. *Int. J. Crashworthiness.* 9, 401–418 (2004)
4. Min SC, Ho KS, Goldsmith. Finite element analysis of brain injury due to head impact. *J Modern Physics B* 2003., Vol.17(8-9):1355-1361
5. Kleiven S, Holst H. Consequences of head size following trauma to the human head. *J Biomech*; Vol. 35, 153-160(2002).
6. Zhang, L., Yang, K.H., Dwarampudi, R., Omori, K., Li, T., Chang, K., Hardy, W.N., Khalil, T.B., King, A.I.: Recent advance in brain injury research: a new human head model development and validation. *Stapp Car Crash J.*(2001): 369–393

# Referencias

7. Willinger, R., Kang, H.S., Diaw, B.: Three-dimensional human head finite-element model validation against two experimental impacts. *Ann. Biomed. Eng.* 27, 403–410 (1999)
8. Willinger, R., Kang, H.S., Diaw, B.: Three-dimensional human head finite-element model validation against two experimental impacts. *Ann. Biomed. Eng.* 27, 403–410 (1999)
9. Chung SC, Mish SL, Haw MH, Maw CL. Finite element analysis of cerebral contusion. *J Biomech.*, Vol.27(2) (1994): 187-194.
10. Jesse S. Ruan, Tawfik B. Khatil, Albert I. King.:Finite element modeling of direct head impact, SAE 9331 14, (993).
11. A. M. Nahum, R. Smith, and C. C. Ward.:Intracranial pressure dynamics during head impact. *Proc. 21st Stapp Car Crash Conf.*, pp.339 - 366 (1977).

# Bibliografía

- O.C. Zinkiewicz & R. L. Taylor (2000). *The Finite Element Method: Volume 1 the basis*. UK: MPG Books Ltd.
- Buchanan, George R (1994). *Schaum's. outline of theory and problems of finite element analysis*. US : McGraw-Hill.
- Stalnaker RL (1969). *Mechanical properties of the head*. Morgantown: W.Virginia University.

A wireframe hand, rendered in white lines, is shown holding a glowing, translucent sphere. The sphere has a grid-like pattern and a bright light source at its center, creating a lens flare effect. The word "Gracias!!" is written in a bold, black, sans-serif font across the middle of the sphere. The background is a light gray gradient.

**Gracias!!**