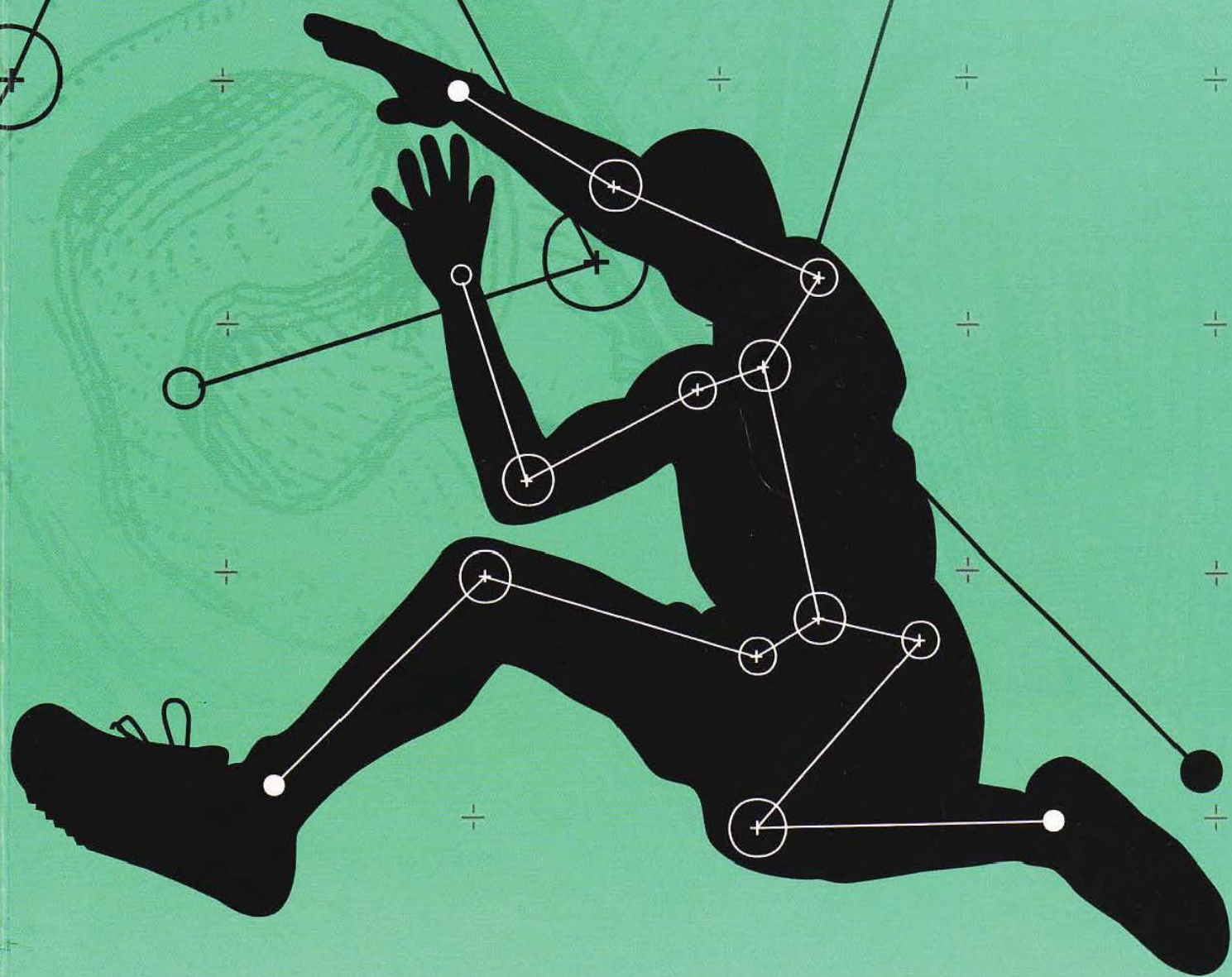


4º Congresso Nacional de Biomecânica

Coimbra | Portugal
4-5 Fevereiro de 2011



SOCIEDADE
PORTUGUESA
BIOMECÂNICA

Editores
Luis Roseiro
Augusta Neto

Título: *4º Congresso Nacional de Biomecânica*

Organização: *Luis Roseiro e Augusta Neto*

Editor: *Sociedade Portuguesa de Biomecânica*

Produção Gráfica: *Ediliber - Editora de Publicações e Artes Gráficas, Lda
Coimbra – Portugal*

Depósito Legal: 322479/11

ISBN: 978-989-97161-0-0

Todos os direitos reservados. Nenhuma parte desta publicação pode ser reproduzida ou transmitida de qualquer outra forma ou por qualquer meio, electrónico ou mecânico, incluindo fotocópia, gravação ou outros, sem prévia autorização escrita da editora.

ID1013	Influência das Variáveis Dimensionais e de Rotação das Câmaras de Cultura de Bioreactores no crescimento celular <i>D. Freitas, R. Pereira, A. Tojeira, P. Bártolo, N. Alves, C. Capela, A. Mendes, H. Almeida</i>	407
ID941	Fusão Inter-Somática Cervical: Análise de Tensões e Remodelação Óssea <i>P. C. Fernandes, L. C. Espinha, P. R. Fernandes, J. Folgado, J. L. Melancia</i>	413
ID859	Remodelação óssea usando um método sem malha <i>L.M.J.S. Dinis, R.M. N. Jorge e J. Belinha</i>	417
ID1012	Optimização de scaffolds para aplicação em regeneração de cartilagem <i>D. Freitas, P. Bártolo e H. Almeida</i>	423
ID1018	Comparação de modelos de remodelação óssea em implantes ortopédicos <i>J. Frazão, N. Alves, H. Almeida</i>	425
Sessão	Processamento de Imagem em Biomecânica	427
ID880	Alinhamento de imagens de esclerose múltipla <i>F. L. Jacob, A. M. Reis, J. M. R. S. Tavares³</i>	429
ID883	Análise da contracção do músculo pubovisceral em mulher patológica e não-patológica <i>T. Da Roza, M. Parente, T. Mascarenhas, S. Duarte, J. Loureiro, R. N. Jorge</i>	435
ID899	Aplicación del modelado sólido en el análisis prequirurgico de una espondilolistesis. <i>C. Herrero, M. S. Juan, L. Queijo, L. Suárez</i>	439
ID923	Segmentação da diáfise do fémur por <i>threshold segmentation</i> para apoio à artroplastia total da anca <i>D. F. Almeida, R. B. Ruben, J. Folgado, P. R. Fernandes</i>	445
ID967	Criação de geometrias anatómicas recorrendo a imagens RGB <i>P. Talaia, M. Parente, A. Fernandes, R. Natal</i>	449
ID964	Towards an optimized finite element mesh generation from medical imaging <i>M. S. Pinheiro, S. Meireles, J.L. Alves</i>	455
Sessão	Biomateriais	461
ID897	Extracção e purificação de queratina das penas de frango <i>A. Silva, B. Pires, A. Mendes</i>	463
ID920	Desenvolvimento de filmes de alginato e <i>Aloe vera</i> para aplicações biomédicas <i>R. Pereira, A. Tojeira, D. Vaz, A. Mendes, P. Bártolo</i>	469
ID905	Produção de nanofibras em PCL para a cartilagem através de Electrospinning <i>J. R. Dias, F. Antunes, P. Bártolo, G. Mitchell</i>	475
ID879	Desenvolvimento de um Ligamento biodegradável <i>A. Vieira, J. Vieira, A. Ramos, R. Soares, R. Guedes</i>	483
ID894	Matrizes tridimensionais (3d) de alginato e alginato-quitosano <i>T. Viana, S. Biscaia, P. Bártolo, A. Mendes</i>	489
ID919	Estudo Tribológico de Amostras de Pele de Suíno <i>D. Leocádio, S. Vicente, P. Silva, C. F. Pina</i>	495

APLICACIÓN DEL MODELADO SÓLIDO EN EL ANÁLISIS PREQUIRURGICO DE UNA ESPONDILOLISTESIS.

Carlos Herrero,¹ Manuel San Juan,² Luís Queijo,³ Luis Suárez⁴

¹ Centro de Investigación Biomecánica y eRgonomía (clbeR), Universidad de Valladolid;
carlos.herrero.perez@gmail.com

² Centro de Investigación Biomecánica y eRgonomía (clbeR), Universidad de Valladolid;
mansan@eis.uva.es

³ Departamento de Tecnologia Mecânica, Escola Superior de Tecnologia e de Gestão, Instituto Politécnico de Bragança; lqueijo@ipb.pt

⁴ Departamento de Ingeniería Civil, Universidad de Burgos; lsuarez@ubu.es

RESUMEN: *En el ámbito empresarial la enorme competitividad y la gestión de riesgos han encontrado en el desarrollo tecnológico y en las herramientas de simulación un importante punto de apoyo a la hora de la toma de decisiones. Por ello, la modelización y la simulación numérica forman parte del trabajo diario en los departamentos de ingeniería. Estas herramientas encuentran un nuevo ámbito de trabajo en el entorno médico.*

En el presente trabajo se muestra la aplicación de las herramientas de modelado sólido 3D en el estudio prequirúrgico en una intervención de espondilolistesis, tratando de reducir los riesgos propios en intervenciones de este tipo. Al mismo tiempo, la aplicación de las técnicas de prototipado rápido permiten trabajar sobre réplicas a tamaño real sobre los elementos en los que se va a intervenir.

1 INTRODUCCIÓN

La digitalización de datos de imágenes médicas provenientes de la Tomografía Computerizada (TAC) o de la Resonancia Magnética (MRI) ponen a disposición del investigador la información básica para la reconstrucción de modelos tridimensionales de diversas estructuras corporales.

En el del tratamiento quirúrgico de espondilolistesis de alto grado, el papel de la cirugía, el momento de su realización y el tipo de intervención son aspectos sobre los que es necesaria la toma de decisiones, valorando los diferentes factores [1]. El papel de la descompresión y reducción del deslizamiento, la necesidad de

instrumentación y la técnica quirúrgica continúan siendo objeto de estudio.



Fig. 1 Imagen RX de una complicación temprana por desconexión del sistema de fijación. [Gómez.2006]

El apoyo en herramientas clásicas del diseño mecánico suponen, paradójicamente, un elemento de mejora en el conocimiento

y un punto de apoyo para evitar complicaciones posteriores (Fig.1.)

En el presente trabajo se muestra la aplicación de las herramientas de modelado sólido3D en el estudio prequirúrgico en una intervención de espondilolistesis, tratando de reducir los riesgos propios en intervenciones de este tipo. La utilización de tornillos o injertos transvertebrales, la resección de la cúpula sacra y la vertebrectomía L5 se plantean como alternativas importantes en casos de espondilolistesis grave y espondiloptosis.

En estos momentos sería viable el estudio previo sobre modelos de este tipo de soluciones. Al mismo tiempo, la aplicación de las técnicas de prototipado rápido permite trabajar sobre réplicas a tamaño real sobre los elementos en los que se va a intervenir.

2 METODOLOGÍA

Después de la autorización del paciente para utilizar las imágenes de la Tomografía Computarizada (TC), transferimos al ordenador los datos para la eliminación de la información personal.

El proceso que llevamos a cabo para la realización de los modelos anatómicos se compone de los siguientes pasos.

2.1 PRE-PROCESADO

Partiendo de las imágenes bidimensionales del TC y utilizando el software de segmentación de imágenes médicas ScanIP®. Este paso se hace utilizando las opciones *threshold*, *floodfill* y *paint*, que nos permiten crear máscaras para una mejor visualización de los elementos deseados.

El primer paso del pre-procesado se realiza con la opción *threshold*, creando así una máscara en la que agruparemos aquellos

pixeles que se encuentran dentro de los valores 230 y 255 de la escala de grises que compone cada capa del TC, esta máscara representará la zona ósea, el resultado es el que vemos en la Figura 2.

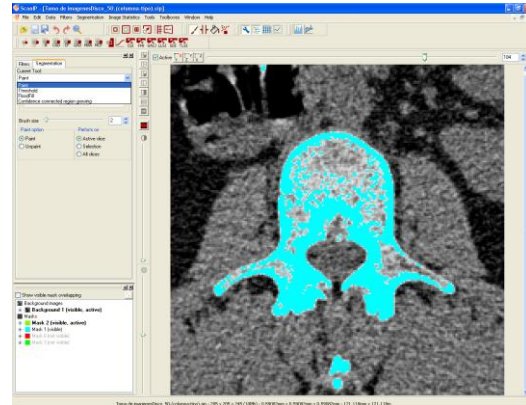


Figura 2. Imagen pre-procesado en ScanIP®

Una vez obtenidos los contornos, habrá que mejorarlos de forma manual, esto se realiza con las opciones *“paint”* y *“floodfill”*, este paso es el más largo, ya que consiste en ajustar cada contorno de las capas de la máscara obtenida del TC, siendo repetido para cada uno de los planos que componen la máscara. También crearemos una segunda máscara para formar los discos intervertebrales. Este paso nos lleva a obtener unas máscaras continuas como se puede ver en la Figura 3.

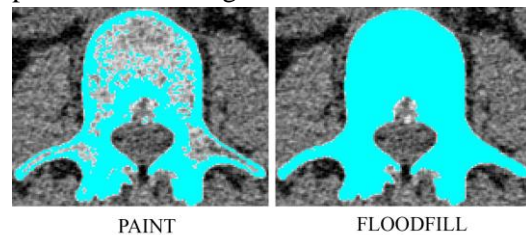


Figura 3. Imágenes pre-procesado en ScanIP®

2.2 RENDERING Y VISUALIZACIÓN EN 3D

Este punto nos permite ver como se va desarrollando el apartado anterior, y así detectar y corregir posibles errores e imperfecciones. El rendering tridimensional se realiza mediante la aplicación de un mallado triangular partiendo de las máscaras de trabajo. En la figura 4 se puede ver el modelo tridimensional después de la

paso inicial “*threshold*” con imperfecciones.

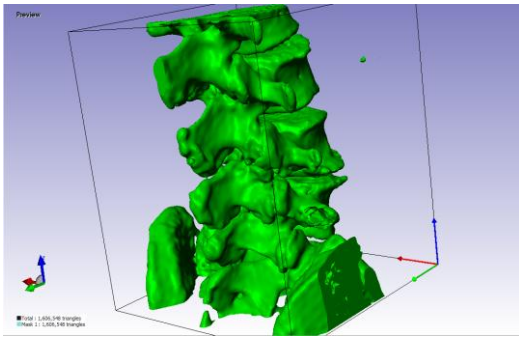


Figura 4. Imagen rendering en ScanIP®

En la Figura 5 se ve una vista previa de las 3 vertebras lumbares y del hueso sacro objeto de estudio.

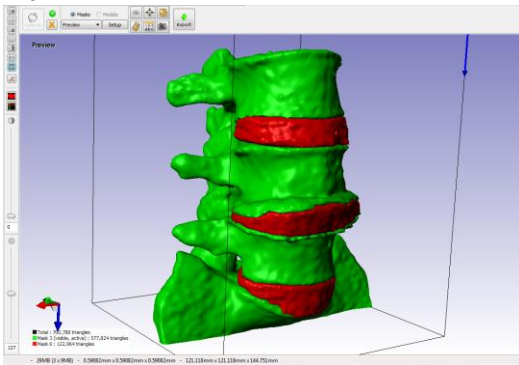


Figura 5. Imagen rendering en ScanIP®

También decidimos para este caso particular realizar otro estudio en el que separamos cada una de las vertebras que componen la columna para un mejor manejo posterior con un software de CAD. Por ello en la figura 6 vemos por separado cada una de las vertebras y el disco intervertebral que las acompaña.

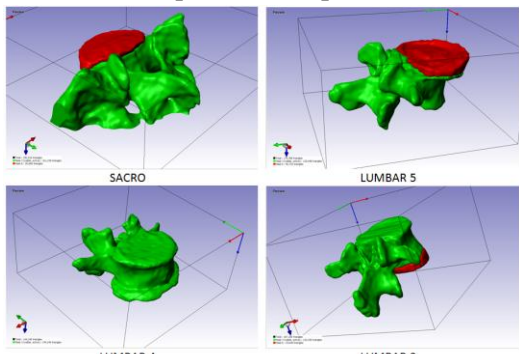


Figura 6. Imagen rendering en ScanIP®

En el apartado rendering el software ScanIP® nos permite exportar las máscaras

a otros formatos, en este estudio hemos optado por exportar a dos formatos, en primer lugar para el conjunto de vertebras completo, directamente, hemos exportado a formato .STL para realizar un modelo de la columna en prototipado rápido tal y como veremos más adelante. Por otra parte con las vertebras separadas hemos decidido exportar cada una a formato .IGS, compatible con casi todos los programas de CAD que existen en la actualidad.

2.3 CAD

El software elegido para importar las vertebras anteriores es SolidWorks®, este programa nos permite en primer lugar importar los objetos y trabajar con ellos, de esta forma podemos modificar la geometría de la pieza.

El objetivo de este procedimiento es poder realizar una simulación tridimensional de cuál sería el resultado de una intervención quirúrgica que corrigiese la patología que tiene el paciente.

Para ello en primer lugar deberemos realizar unos agujeros (de diámetros conocidos) en las vertebras afectadas donde irían alojados los tornillos que se utilizan en una intervención normal de este tipo. En las figuras 7 y 8 vemos como quedarían las vertebras afectadas tras este procedimiento.

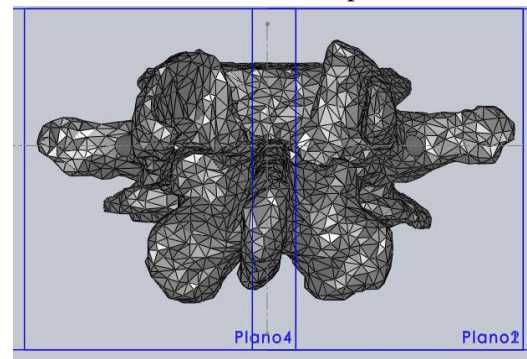


Figura 7. Imagen agujeros en SolidWorks®

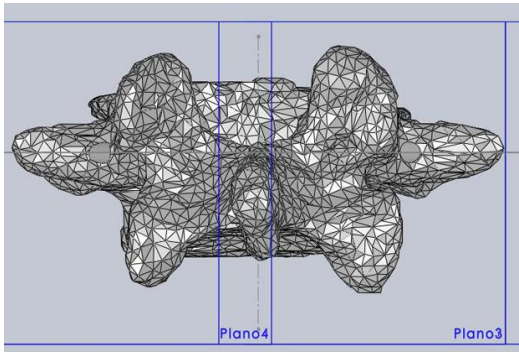


Figura 8. Imagen agujeros en SolidWorks®

Una vez que tenemos todas las vertebrae que componen la columna, nos disponemos a modelar con este mismo programa todos los útiles que existen para este tipo de intervenciones, para ello disponemos de la muestra de piezas de la figura 9 de la cual sacamos medidas, y llevamos a cabo el modelado también en SolidWorks® cuyo resultado es la figura 10.



Figura 9. Imagen de los tornillos quirúrgicos

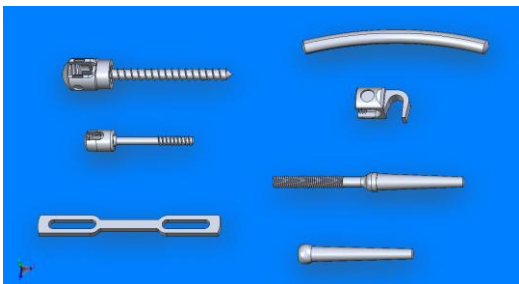


Figura 10. Imagen de los tornillos en SolidWorks®

En este momento tenemos todas las piezas para recomponer la columna lumbar, en primer lugar tenemos que informarnos de cuáles de los tornillos modelados son los idóneos para este tipo de intervención.

Como las geometrías obtenidas en los sólidos importados no son idóneas para hacer un ensamblaje correcto, utilizamos para ello un eje inexistente en la anatomía real de una columna vertebral real, pero si necesario para este procedimiento. El resultado de este procedimiento es el que se puede ver en la figura 11.



Figura 11. Imagen de la columna lumbar recolocada en SolidWorks®

Una vez finalizados todos estos pasos exportamos el modelo final a .STL para realizar un modelo de la columna lumbar recolocada en prototipado rápido.

2.4 STL (STEREOLITOGRAFY)

Los datos contenidos en este tipo de archivos consiste en una malla triangular del modelo 3D, que para este caso de estudio ha sido obtenida por el software de segmentación de imágenes médicas y por el software de CAD, este tipo de archivos es reconocido por los dispositivos de prototipado rápido.

2.5 MODELOS FABRICADOS EN EL DISPOSITIVO DE PROTOTIPADO RÁPIDO

En la figura 13 se ve una imagen del proceso de prototipado en la impresora 3D Zprinter 310.



Figura 13. Imagen Zprinter 310

Una vez terminado este proceso deberemos limpiar las piezas para su posterior infiltración con cianoacrilato para el consolidado de las mismas en la figura 14 se ve este proceso.



Figura 14. Imagen limpieza

Los resultados obtenidos tras el proceso de prototipado rápido se ven en las figura 15, en la figura 16, y en la figura 17.



Figura 15. Imágenes columna antes y después de la corrección



Figura 16. Imagen columna corregida y visualización de la localización de los tornillos

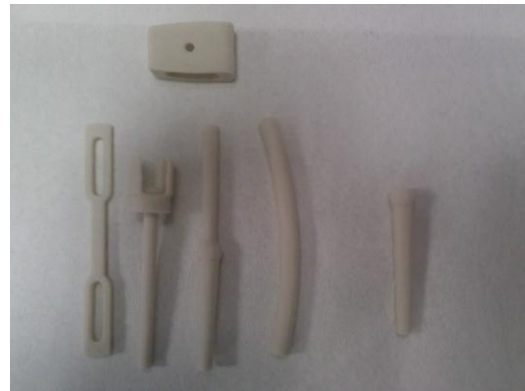


Figura 17. Imagen de los tornillos quirúrgicos después de ser prototipados

3 CONCLUSIONES

Con este estudio hemos llevado a cabo la construcción de replicas en 3D partiendo de escáneres, estas replicas son de gran utilidad a la hora de realizar un diagnóstico, planificar una cirugía, como hemos visto simular el resultado de una cirugía, dar a conocer al paciente la realidad de su patología así como el procedimiento a seguir, o simplemente se pueden utilizar con un fin didáctico.

De todos estas utilidades la principal es la de dar a conocer al cirujano la patología que tiene que tratar y cuál va a ser el procedimiento apropiado a seguir lo cual simplificaría los pasos a seguir en el transcurso de la operación ya que ha podido manipular una réplica con anterioridad, así como planificar cual va a ser el mejor procedimiento para evitar en lo posible tener que volver a operar al paciente de la misma patología. También reducirá el tiempo que dura la intervención.

Para terminar en la figura 18 hemos hecho un cuadro resumen de los pasos seguidos en este estudio.

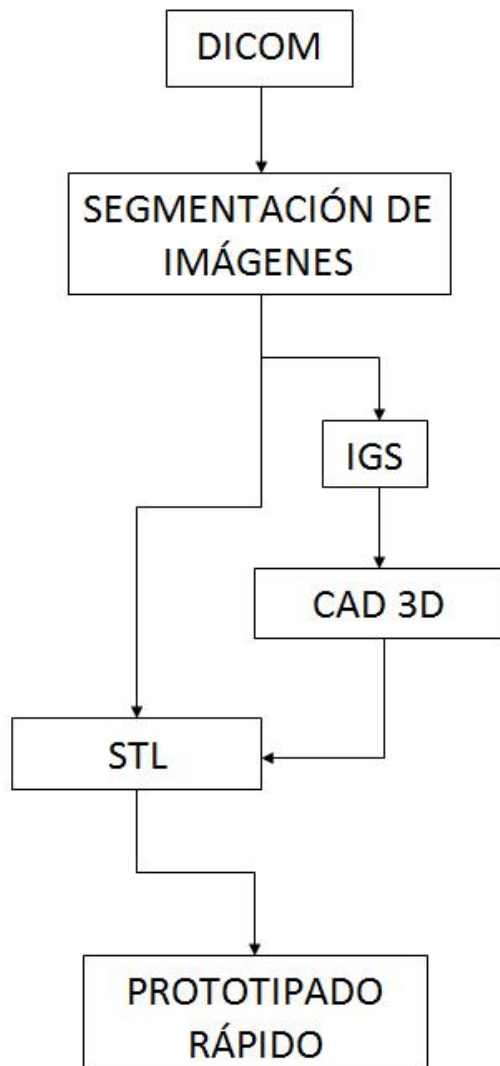


Figura 18. Diagrama resumen

4 REFERENCIAS.

[1] Acosta FL Jr, Ames CP, Chou D. Operative management of adult high-grade lumbosacral spondylolisthesis. *Neurosurg Clin N Am.* 2007 Apr;18(2):249-54.

[2] Gomez de la Riva, A. et al. Causas de reintervención quirúrgica en pacientes con fijación lumbar intervenidos por estenosis de canal. *Neurocirugía* [online]. 2006, vol.17, n.3, pp. 232-239.

[3] Luis Queijo, Joao Rocha, Luísa Barreira, Tiago Barbosa, André Ramos, Manuel San Juan. Maxilla bone pre-surgical evaluation aided by 3D models obtained by Rapid Prototyping.