

Medición de la dosis equivalente en órganos torácicos debido a estudios tomográficos mediante el diseño y construcción 3D de un fantoma de tórax

Autor: Sharik Daniela Delgado Meza

Autor: Karol Fabiana Goyes Acosta

Director: Jhon Jairo Ramirez España

San Juan de Pasto, 17 de Octubre de 2023



Universidad de **Nariño**
FUNDADA EN 1904

Planteamiento del problema

- Conocer la dosis que reciben los órganos pertenecientes a la caja torácica.
- Desarrollo de un diseño computado de una estructura torácica.
- Pregunta problema: ¿Cuál sería la dosis equivalente de los órganos pertenecientes a la caja torácica para estudios de tórax en tomografía?



Objetivos

General

Verificar de manera aproximada la dosis equivalente en órganos importantes de la caja torácica de un paciente adulto promedio.

Específicos

- Realizar un diseño computado de una estructura de tórax (pulmones, corazón, tráquea y costillas).
- Imprimir el diseño de la estructura torácica mediante la impresora 3D.
- Calcular la dosis equivalente para cada órgano de la cavidad torácica.
- Calcular la dosis absorbida de la cavidad torácica.

Magnitudes usadas en protección radiológica

- Normas específicas de radioprotección.
- Comisión internacional de medidas y unidades radiológicas (ICRU).
 - Desarrollado, revisado y perfeccionado las magnitudes radiológicas.
- Comisión Internacional de Protección Radiológica (ICRP).
 - Consideración de la calidad de las radiaciones y la sensibilidad de los tejidos.
 - Dosis absorbida en tejido.
 - Magnitudes limitantes:
 - Dosis equivalente en tejido.
 - Dosis efectiva.
 - Magnitudes Operacionales
 - Dosis equivalente personal.

M. Alcaraz Baños. Bases físicas y biológicas del radiodiagnóstico médico, volume 1. F.G. Graf S.L., España, 2^a edición, 2003.

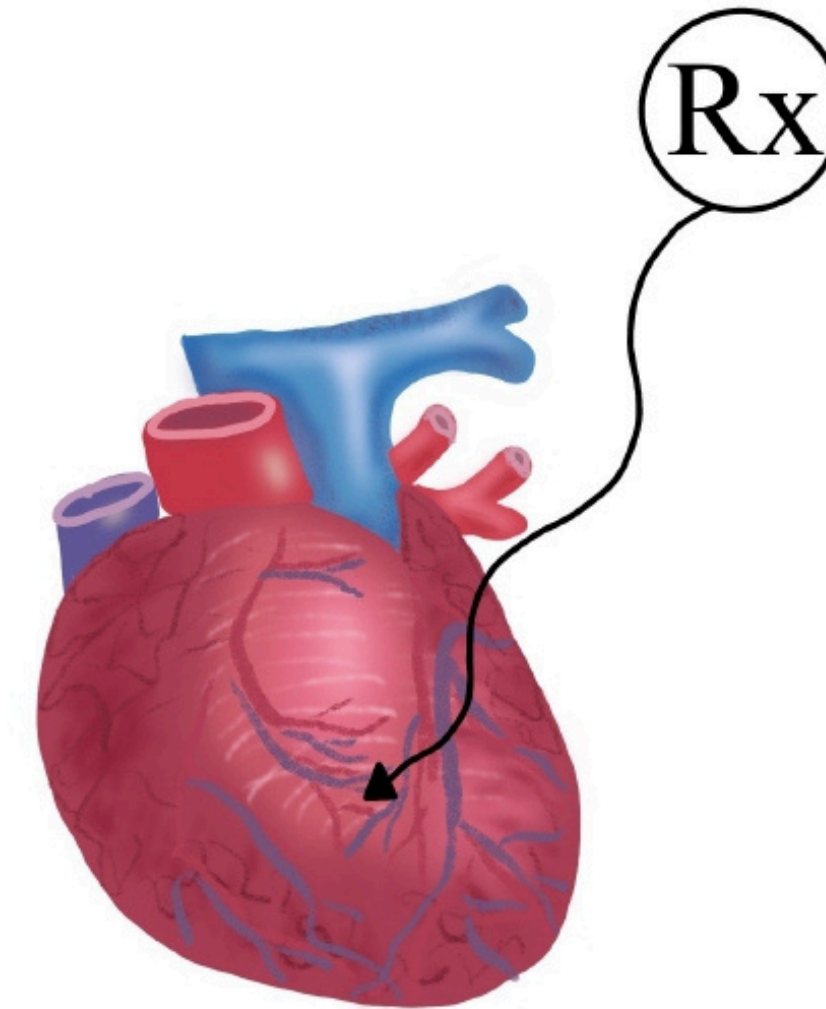
International Commission on Radiological Protection. Icrp publication 103: Protección radiológica en la práctica de la medicina. Technical report, International Commission on Radiological Protection, 2007.



Magnitudes dosimétricas

Dosis Equivalente: denotado por H_T [mSv] con un factor de ponderación $W_{Rx} = 1$ para rayos X.

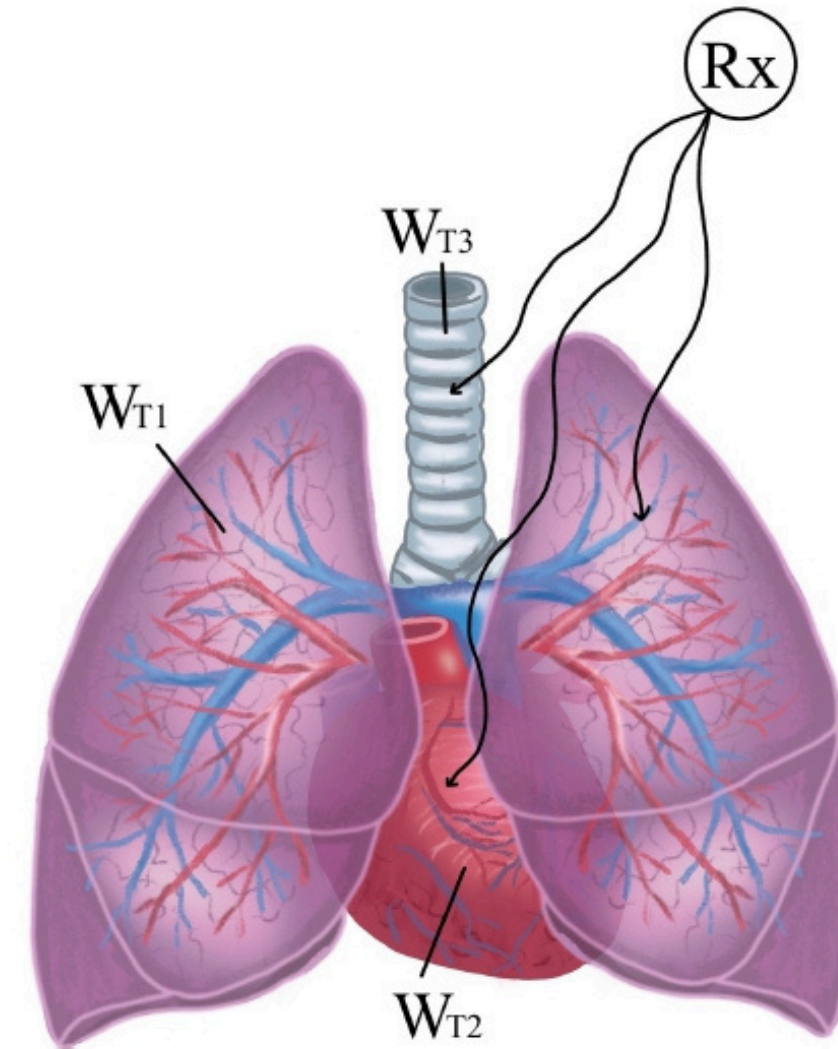
$$H_T = \sum_R W_R D_{TR} \rightarrow H_T = W_{Rx} D_{TRx} \quad (3.1)$$



Magnitudes dosimétricas

Dosis efectiva denotado por E [mSv] , con un factor de ponderación $W_T = 0.12$ para corazón, pulmones y tráquea.

$$E = \sum_T W_T H_T = \sum_T W_T W_{Rx} D_{TRx} \quad (3.2)$$



Interacción de los rayos X con la materia

Coefficiente de atenuación lineal

- Representado como $\mu [cm^{-1}]$.
- Capacidad de un material para impedir el paso de los rayos X.
- Dependencia del número atómico (densidad) y energía de la radiación incidente.

Unidades de Housfield (HU)

Cuantificar la atenuación de los rayos X en los tejidos del cuerpo.

$$HU = k \cdot \frac{\mu_t - \mu_w}{\mu_w} \quad (3.5)$$

E. L. Ritman, J. H. Kinsey, R. A. Robb, B. K. Gilbert, L. D. Harris, and E. H. Wood. Threedimensional imaging of heart, lungs, and circulation. *Science*, 210(4467):273–280, 1980.

S. C. Bushong. *Manual de radiología para técnicos: Física, biología y protección radiológica*. Elsevier Health Sciences, 2017.



Tomografía computarizada (TC)

Utiliza un detector que envía datos directamente a una computadora, detectando enfermedades mediante la reconstrucción y proyección de imágenes [5].

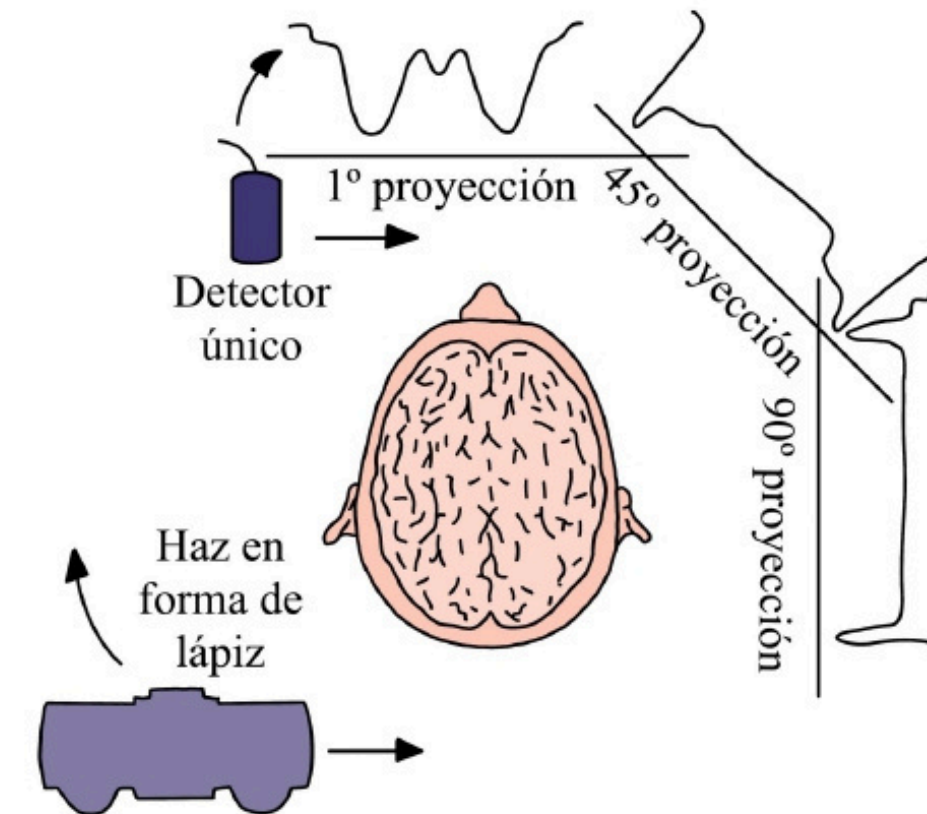
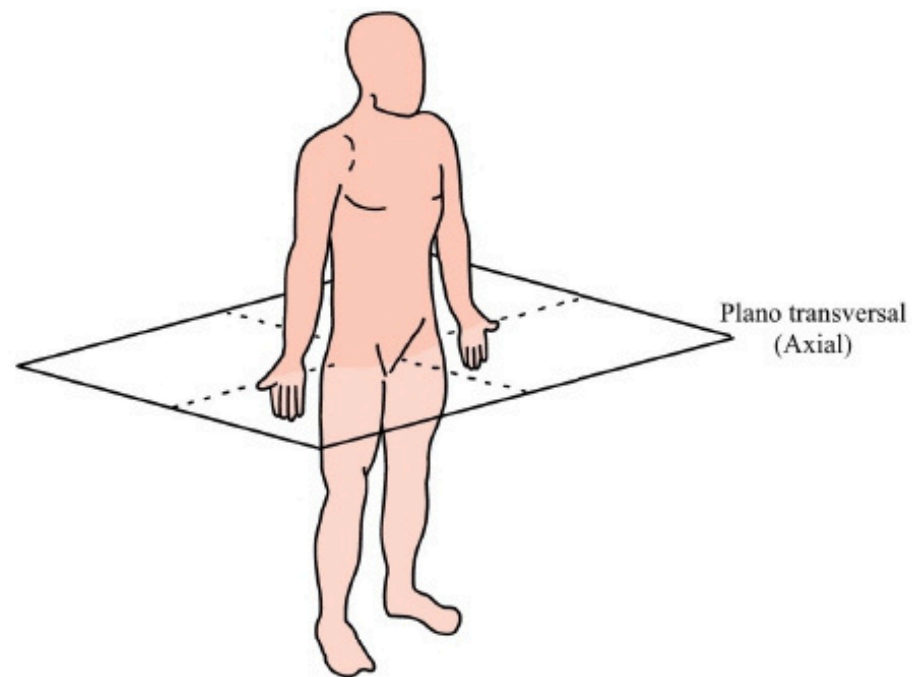


Figura: Plano transversal (axial) del cuerpo.

Figura: Diversas proyecciones que genera el conjunto fuente-receptor.

S. C. Bushong. Manual de radiología para técnicos: Física, biología y protección radiológica. Elsevier Health Sciences, 2017.



Calidad de imagen

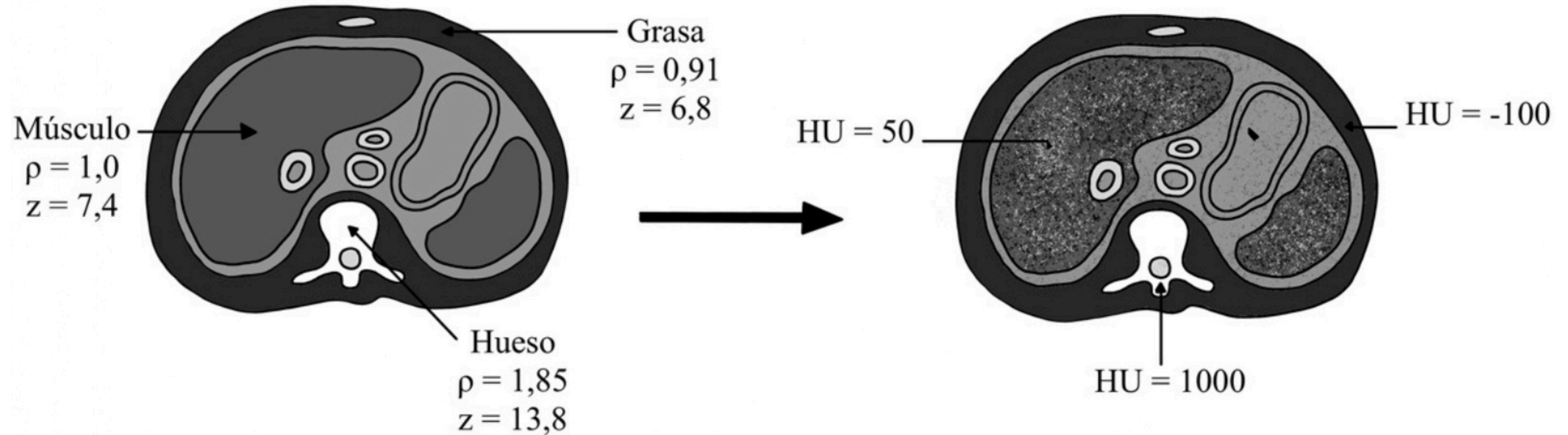
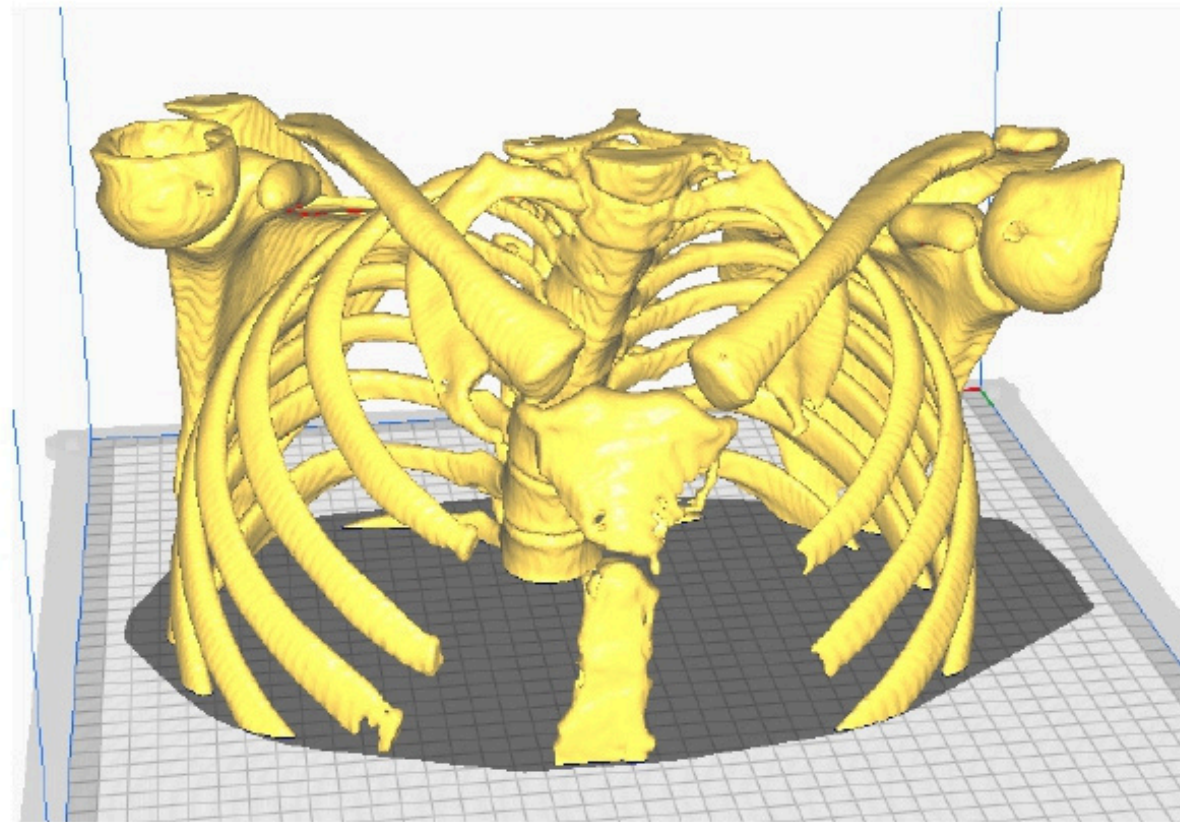


Figura: Estructura grasa-musculo-hueso y sus propiedades.

Impresión costillas



(a) Diseño.

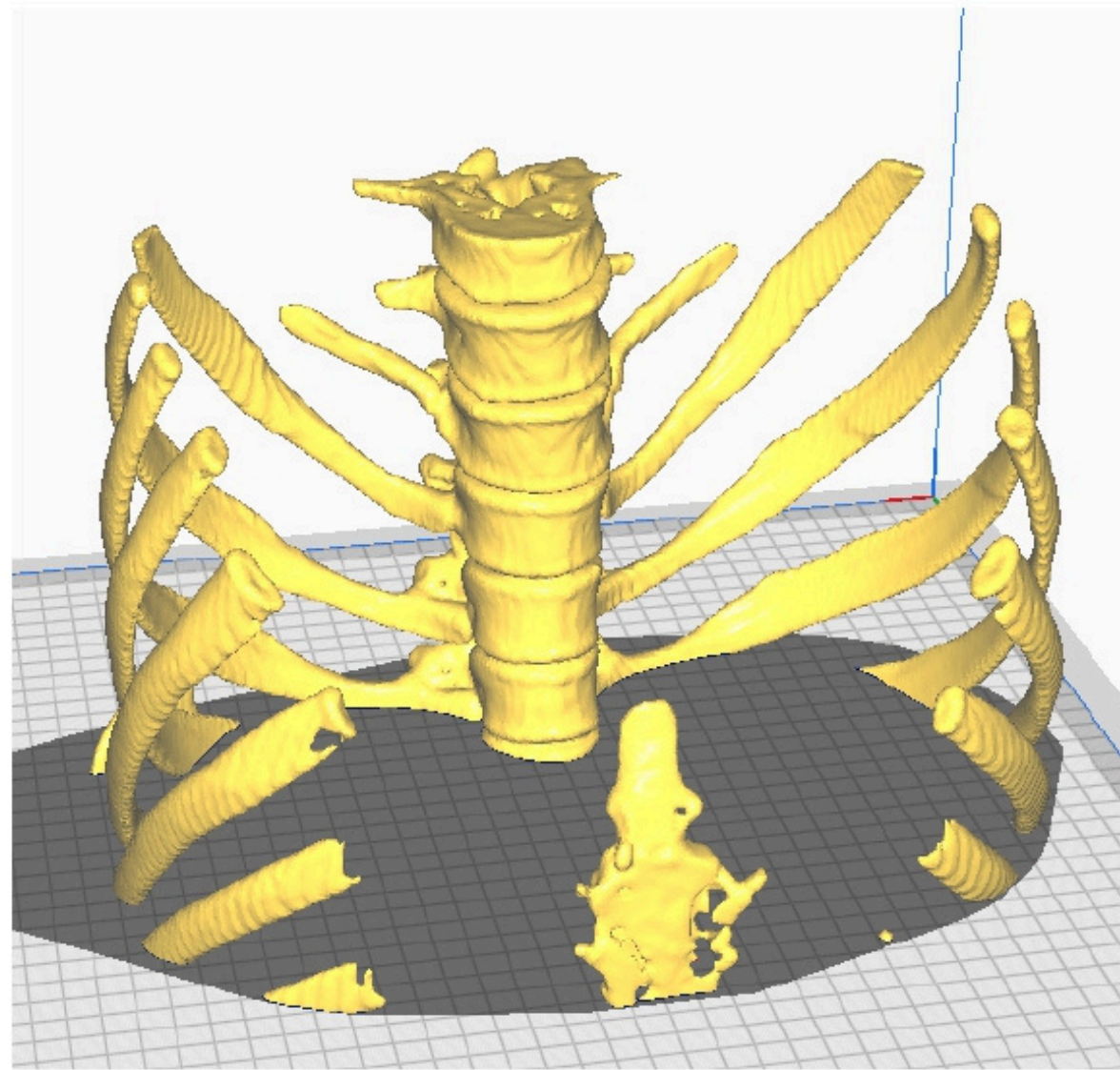


(b) Impresión.

Figura: Costillas superiores.



Impresión costillas



(a) Diseño



(b) Impresión

Figura: Costillas inferiores.



Optimización tejido óseo



(a) Retiro del cartón cartulina.



(b) Corte transversal.



(c) Perforaciones superiores.

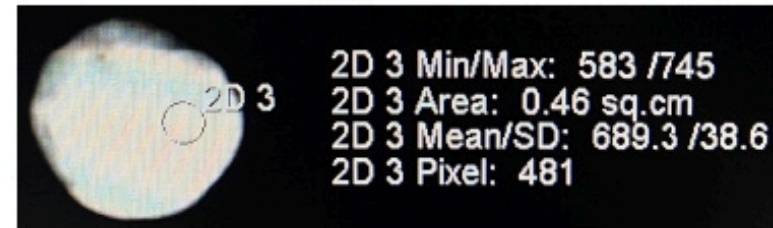
Figura: Extracción piezas de plástico y perforación de los moldes de caucho.



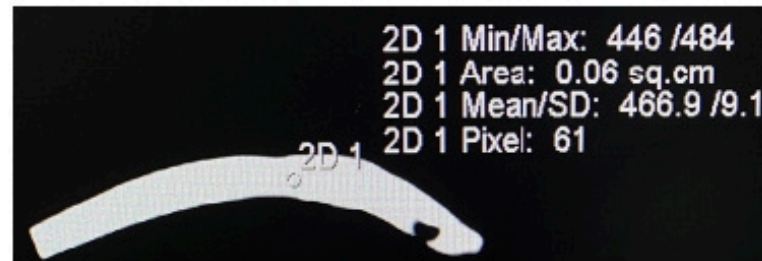
Optimización tejido óseo



(a) Caucho siliconado.



(b) Yeso.



(c) Resina y carbonato de calcio.

Figura: Materiales de prueba para el relleno del tejido oseo, cada uno con su correspondiente HU.

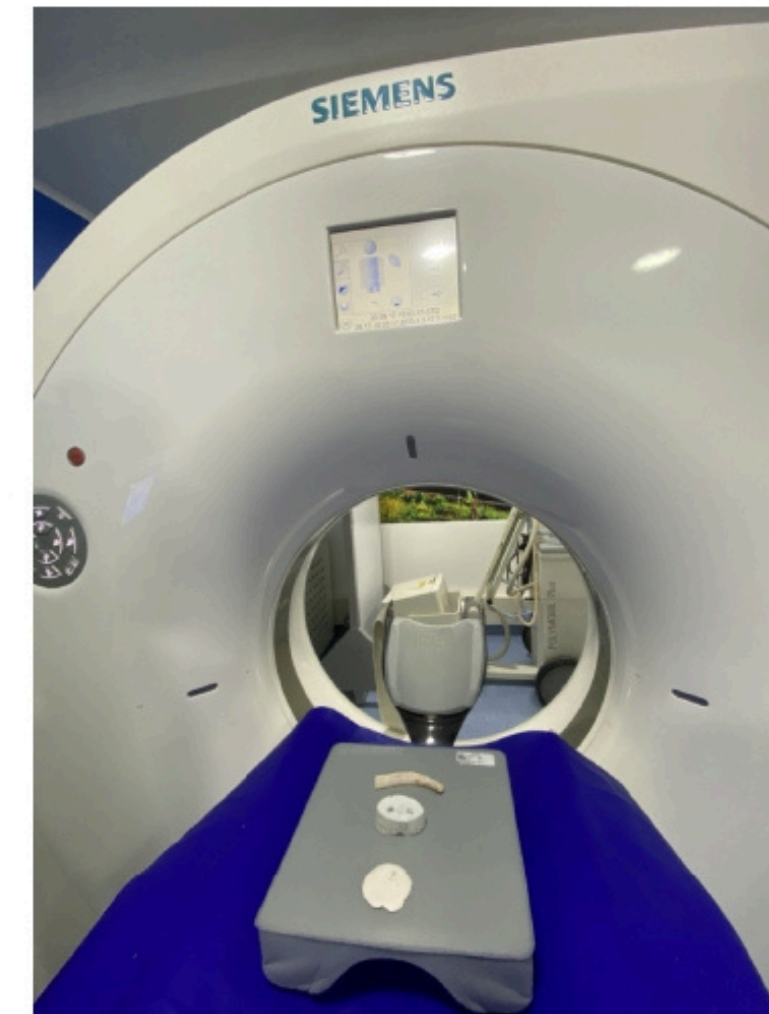


Figura: Materiales de prueba para el relleno del tejido oseo en el tomógrafo.

Optimización tejido óseo

- Dato teórico HU: 431.

Material	HU
Caucho siliconado	395
Yeso	689
Resina y carbonato de calcio	467

Tabla: Materiales de prueba para el relleno del tejido oseo, cada uno con su correspondiente HU.

Optimización tejido óseo

Estructura general compuesta por resina y carbonato de calcio, abarcando áreas que incluyen las costillas, la espina dorsal, los omoplatos, la clavícula y el esternón.



Figura: Estructura para ensamble.



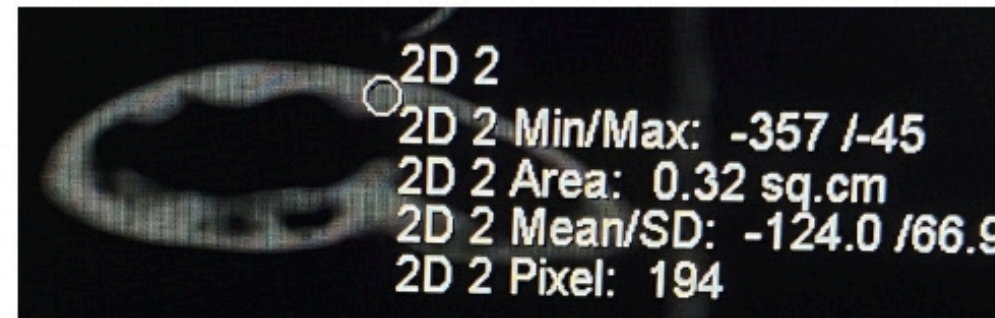
Figura: Estructura general.

Optimización de corazón

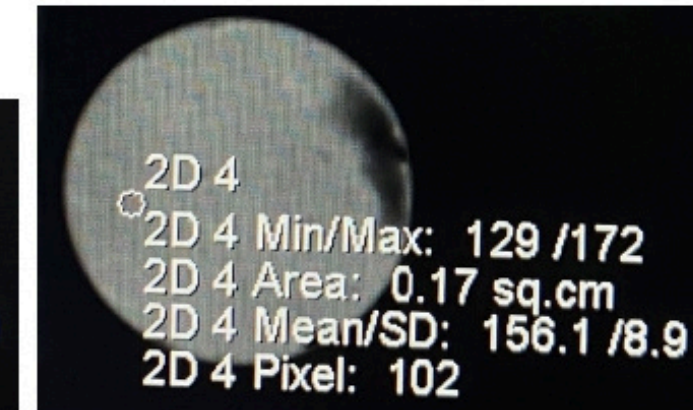
Materiales de prueba para el relleno de corazón, cada uno con su correspondiente HU.



(a) Nylon.



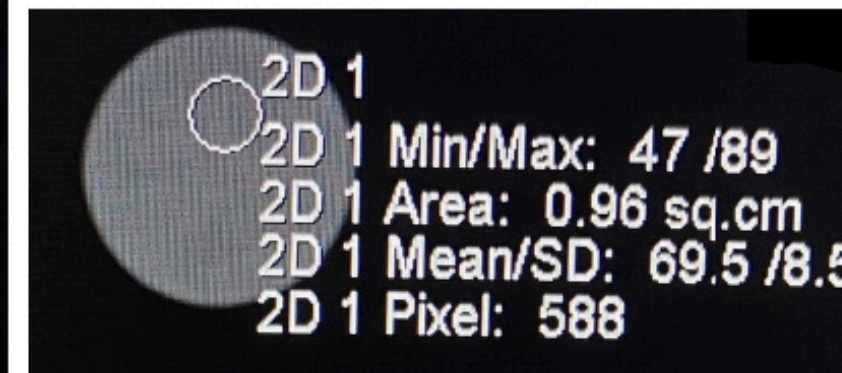
(b) Latex.



(c) Resina.



(d) Resina con fibra de vidrio.

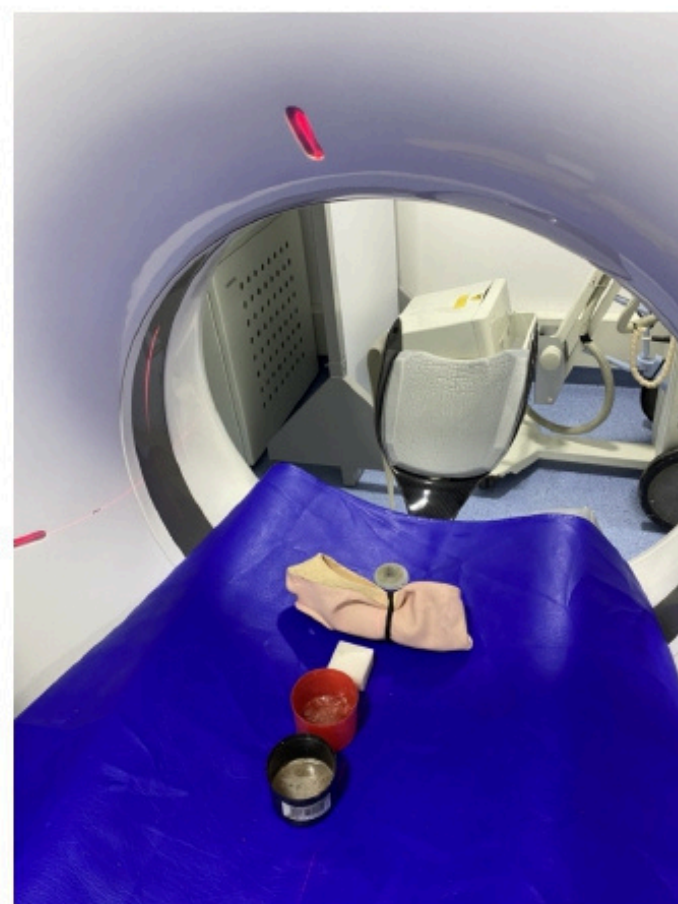


(e) Resina y endurecedor epóxico.

Optimización de corazón

Materiales de prueba para el relleno de corazón en el tomógrafo y cada uno con su correspondiente HU.

- Dato teórico HU: 51.



Material	HU
Nylon	-110
Latex	-124
Resina	156
Resina con fibra de vidrio	158
Resina y endurecedor epóxico	69



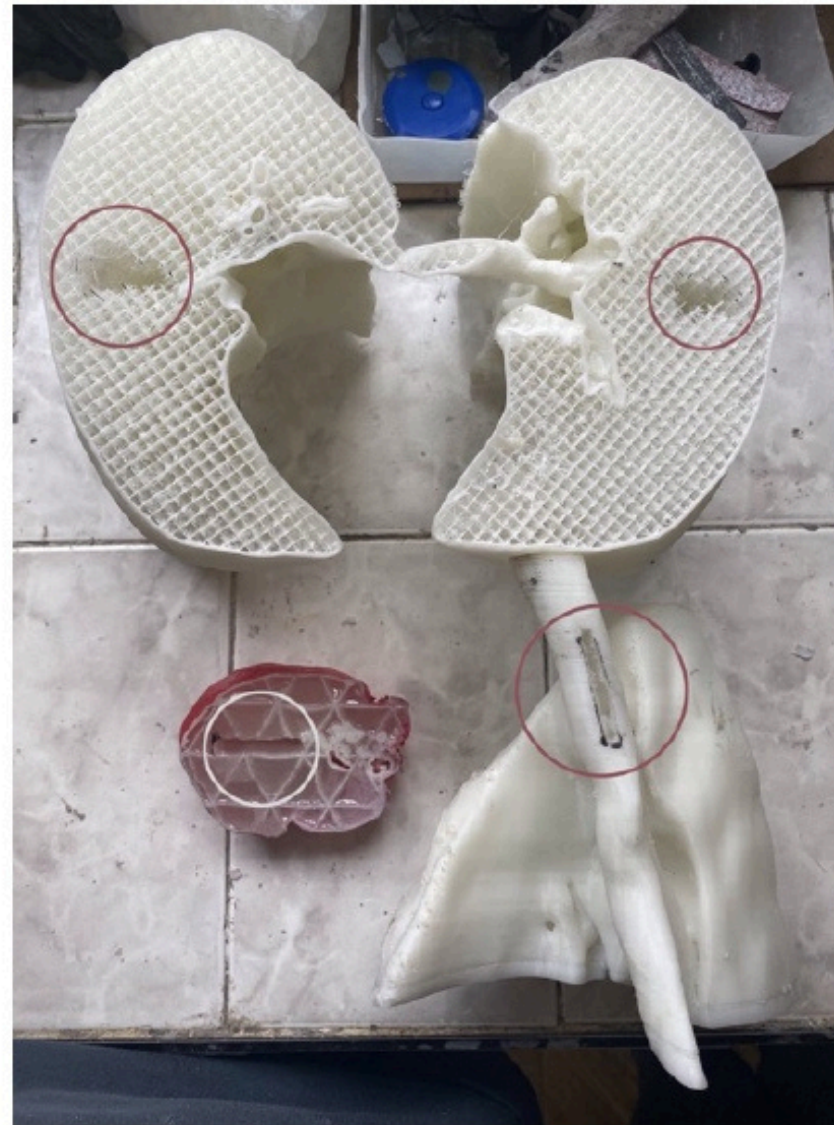
Optimización de corazón



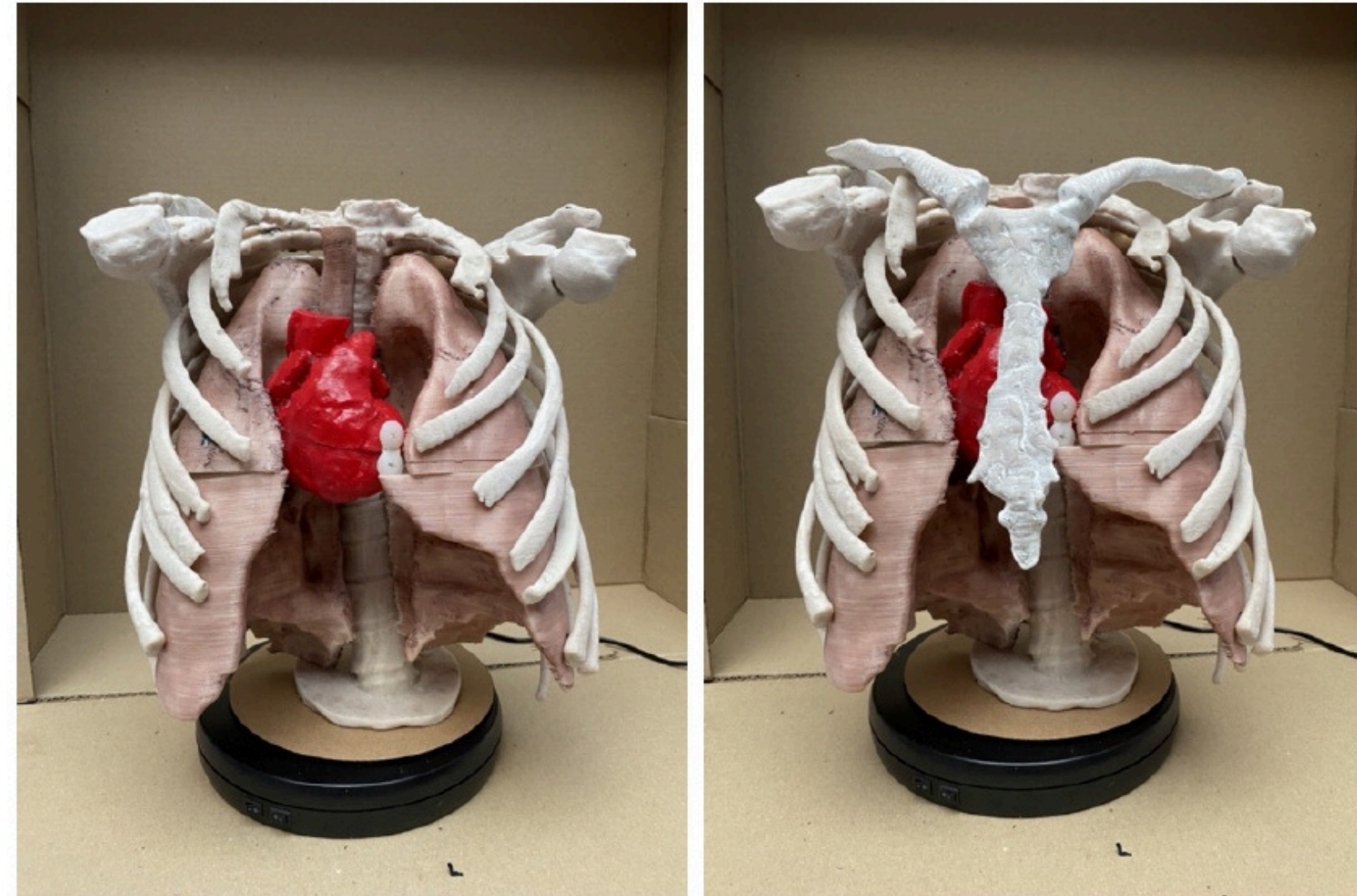
Figura: Relleno del corazón con resina epóxica.

Ensamble del phantom torácico

Perforaciones con dimensiones (2 x 3.5 x 0.5)cm diseñadas para alojar los dosímetros.



Ensamble del phantom torácico

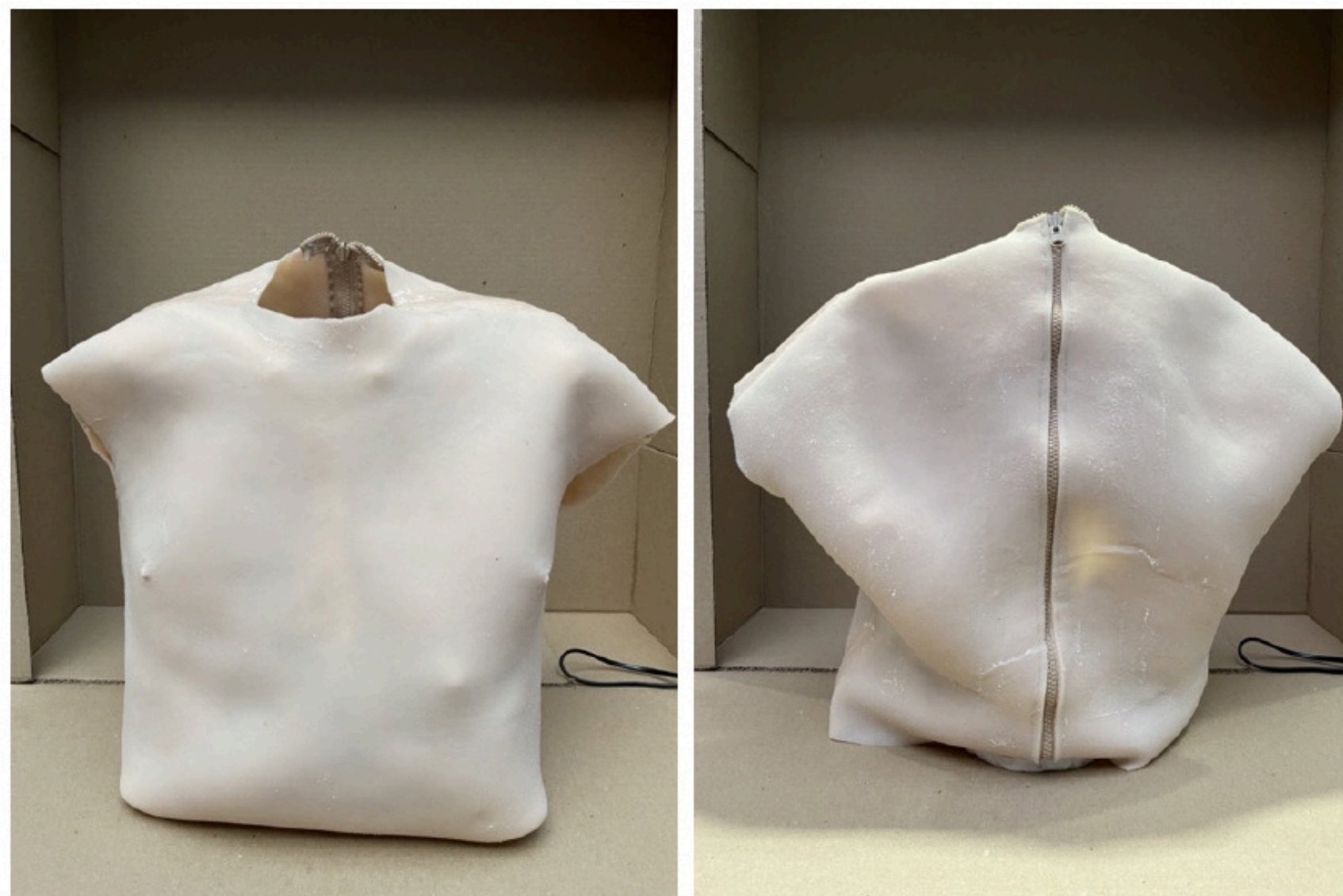


(a)

(b)

Figura: a) Ensamble del corazón. b) Ensamble de los órganos y estructura costal.

Ensamble de piel



(a) Parte frontal.

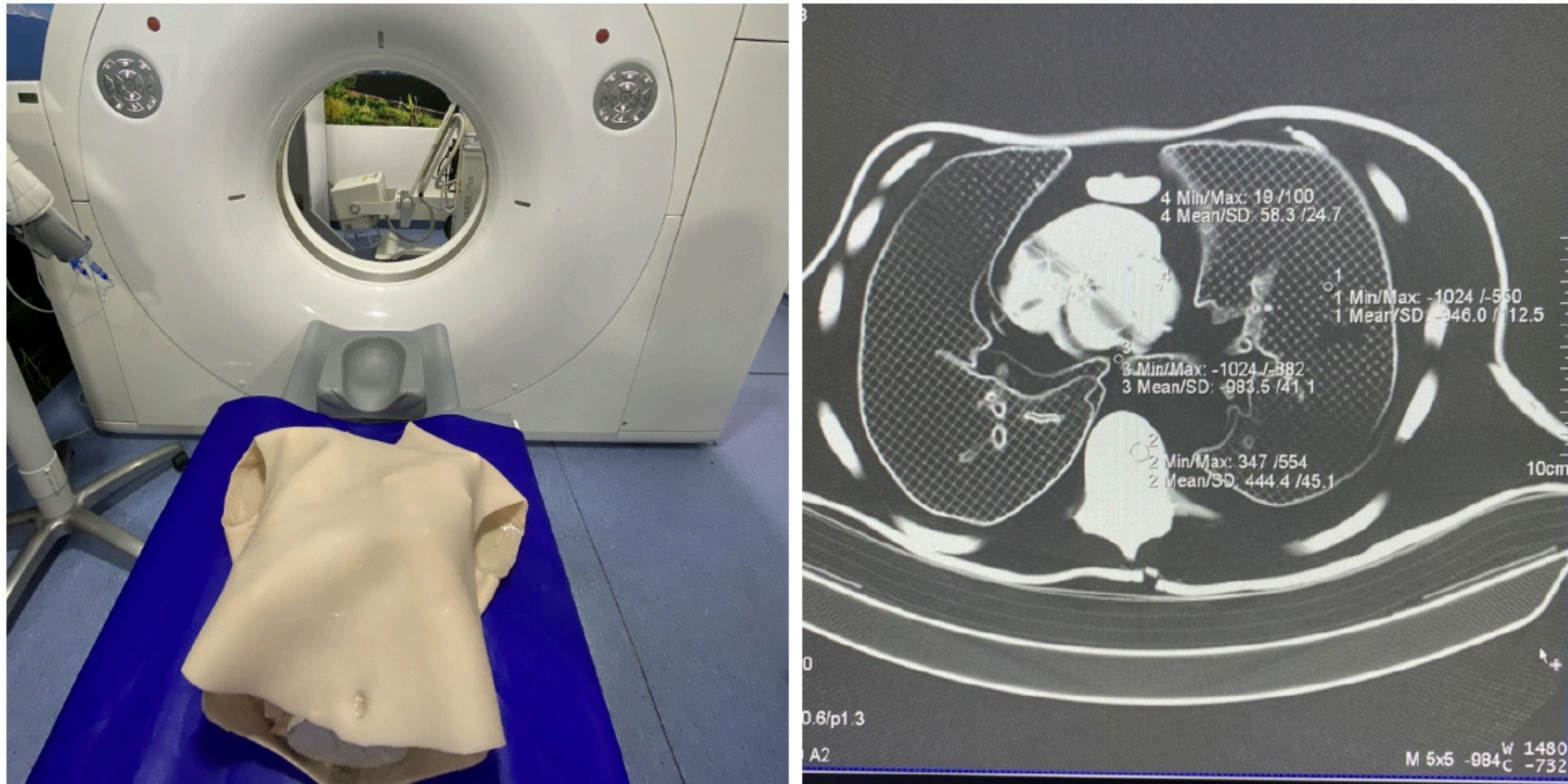
(b) Parte posterior.

Figura: Ensamblaje Final del fantom antropomórfico torácico.



Verificación unidades de Hounsfield del phantom

Tomografo «Siemens Somatom Perspective» especializado para el estudio detallado de una técnica de tórax simple.



Verificación unidades de Hounsfield del phantom

Órgano	HU experimental	HU teórico	%Err
Corazón	58.3	51	14
Pulmones	-946.0	-798	19
Traquea	-983.5	-939	5
Tejido óseo	444.4	431	3

Tabla: Verificación HU en órganos y tejido óseo.



Resultados de imagenología



(a) Topograma.



(b) Toma axial.



(c) Toma axial contrastada (Ventaneada para pulmón).



Recolección de datos dosimétricos

Lectura de los dosímetros: *Control Calidad RX S.A.S.*



Figura: Dosímetros.

Determinación de la dosis equivalente en tejido H_T

	Corazón (mSv)	Pulmones (mSv)	Tráquea (mSv)
Promedio	4.577	3.785	4.103
Mediana	4,420	3.800	4.125
Séptimo percentil	5.073	4.412	4.450

Tabla: Cálculos estadísticos de la dosis $H_p(0.07)$.

Matrices de comparación

Análisis dosimétrico centrado en la evaluación de la dosis efectiva, excluyendo la tráquea como elemento de consideración. Los **datos teóricos** de la dosis efectiva (E) [mSv], expresados en términos de promedio, mediana y séptimo percentil, son: 1.003, 0.986 y 1.138, respectivamente.

		Estudio 1	Estudio 3	Estudio 3
Dosis efectiva [mSv]	Valor	1.62	1.62	1.27
	Promedio % $_{err}$	62	62	27
	Mediana % $_{err}$	64	64	29
	P(70%) % $_{err}$	42	42	12



