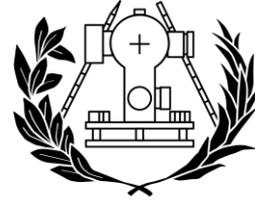




UNIVERSITAT
POLITÈCNICA
DE VALÈNCIA



ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR
DE INGENIERÍA GEODÉSICA
CARTOGRÁFICA Y TOPOGRÁFICA

COMPARATIVA DE MODELOS 3D OBTENIDOS A PARTIR DE FOTOGRAMETRÍA Y TAC PARA LA DETECCIÓN DE MALFORMACIONES EN CRÁNEOS DE BEBÉS

TRABAJO DE FIN DE GRADO
INGENIERÍA GEOMÁTICA Y TOPOGRAFÍA

Autora: Alba Bande Escuder

Tutor: José Luis Lerma García

Curso académico:2020-2021

Compromiso

“El presente documento ha sido realizado completamente por el firmante; no ha sido entregado como otro trabajo académico previo y todo el material tomado de otras fuentes ha sido convenientemente entrecomillado y citado se origen en el texto, así como referido en la bibliografía.”

Valencia, 06/09/2021

Alba Bande Escuder

Agradecimientos

En primer lugar, me gustaría agradecer a mi familia, amigos y compañeros por el apoyo dado durante mi etapa estudiantil y por haber compartido conmigo tantas experiencias. En segundo lugar, dar gracias al profesor José Luis Lerma García, Inés Barbero García y al equipo de neurocirugía pediátrica del Hospital Universitario y Politécnico La Fe de Valencia por haber hecho posible este proyecto y hacer que mis conocimientos se amplíen descubriendo utilidades de lo estudiado durante mi etapa universitaria que nunca hubiese imaginado.

RESUMEN

Desde el nacimiento de un bebé, a este se le realiza un seguimiento pediátrico con el fin de controlar que su desarrollo es correcto y avanza según unos índices de normalidad estipulados. Entre estos índices se encuentran los del desarrollo neurológico, como es el perímetro craneal. Es cuando este último está fuera de los índices de normalidad, el paciente se deriva a consultas de especialistas en neurología pediátrica.

En este Trabajo de Fin de Grado se comparan técnicas métricas para el análisis de malformaciones en cráneos de bebés. En el estudio se utilizan modelos 3D obtenidos a partir de pruebas de imagen médicas como TAC, métodos utilizados actualmente por los especialistas, y modelos obtenidos utilizando la aplicación fotogramétrica PhotoMeDAS.

La finalidad de este proyecto es comprobar métrica y estadísticamente que se pueden obtener datos precisos sobre las medidas de cráneos en bebés para la detección de malformaciones a partir de la fotogrametría, y poder evitar así exponer a radiación y sedaciones a los bebés en las consultas de diagnóstico.

RESUM

Des del naixement d'un bebé, a aquest se li realitza un seguiment pediàtric amb la finalitat de controlar que el seu desenvolupament és correcte i avança segons uns índexs de normalitat estipulats. Entre aquests índexs es troben els del desenvolupament neurològic, com són el perímetre cranial. És quan aquest últim es troba fora dels índexs de normalitat, el pacient es deriva a consultes d'especialistes en neurologia pediàtrica.

En aquest Treball de Fi de Grau es comparen tècniques mètriques per a l'anàlisi de malformacions en cranis de bebés. En l'estudi s'utilitzen models 3D obtinguts a partir de proves d'imatge mèdiques com TAC, mètodes utilitzats actualment pels especialistes, i models obtinguts utilitzant l'aplicació fotogramètrica PhotoMeDAS.

La finalitat d'aquest projecte és comprovar mètrica i estadísticament que es poden obtenir dades precises sobre les mesures de cranis en bebés per a la detecció de malformacions a partir de la fotogrametria, i poder evitar així exposar a radiació i sedacions als bebés en les consultes de diagnòstic.

ABSTRACT

From the birth of a baby, a pediatric follow-up is carried out in order to control that its development is correct and is progressing according to stipulated normality rates. Among these rates are those of neurological development, such as the cranial perimeter. This is when the latter is outside normal, the patient is referred to pediatric neurology specialists' consultations.

This Final Degree Project compares metric techniques for the analysis of baby skulls malformation. This study uses 3D models obtained from medical imaging tests such as CT, currently methods used by specialists, and models obtained using the PhotoMeDAS photogrammetric application.

The aim of this project is to verify the accuracy of the data metric and statistically on skull measurements in babies that can be obtained for the identification of malformations from photogrammetry, and thus to avoid exposure to radiation and sedations to the baby in the diagnostic consultations.

ÍNDICE

1	INTRODUCCIÓN	1
1.1	CONOCIMIENTOS MÉDICOS PREVIOS	1
1.2	PROBLEMA PLANTEADO	4
1.3	OBJETIVO.....	7
1.4	SOFTWARES Y MATERIALES	8
1.4.1	PhotoMeDAS (Versión 1.7).....	8
1.4.2	InVesalius (Versión 3.1)	15
1.4.3	CloudCompare (Versión 2.12).....	16
1.4.4	QGIS (Versión 3.16.10)	16
1.4.5	ARTEC ESTUDIO 3D (Versión 15.1.2.60).....	17
1.4.6	PSPP (Versión 1.4.1).....	17
1.4.7	Otros.....	17
1.5	TOMA DE DATOS	18
1.5.1	OBTENCIÓN DE MODELOS 3D	18
1.5.2	OBTENCIÓN DE DATOS PARA EL ANÁLISIS.....	20
2	METODOLOGÍA	23
2.1	CONSULTA	23
2.2	TRATAMIENTO DE LOS TAC	25
2.3	REFERENCIACIÓN DE LOS MODELOS	26
2.4	TRANSFORMACIÓN DE MALLA A NUBE DE PUNTOS.....	27
2.5	MEDIDA DE DISTANCIA ENTRE MODELOS	27
2.6	OBTENCIÓN DE MEDIDAS	28
2.6.1	MEDICIÓN DEL PERÍMETRO.....	28
2.6.2	MEDICIÓN DEL VOLUMEN	29
2.6.3	MEDICIÓN DE a, b, c, d, e, f, g.....	31
2.7	CÁLCULO DE ÍNDICES	33
2.8	ADAPTACIÓN DE DATOS DEL EXCEL A PSPP	34
3	RESULTADOS.....	36
3.1	DISTANCIAS ENTRE MODELOS.....	36
3.2	PERÍMETROS	52
3.3	VOLUMENES	52
3.4	MEDIDAS (a, b, c, d, e, f, g)	53
3.5	ÍNDICES.....	56
4	DISCUSIÓN ESTADÍSTICA.....	58
4.1	DISTANCIAS ENTRE MODELOS.....	58
4.2	VOLUMEN Y PERÍMETRO	59

4.2.1	VOLUMEN	59
4.2.2	PERÍMETRO	62
4.3	ÍNDICES	65
4.3.1	ÍNDICE DE ASIMETRIA	65
4.3.2	ÍNDICE DIAMETRAL OBLICUO	67
4.3.3	ÍNDICE CEFÁLICO	70
4.3.4	ÍNDICE DE TURRICEFALIA	72
4.3.5	ÍNDICE METÓPICO	75
4.4	VALORACIÓN	77
5	CONCLUSIÓN	78
6	PRESUPUESTO	79
7	REFERENCIAS	82

Listado de figuras.

Figura 1. Anatomía del cráneo de un bebé.(Plagiocefalia – Ortopedia Mostkoff, 2017).....	1
Figura 2. Craneosinostosis. (<i>Áreas de trabajo-neurocirugiainfantil</i> , no date)	2
Figura 3. Gráficas del perímetro cefálico según la OMS.	4
Figura 4. Calibre o cefalómetro.....	5
Figura 5. Impresión 3D con gorro y pegatinas de PhotoMeDAS.	6
Figura 6. Gorro de PhotoMeDAS.	8
Figura 7.Pegatinas de PhotoMeDAS.....	8
Figura 8. Modelo 3D con distancias al elipsoide de PhotoMeDAS.....	9
Figura 9. Modelo 3D final de la cabeza con PhotoMeDAS.	9
Figura 10. Página 1 del informe reducido de PhotoMeDAS.	10
Figura 11. Página 2 del informe reducido de PhotoMeDAS.	11
Figura 12. Página 2 del informe avanzado de PhotoMeDAS.	12
Figura 13. Página 3 del informe avanzado de PhotoMeDAS.	13
Figura 14. Página 4 del informe de PhotoMeDAS.	14
Figura 15. Logo de InVesalius.	15
Figura 16. Visualización del software de InVesalius.	15
Figura 17. Logo de CloudCompare.....	16
Figura 18. Visualización del software de CloudCompare.	16
Figura 19.Logo QGIS.	16
Figura 20. Visualización del software QGIS.....	16
Figura 21. Logo Artec estudio 3D.....	17
Figura 22. Visualización del software de Artec estudio 3D.	17
Figura 23. Logo PSPP.....	17
Figura 24. Representación de los parámetros a,b,c,d,e,f,g.	20
Figura 25. Representación de la línea que define el perímetro y de la superficie del volumen.	22
Figura 26. Indicaciones de PhotoMeDAS de como colocar el gorro, las pegatinas y paciente en la pantalla.	23
Figura 27. Instrucciones de PhotoMeDAS para la adquisición de datos.	24
Figura 28.Definición del tejido de piel en InVesalius para la generación del modelo 3D de piel.	25
Figura 29. Resultado de generación del modelo 3D de piel y la eliminación de la zona posterior que no es de interés.	25
Figura 30. Visualización de CloudCompare de un modelo antes y después de eliminar zonas que no son de interés.	26
Figura 31. Visualización de CloudCompare antes y después de referenciar los modelos a un sistema de referencia común.	26
Figura 32. Visualización del cálculo de distancias en CloudCompare.	27
Figura 33. Visualización de modelos con la línea que define el perímetro.	28
Figura 34. Visualización de QGIS con la sección y el polígono generado para definir la línea de perímetro.	29
Figura 35. Visualización de la tabla de atributos y de la calculadora para el cálculo de perímetros.	29
Figura 36. Visualización de la herramienta de Rellenar agujeros de Artec Estudio 3D.	30
Figura 37. Visualización de la herramienta para medir volúmenes de Artec Estudio 3D.....	30
Figura 38. Visualización de las medidas a, b, c, d, g en InVesalius.	31
Figura 39. Visualización de la medida f en Artec Estudio 3D.....	32
Figura 40. Visualización de la medida e en Artec Estudio 3D.	32
Figura 41. Visualización de las variables en PSPP.	34
Figura 42. Visualización de la base de datos del índice de asimetría en PSPP.....	35
Figura 43.Medidas de distancia entre PhotoMeDAS y modelo 3D del TAC de piel en el paciente 1.	36
Figura 44.Medidas de distancia entre PhotoMeDAS y modelo 3D del TAC de hueso en el paciente 1.....	36
Figura 45.Medidas de distancia entre PhotoMeDAS y modelo 3D del TAC de piel en el paciente 2.	37
Figura 46.Medidas de distancia entre PhotoMeDAS y modelo 3D del TAC de hueso en el paciente 2.....	37
Figura 47.Medidas de distancia entre PhotoMeDAS y modelo 3D del TAC de piel en el paciente 3.	38
Figura 48.Medidas de distancia entre PhotoMeDAS y modelo 3D del TAC de hueso en el paciente 3.....	38
Figura 49.Medidas de distancia entre PhotoMeDAS y modelo 3D del TAC de piel en el paciente 4.	39
Figura 50.Medidas de distancia entre PhotoMeDAS y modelo 3D del TAC de hueso en el paciente 4.....	39
Figura 51.Medidas de distancia entre PhotoMeDAS y modelo 3D del TAC de piel en el paciente 5.	40
Figura 52.Medidas de distancia entre PhotoMeDAS y modelo 3D del TAC de hueso en el paciente 5.....	40
Figura 53.Medidas de distancia entre PhotoMeDAS y modelo 3D del TAC de piel en el paciente 6.	41
Figura 54.Medidas de distancia entre PhotoMeDAS y modelo 3D del TAC de hueso en el paciente 6.....	41
Figura 55.Medidas de distancia entre PhotoMeDAS y modelo 3D del TAC de piel en el paciente 7.	42

Figura 56. Medidas de distancia entre PhotoMeDAS y modelo 3D del TAC de hueso en el paciente 7.....	42
Figura 57. Medidas de distancia entre PhotoMeDAS y modelo 3D del TAC de piel en el paciente 8.....	43
Figura 58. Medidas de distancia entre PhotoMeDAS y modelo 3D del TAC de hueso en el paciente 8.....	43
Figura 59. Medidas de distancia entre PhotoMeDAS y modelo 3D del TAC de piel en el paciente 9.....	44
Figura 60. Medidas de distancia entre PhotoMeDAS y modelo 3D del TAC de hueso en el paciente 9.....	44
Figura 61. Medidas de distancia entre PhotoMeDAS y modelo 3D del TAC de piel en el paciente 10.....	45
Figura 62. Medidas de distancia entre PhotoMeDAS y modelo 3D del TAC de hueso en el paciente 10.....	45
Figura 63. Medidas de distancia entre PhotoMeDAS y modelo 3D del TAC de piel en el paciente 11.....	46
Figura 64. Medidas de distancia entre PhotoMeDAS y modelo 3D del TAC de hueso en el paciente 11.....	46
Figura 65. Medidas de distancia entre PhotoMeDAS y modelo 3D del TAC de piel en el paciente 12.....	47
Figura 66. Medidas de distancia entre PhotoMeDAS y modelo 3D del TAC de hueso en el paciente 12.....	47
Figura 67. Medidas de distancia entre PhotoMeDAS y modelo 3D del TAC de piel en el paciente 13.....	48
Figura 68. Medidas de distancia entre PhotoMeDAS y modelo 3D del TAC de hueso en el paciente 13.....	48
Figura 69. Medidas de distancia entre PhotoMeDAS y modelo 3D del TAC de piel en el paciente 14.....	49
Figura 70. Medidas de distancia entre PhotoMeDAS y modelo 3D del TAC de hueso en el paciente 14.....	49
Figura 71. Medidas de distancia entre PhotoMeDAS y modelo 3D del TAC de piel en el paciente 15.....	50
Figura 72. Medidas de distancia entre PhotoMeDAS y modelo 3D del TAC de hueso en el paciente 15.....	50
Figura 73. Gráfica de la línea de tendencia del volumen entre: PhotoMeDAS y TAC de piel.....	60
Figura 74. Gráfica de la línea de tendencia del volumen entre: PhotoMeDAS y TAC de hueso.....	61
Figura 75. Gráfica de la línea de tendencia del volumen entre: TAC de piel y TAC de hueso.....	61
Figura 76. Gráfica de la línea de tendencia del perímetro entre: PhotoMeDAS y TAC de piel.....	62
Figura 77. Gráfica de la línea de tendencia del perímetro entre: PhotoMeDAS y TAC de hueso.....	63
Figura 78. Gráfica de la línea de tendencia del perímetro entre: TAC de piel y TAC de hueso.....	64
Figura 79. Gráfica de la línea de tendencia del índice de asimetría entre: PhotoMeDAS y TAC de piel.....	65
Figura 80. Gráfica de la línea de tendencia del índice de asimetría entre: PhotoMeDAS y TAC de hueso.....	66
Figura 81. Gráfica de la línea de tendencia del índice de asimetría entre: TAC de piel y TAC de hueso.....	67
Figura 82. Gráfica de la línea de tendencia del índice diametral oblicuo entre: PhotoMeDAS y TAC de piel.....	68
Figura 83. Gráfica de la línea de tendencia del índice diametral oblicuo entre: PhotoMeDAS y TAC de hueso.....	69
Figura 84. Gráfica de la línea de tendencia del índice diametral oblicuo entre: TAC de piel y TAC de hueso.....	69
Figura 85. Gráfica de la línea de tendencia del índice cefálico entre: PhotoMeDAS y TAC de piel.....	70
Figura 86. Gráfica de la línea de tendencia del índice cefálico entre: PhotoMeDAS y TAC de hueso.....	71
Figura 87. Gráfica de la línea de tendencia del índice cefálico entre: TAC de piel y TAC de hueso.....	72
Figura 88. Gráfica de la línea de tendencia del índice de turricefalia entre: PhotoMeDAS y TAC de piel.....	73
Figura 89. Gráfica de la línea de tendencia del índice de turricefalia entre: PhotoMeDAS y TAC de hueso.....	74
Figura 90. Gráfica de la línea de tendencia del índice de turricefalia entre: TAC de piel y TAC de hueso.....	74
Figura 91. Gráfica de la línea de tendencia del índice metópico entre: PhotoMeDAS y TAC de piel.....	75
Figura 92. Gráfica de la línea de tendencia del índice metópico entre: PhotoMeDAS y TAC de hueso.....	76
Figura 93. Gráfica de la línea de tendencia del índice metópico entre: TAC de piel y TAC de hueso.....	77

Listado de tablas.

Tabla 1. Listado de pacientes con las fechas de medición, TAC y nacimiento.	19
Tabla 2. Índices de Asimetría, diametral oblicuo, cefálico, turricefalia y metópico del paciente 11.	34
Tabla 3. Tabla de medidas de distancia entre el modelo obtenido con PhotoMeDAS y TAC de hueso, PhotoMeDAS y TAC de piel.	51
Tabla 4. Tabla de las medidas de perímetros en los diferentes modelos generados.	52
Tabla 5. Tabla con las medidas de volumen.	52
Tabla 6. Tabla con las medidas de a y b.	53
Tabla 7. Tabla de las medidas c y d.	54
Tabla 8. Tabla de las medidas e, f y g.	55
Tabla 9. Tabla de los índices de asimetría, diametral oblicuo y cefálico.	56
Tabla 10. Tabla de los índices de turricefalia y metópico.	57
Tabla 11. Tabla de estadísticos descriptivos de distancias entre el modelo de PhotoMeDAS y el obtenido con el TAC de la piel.	58
Tabla 12. Tabla de estadísticos descriptivos de distancias entre el modelo de PhotoMeDAS y el obtenido con el TAC del hueso.	59
Tabla 13. Tabla de estadísticos descriptivos de los datos de volumen.	59
Tabla 14. Tabla de la prueba T para muestras independientes del volumen tomado con PhotoMeDAS y el obtenido con el TAC de piel.	60
Tabla 15. Tabla de la prueba T para muestras independientes del volumen tomado con PhotoMeDAS y el obtenido con el TAC de hueso.	60
Tabla 16. Tabla de la prueba T para muestras independientes del volumen obtenido con el TAC de piel y el obtenido con el TAC de hueso.	61
Tabla 17. Tabla de estadísticos descriptivos de los datos de perímetro.	62
Tabla 18. Tabla de la prueba T para muestras independientes del perímetro tomado con PhotoMeDAS y el obtenido con el TAC de piel.	62
Tabla 19. Tabla de la prueba T para muestras independientes del perímetro tomado con PhotoMeDAS y el obtenido con el TAC de hueso.	63
Tabla 20. Tabla de la prueba T para muestras independientes del perímetro obtenido con el TAC de piel y el obtenido con el TAC de hueso.	63
Tabla 21. Tabla de estadísticos descriptivos de los datos del índice de asimetría.	65
Tabla 22. Tabla de la prueba T para muestras independientes del índice de asimetría tomado con PhotoMeDAS y el obtenido con el TAC de piel.	65
Tabla 23. Tabla de la prueba T para muestras independientes del índice de asimetría tomado con PhotoMeDAS y el obtenido con el TAC de hueso.	66
Tabla 24. Tabla de la prueba T para muestras independientes del índice de asimetría obtenido con el TAC de piel y el obtenido con el TAC de hueso.	66
Tabla 25. Tabla de estadísticos descriptivos de los datos del índice diametral oblicuo.	67
Tabla 26. Tabla de la prueba T para muestras independientes del índice diametral oblicuo tomado con PhotoMeDAS y el obtenido con el TAC de piel.	68
Tabla 27. Tabla de la prueba T para muestras independientes del índice diametral oblicuo tomado con PhotoMeDAS y el obtenido con el TAC de hueso.	68
Tabla 28. Tabla de la prueba T para muestras independientes del índice diametral oblicuo obtenido con el TAC de piel y el obtenido con el TAC de hueso.	69
Tabla 29. Tabla de estadísticos descriptivos de los datos del índice cefálico.	70
Tabla 30. Tabla de la prueba T para muestras independientes del índice cefálico tomado con PhotoMeDAS y el obtenido con el TAC de piel.	70
Tabla 31. Tabla de la prueba T para muestras independientes del índice de cefálico tomado con PhotoMeDAS y el obtenido con el TAC de hueso.	71
Tabla 32. Tabla de la prueba T para muestras independientes del índice de cefálico obtenido con el TAC de piel y el obtenido con el TAC de hueso.	71
Tabla 33. Tabla de estadísticos descriptivos de los datos del índice de turricefalia.	72
Tabla 34. Tabla de la prueba T para muestras independientes del índice de turricefalia a tomado con PhotoMeDAS y el obtenido con el TAC de piel.	73

Tabla 35. Tabla de la prueba T para muestras independientes del índice de turricefália tomado con PhotoMeDAS y el obtenido con el TAC de hueso.	73
Tabla 36. Tabla de la prueba T para muestras independientes del índice de turricefalia obtenido con el TAC de piel y el obtenido con el TAC de hueso.	74
Tabla 37. Tabla de estadísticos descriptivos de los datos del índice metópico.	75
Tabla 38. Tabla de la prueba T para muestras independientes del índice metópico tomado con PhotoMeDAS y el obtenido con el TAC de piel.	75
Tabla 39. Tabla de la prueba T para muestras independientes del índice metópico tomado con PhotoMeDAS y el obtenido con el TAC de hueso.	76
Tabla 40. Tabla de la prueba T para muestras independientes del índice metópico obtenido con el TAC de piel y el obtenido con el TAC de hueso.	76
Tabla 41. Tabla salarial y plus convenio para el año 2020.	79
Tabla 42. Tabla con el cálculo del salario.	79
Tabla 43. Tabla de costes directos.	80
Tabla 44. Tabla de tiempo invertido en el proyecto.	80
Tabla 45. Tabla con el coste de RRHH.	80
Tabla 46. Tabla total costes directos.	80
Tabla 47. Tabla de costes indirectos de la empresa.	81
Tabla 48. Tabla con los costes totales del proyecto.	81

1 INTRODUCCIÓN

A lo largo de este trabajo se van a comparar diferentes técnicas métricas para la búsqueda de malformaciones en cráneos de bebés. Para ello se utilizarán modelos 3D obtenidos a partir de pruebas de imagen médica como TAC y modelos obtenidos utilizando la aplicación fotogramétrica PhotoMeDAS.

Dada la temática del trabajo, he considerado de interés explicar un poco el contexto médico, hablando un poco de la anatomía del cráneo de los bebés y de los diferentes problemas de desarrollo que hay. Además, facilitará la comprensión de algunos términos que aparecen a lo largo del trabajo.

1.1 CONOCIMIENTOS MÉDICOS PREVIOS

Aunque el cráneo de un bebé parece un único hueso grande, en realidad se trata de varias placas óseas que cubren el cerebro y están unidas entre sí mediante un material fibroso que se denomina suturas (Image and Although, 2013).

El cráneo de un bebé está formado por seis huesos separados: Hueso frontal, el occipital, dos huesos parietales y dos huesos temporales (García-Tornel Florensa and Verde Sánchez, 2011).

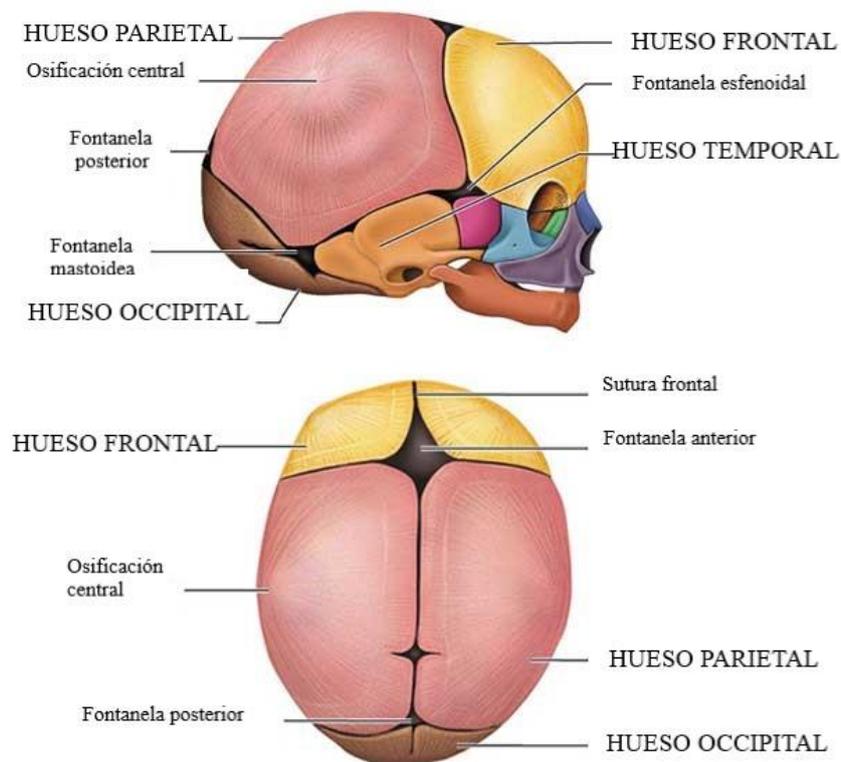


Figura 1. Anatomía del cráneo de un bebé.(Plagiocefalia – Ortopedia Mostkoff, 2017).

En el cráneo de un bebé también encontramos fontanelas, que son espacios entre los huesos del cráneo de un bebé donde las suturas se cruzan. Las fontanelas están cubiertas por membranas fuertes que protegen los tejidos blandos subyacentes y el cerebro (Image and Although, 2013).

En un bebé hay varias fontanelas, pero solo dos de ellas se suelen poder diferenciar por el tacto. Una de ellas se encuentra en la parte superior, en la mitad de la cabeza, justo hacia delante del centro, llamada fontanela anterior. Y otra en la parte posterior de la mitad de la cabeza, llamada fontanela posterior (*Suturas craneales: MedlinePlus enciclopedia médica*, 2015).

La fontanela posterior generalmente se cierra con 1 o 2 meses, aunque puede estar cerrada al nacer, mientras que la fontanela anterior generalmente se cierra entre los 9 y 18 meses de edad (*Suturas craneales: MedlinePlus enciclopedia médica*, 2015).

Tanto las suturas como las fontanelas son necesarias para un correcto desarrollo y crecimiento del cerebro del bebé. Estas son flexibles ya que durante el parto es necesario que exista la posibilidad de que los huesos se muevan e incluso se superpongan con la finalidad de que al pasar por la pelvis de la madre no haya presión ni daños en el cerebro (*Suturas craneales: MedlinePlus enciclopedia médica*, 2015).

Durante la lactancia y la niñez, las suturas se mantienen flexibles, permitiendo así que el cerebro crezca rápidamente y a la vez protege de impactos menores a la cabeza (*Suturas craneales: MedlinePlus enciclopedia médica*, 2015).

Si las suturas y fontanelas se fusionan antes de tiempo, el cráneo no permitiría el crecimiento del cerebro y podría provocar lesiones graves en el sistema nervioso central (García-Tornel Florensa and Verde Sánchez, 2011).

Cuando alguna de las suturas se cierra demasiado pronto, es posible que no haya crecimiento en esa área. Esto puede forzar el crecimiento en otra área o dirección haciendo que la cabeza adopte una forma anormal (Image and Although, 2013).

Este tipo de malformaciones dadas por el cierre de las suturas prematuramente se conoce como craneosinostosis. Hay diferentes tipos de sinostosis en función del número de suturas afectadas y de las regiones involucradas (*Craneosinostosis. Qué es y qué la causa - Plagiocefalia.com*, no date). Las craneosinostosis más frecuentes son:

- Escafocefalia
- Plagiocefalia anterior
- Trigonocefalia
- Braquicefalia
- Plagiocefalia posterior
- Oxicefalia

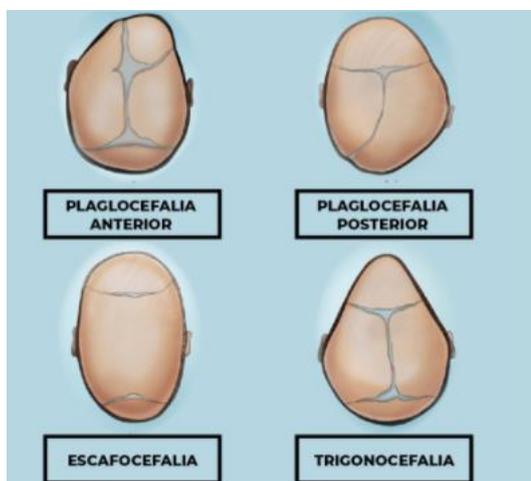


Figura 2. Craneosinostosis. (*Áreas de trabajo-neurocirugiainfantil*, no date)

Por otro lado, las deformaciones en cráneos de bebés también se pueden dar por presiones externas en situaciones como el momento del parto, dentro del útero, estancias largas en la incubadora o posturas muy recurrentes mientras el niño duerme entre otras. Estas deformaciones posicionales se clasifican en función de la zona de aplanamiento. Y suelen solucionarse sin intervención quirúrgica (Alcarria, 2013).

Cuando se detecta algún tipo de malformación se suele realizar una prueba TAC o TC a los bebés.

Una TC o TAC (“Tomografía computarizada”) es una prueba medica de imagen que consiste en un proceso de computarización de imágenes tomadas usando rayos X. Con esta prueba se consiguen múltiples cortes sucesivos Axiales, Sagitales y Coronales. Estos cortes se pueden juntar para formar un modelo tridimensional (Arévalo García and Troya, 1984).

Durante el escaneado por TAC, el paciente ha de permanecer inmóvil, tumbado en una cama que se mueve lentamente mientras el tubo de rayos X gira alrededor del paciente, disparando rayos X a través del cuerpo (*Tomografía Computarizada (TC)*, no date).

Los bebés normalmente no son capaces de estar quietos por lo que hay que sedarles. Según la edad del niño esta sedación se puede hacer simplemente usando fármacos orales administrados por los especialistas (*Preevid: ¿Que sedación es más segura para la realización de TAC en niños menores de 5 años?*, 2006).

Los rayos X producen radiación ionizante, la cual tiene el potencial de provocar efectos biológicos en el cuerpo humano como aumento del riesgo de cáncer, reacciones alérgicas, lesión del tejido de la piel, etc. (Arévalo García and Troya, 1984).

En los bebés los tejidos y órganos están en desarrollo y son más sensibles a los efectos de la radiación. Por lo que el radiólogo ha de ajustar algunos parámetros para controlar la dosis de radiación (Alan S. Brody; MD; Donald P. Frush; Walter Huda; PhD; Robert L. Brent; y Section on Radiology; Todas, 2007).

1.2 PROBLEMA PLANTEADO

Desde el momento en que una mujer se queda embarazada a esta se le realizan periódicamente revisiones para comprobar que el desarrollo del feto es correcto. Tras el parto, estas revisiones continúan y el recién nacido acude a revisiones pediátricas cada 2 o 3 meses.

Estas revisiones son de vital importancia ya que en ellas se miden diferentes parámetros que nos indicaran si el ritmo y la forma en que se desarrolla el bebé es adecuado o si por el contrario se da alguna anomalía. Algunos de los parámetros que se miden son el peso, la altura, prueba del talón y perímetro cefálico entre otros.

Los pediatras utilizan unas gráficas (Figura 3) y tablas donde pueden ver en función de la edad y el sexo los valores medios entre los que se debería encontrar el bebé.

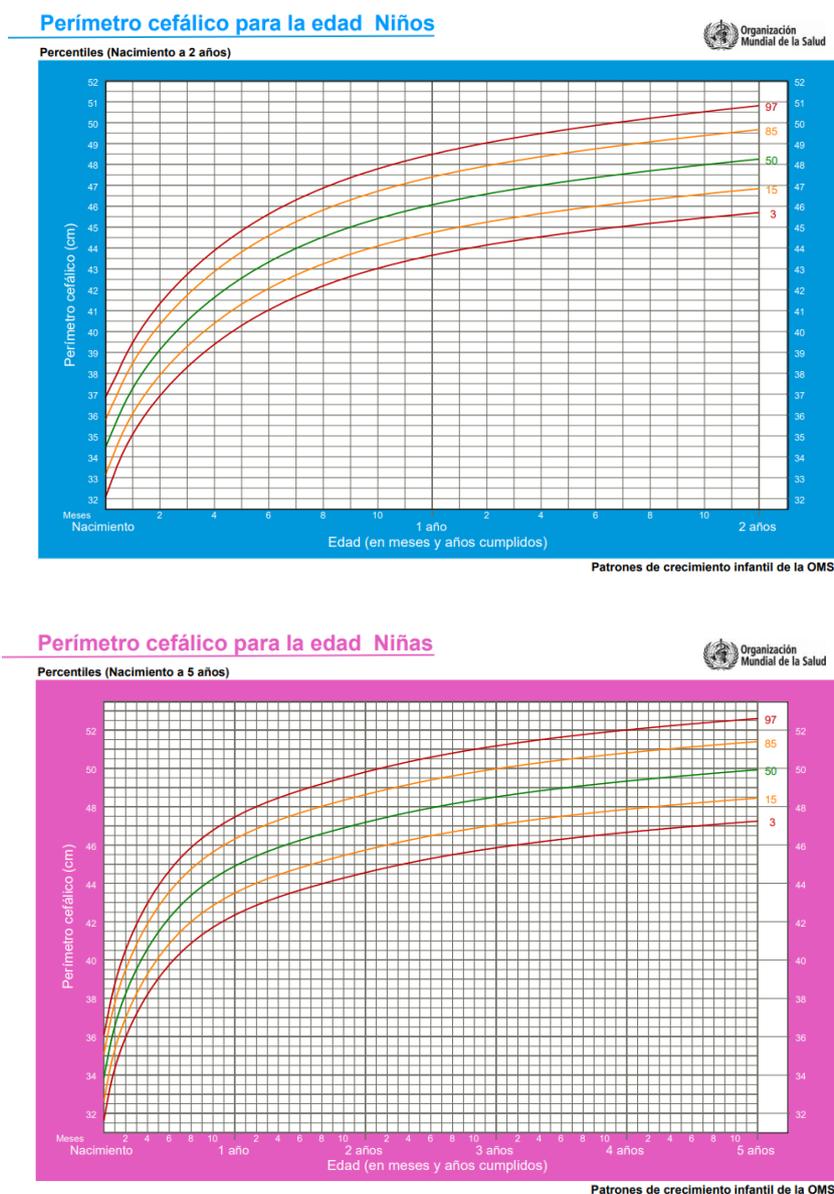


Figura 3. Gráficas del perímetro cefálico según la OMS.

En este trabajo la medida del perímetro cefálico es la que tiene especial interés ya que es cuando el pediatra detecta que la medida de esta no está entre estos valores de normalidad o que alguna de las fontanelas se ha cerrado, el bebé se deriva a la consulta de neurocirugía pediátrica para que el especialista realice un estudio más preciso y valorar la posibilidad de que esta anomalía en las medidas se dé por una malformación craneal, una microcefalia o una macrocefalia.



Figura 4. Calibre o cefalómetro.

Es en estos estudios en los que el especialista debe valorar la situación, donde encontramos que las medidas pueden ayudar a un buen diagnóstico. En la actualidad en las consultas de neurocirugía pediátrica se utilizan una cinta métrica y un calibre o cefalómetro (Figura 4) como herramientas para medir el perímetro cefálico y el cálculo de diferentes índices. Para ello se coloca la cinta métrica en la parte frontal, en la glabella (punto situado entre las cejas y por encima de la nariz) hasta la zona occipital (zona trasera donde se da el cambio de curvatura de la cabeza).

En esta fase he podido estar en consulta con el equipo de neurocirugía pediátrica en consulta y he visto la metodología empleada y los resultados que obtenían.

El problema de esta metodología es que el bebé se mueve y en función del doctor que mida y de la posición en la que coloque la cinta métrica o el calibre los valores varían considerablemente. Por ello en la mayoría de los casos en las consultas de diagnóstico se suelen confirmar las medidas con pruebas de imagen como TAC antes de hacer un diagnóstico final donde se valora la gravedad del paciente.

Pero esto deriva en otro problema, la exposición de los bebés a una alta radiación en las pruebas de imagen y la necesidad de sedar al bebé en la mayoría de los casos para evitar que se muevan mientras se realizan las pruebas. Además, las pruebas de imagen tienen un alto coste.

Como alternativa a las pruebas de imagen en las consultas de diagnóstico de malformaciones craneales o anomalías del crecimiento en los bebés se ha desarrollado la aplicación PhotoMeDAS, basada en la patente: ‘Sistema de obtención de datos útiles para el análisis de la morfología corporal y método asociado’ (Ref. P201930355). Esta aplicación se está configurando en función de las necesidades y comodidades de los doctores y enfermeros para que la puedan utilizar en consulta como herramienta de

medición precisa generando un modelo 3D del cráneo del bebé, midiendo el perímetro cefálico y calculando diferentes índices de interés.

La aplicación de PhotoMeDAS junto con un gorro codificado permite obtener modelos 3D de la cabeza del bebé de una forma fácil y económica usando un teléfono móvil y procesando los datos en un servidor, tratándose así de una prueba no invasiva (Barbero-García *et al.*, 2018).



Figura 5. Impresión 3D con gorro y pegatinas de PhotoMeDAS.

El gorro que se necesita es textil y de un material elástico para que se adapte lo mejor posible a las cabezas de los bebés. Actualmente se dispone de tres tallas diferentes para evitar huecos y que el bebé este lo más cómodo posible. El gorro tiene distribuidos por toda la superficie un total de 131 marcadores hechos con un material no elástico, para que tanto su tamaño como la distribución no cambien ya que se utilizan para escalar el modelo (Barbero-García, Lerma and Mora-Navarro, 2020). Junto al gorro se utilizan tres pegatinas que son similares a los marcadores que están en el gorro. Estas tres pegatinas se han de colocar entre los ojos y en los puntos preauriculares del lado derecho y lado izquierdo. La aplicación está diseñada para que cualquier usuario sin conocimientos fotogramétricos pueda obtener resultados, ya que se va mostrando en una imagen las zonas de las que ya se han obtenido datos y una barra de progreso con el porcentaje de datos obtenidos (Barbero-García, Lerma and Mora-Navarro, 2020).

La aplicación PhotoMeDAS una vez obtiene una medición y se procesa genera un informe avanzado, así como un mallado 3D donde los médicos pueden ver las diferentes medidas y compararlas con las que ellos han tomado en consulta.

1.3 OBJETIVO

El objetivo de este proyecto es comparar las diferentes pruebas realizadas a pacientes reales en la consulta de neurocirugía pediátrica en el Hospital Universitario y Politécnico La Fe de Valencia.

A estos pacientes se les ha realizado un TAC y en consulta una medición con PhotoMeDAS.

Lo que se pretende es comprobar si usando PhotoMeDAS en las consultas de diagnóstico se obtienen resultados que puedan hacer que se eviten las pruebas de imagen y así evitar la radiación y la sedación a las que se exponen los bebés en muchos casos, además de disminuir considerablemente los costes.

1.4 SOFTWARES Y MATERIALES

1.4.1 PhotoMeDAS (Versión 1.7)

PhotoMeDAS es una solución fotogramétrica para el análisis de la deformación craneal en bebés. Es una solución de bajo costo y poco invasivo que obtiene parámetros de deformación craneal. Esta desarrollada por GIFLE (Grupo de Investigación de Fotogrametría y Escaneo Láser) del Departamento de Ingeniería Cartográfica, Geodesia y Fotogrametría de la UPV.

- Gorro codificado
Se trata de un gorro de tela elástica que contiene un total de 131 marcadores. Los marcadores por el contrario están hechos de un material no elástico para evitar deformaciones ya que se utilizan para escalar el modelo que se genere.



Figura 6. Gorro de PhotoMeDAS.

- Pegatinas
Al paciente se le pondrán tres pegatinas una en la parte superior de la nariz, entre los ojos, y las otras dos en los puntos preauriculares derecho e izquierdo. Estos puntos se utilizan para el registro del modelo 3D en el sistema de coordenadas local dado por el eje Y como la alineación de los puntos preauriculares y el eje X con el punto frontal y el centro de los preauriculares.



Figura 7. Pegatinas de PhotoMeDAS.

- Software
PhotoMeDAS es una aplicación que da una solución novedosa y automática para la creación de modelos 3D de la cabeza de bebés. La aplicación toma imágenes y comprueba cada fotograma en búsqueda de un mínimo de 7 marcadores. Almacena las coordenadas de las cuatro esquinas de los marcadores en archivos.

Se necesitan unas 200 imágenes que cubran la totalidad del modelo para obtener una buena orientación.

Cuando toda la cabeza está correctamente cubierta, la aplicación envía los datos para procesarlos a un servidor donde se realiza la creación del modelo.

Usando diferentes algoritmos en el servidor se genera la nube de puntos y el mallado registrados en un sistema de coordenadas local establecido a partir de las pegatinas utilizadas.

También se genera un informe con diferentes medidas e índices calculados.

- Resultados

Como resultados se generan seis archivos diferentes:

- Modelo 3D con distancias de elipsoide (.PLY)

Es un modelo 3D de la cabeza medida con colores que representan distancias a un elipsoide ideal.

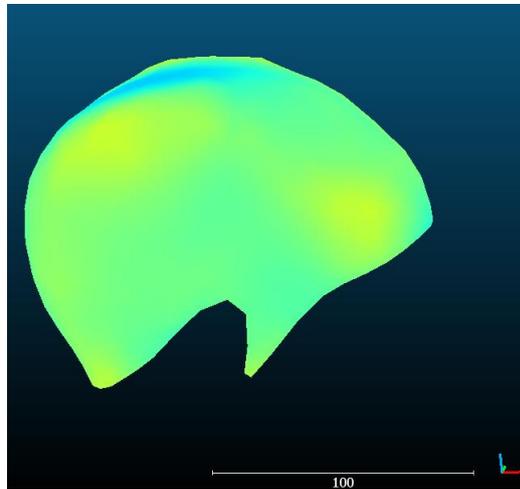


Figura 8. Modelo 3D con distancias al elipsoide de PhotoMeDAS.

- Modelo 3D final de la cabeza (.STL)

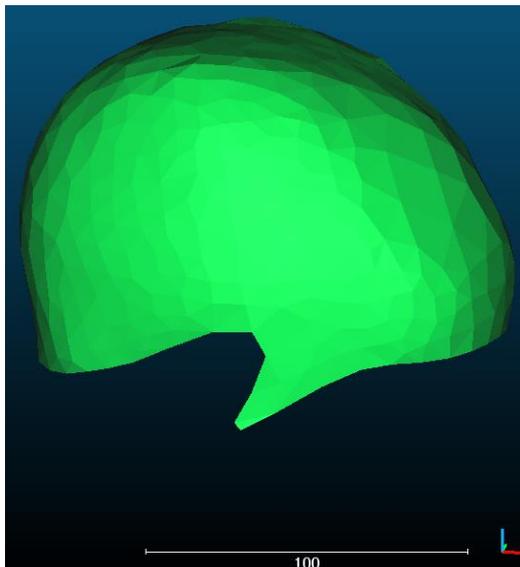


Figura 9. Modelo 3D final de la cabeza con PhotoMeDAS.

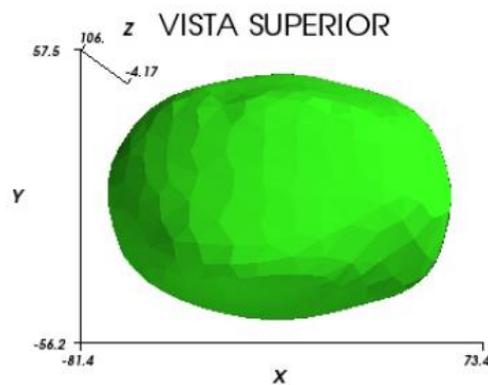
- Results (Mismo informe que “Resultados” pero en inglés)
- Extend results (Mismo informe que “Informe extendido” pero en inglés)
- Resultados

Se trata de un informe reducido creado para entregar en consulta a las familias. En él aparecen datos identificativos como el nombre de usuario, el número del informe y fecha y hora de la toma de datos.

Paciente: lailmz20201110, Informe: 1, ID de informe: 1669 Fecha: 2021-02-11 Hora: 09:32]

A continuación, se encuentra una vista 3D del modelo y las vistas ortogonales.

Modelo 3D:



Vistas ortogonales:

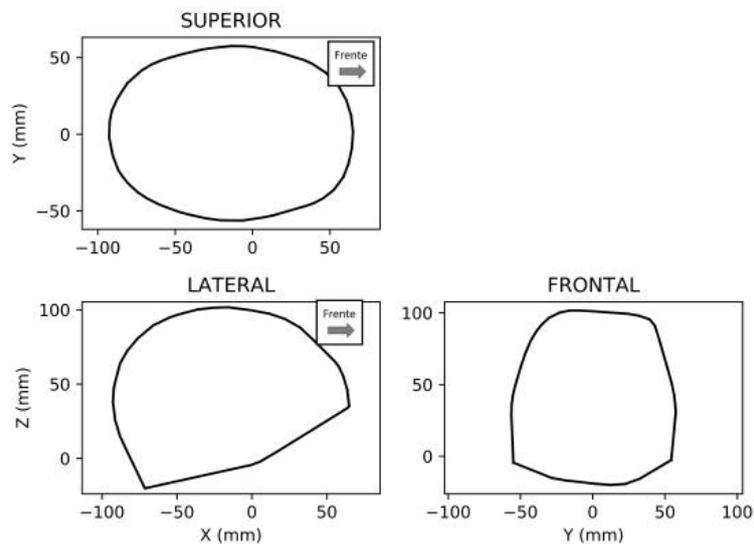


Figura 10. Página 1 del informe reducido de PhotoMeDAS.

Por último, encontramos diferentes medidas e índices, así como las gráficas en las que se sitúan los datos comparados con los valores medios para el sexo y edad del paciente.

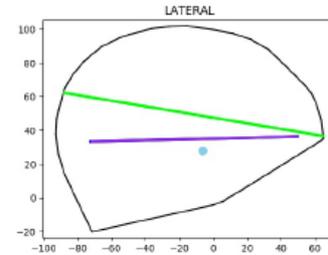
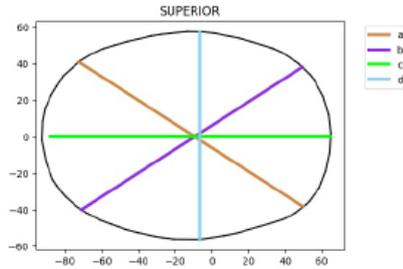
Medidas del paciente:

Perímetro craneal: 434 mm
Distancia entre puntos preauriculares: 109.5 mm
Eurion (d): 113.3 mm
Distancia máxima longitudinal (c): 150.7 mm
a: 162 mm
b: 160.1 mm
a anterior (a_a): 72.5 mm a posterior (a_p): 89.5 mm
b anterior (b_a): 72.1 mm b posterior (b_p): 88 mm

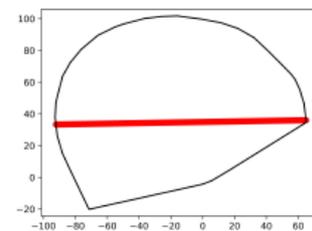
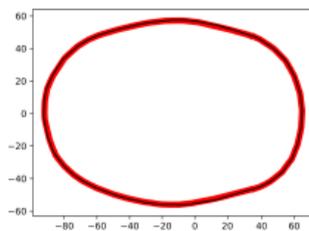
Índices:

Índice cefálico (d/c): 75%
Índice de asimetría (a-b): 2 mm
Índice diametral oblicuo ((a/b)*100): 101%
Índice de asimetría anterior (a_a-b_a): 0 mm
Índice de asimetría posterior (a_p-b_p): 2 mm

índice cefálico y asimetría:



Perímetro:



Evolución:

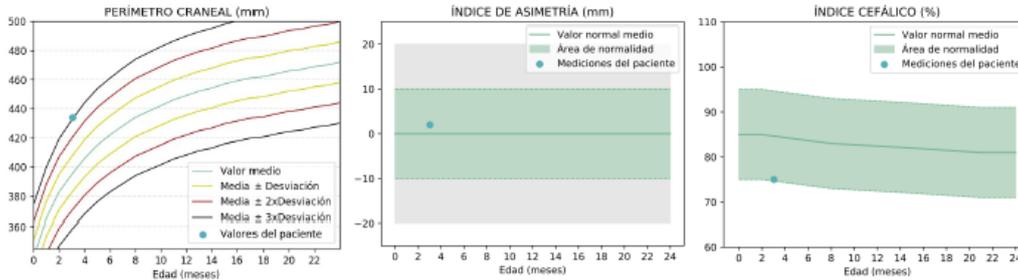


Figura 11. Página 2 del informe reducido de PhotoMeDAS.

- Informe extendido

En el informe extendido la primera página con el usuario del paciente, identificador, fecha, hora y vistas del modelo 3D son iguales que en el informe reducido.

En la segunda página se encuentran las medidas del paciente y los índices calculados, pero en este informe encontramos más datos representados como las diferentes medidas a, b, c, d, e, f, g que se utilizan para el cálculo de los índices.

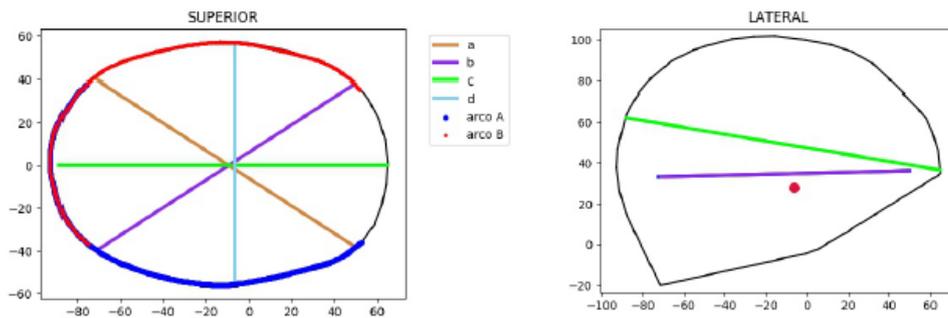
Medidas del paciente:

Volumen craneal: 691 ml
Perímetro craneal: 434 mm
Distancia entre puntos preauriculares: 109.5 mm
Eurion (d): 113.3 mm
Distancia máxima longitudinal (c): 150.7 mm
a: 162 mm
b: 160.1 mm
a anterior (a_a): 72.5 mm a posterior (a_p): 89.5 mm
b anterior (b_a): 72.1 mm b posterior (b_p): 88 mm

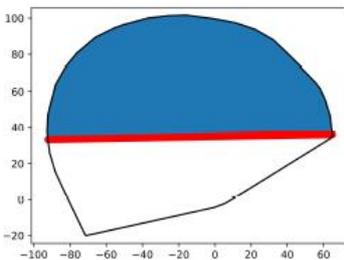
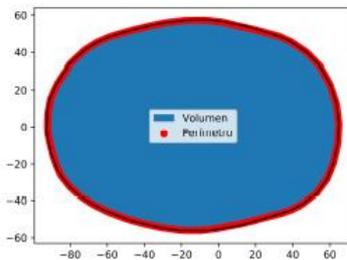
Índices:

Índice de asimetría (a-b): 2 mm
Índice de asimetría anterior (a_a-b_a): 0 mm
Índice de asimetría posterior (a_p-b_p): 2 mm
Índice diametral oblicuo ((a/b)*100): 101%
Perímetro30 (arco A - arco B): -2 mm
Índice cefálico ((d/c)*100): 75%
Índice de turricefalia ((e/f)*100): 69%
Índice metópico ((g/d)*100): 67%
Ángulo frontal: 118.7°
Global (hemisferio der. menos izq.): -1.8 mm

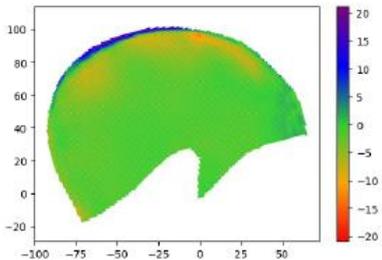
Índice cefálico y asimetría:



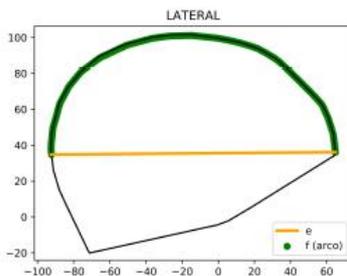
Perímetro y volumen:



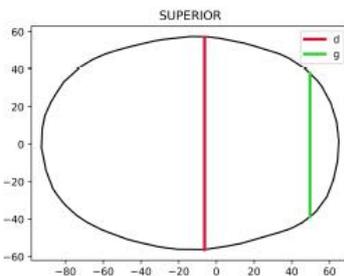
Global:



Índice de turricefalia:



Índice metópico:



Ángulo frontal:

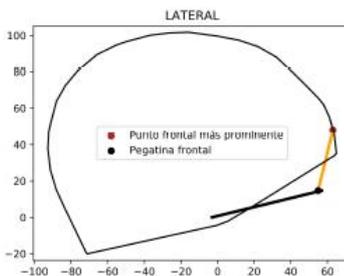


Figura 12. Página 2 del informe avanzado de PhotoMeDAS

A continuación, se encuentra la representación del modelo 3D coloreado haciendo comparativa con las medidas de un elipsoide ideal.

Distancias al elipsoide ideal:

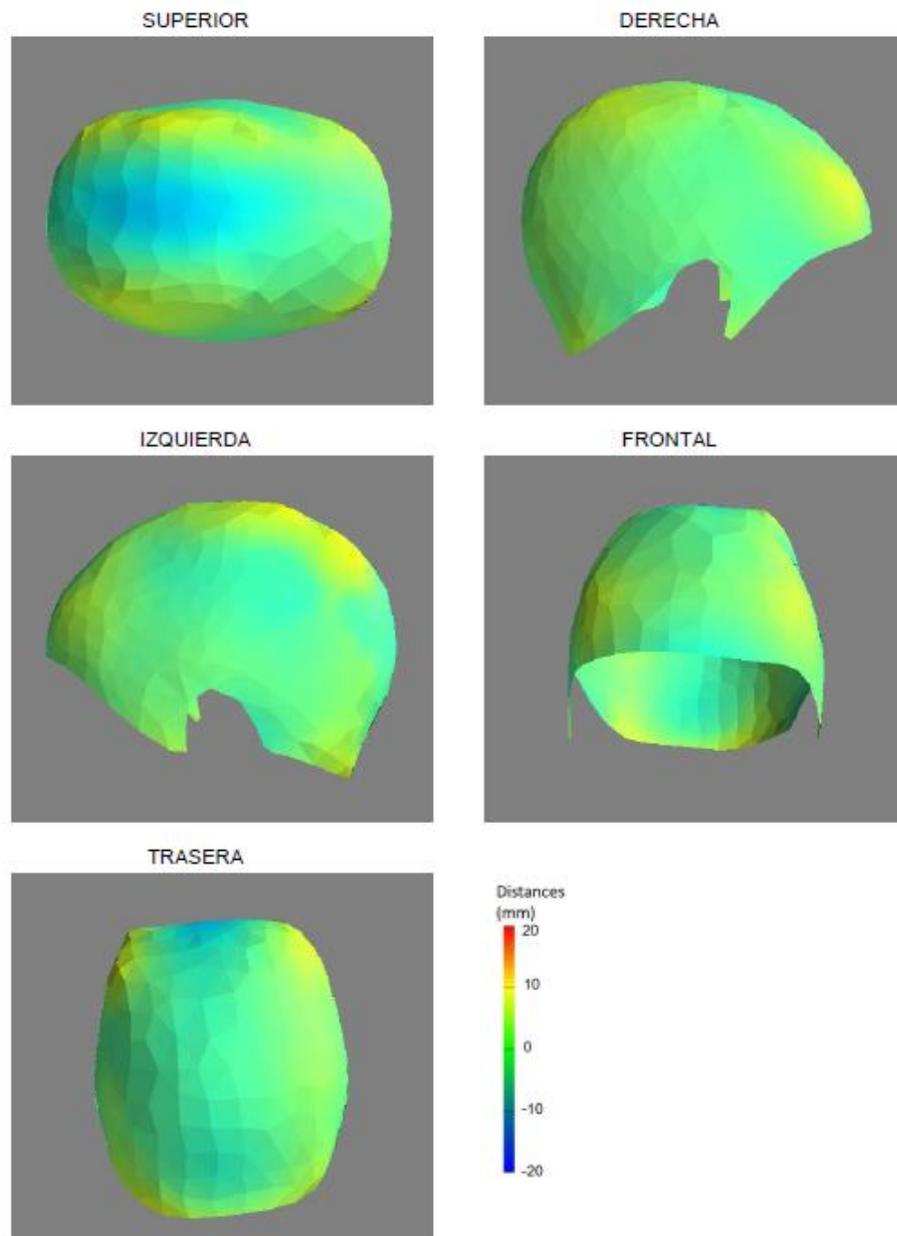


Figura 13. Página 3 del informe avanzado de PhotoMeDAS.

Y por último se muestran unas gráficas con los datos del paciente y los valores medios para la edad y sexo. Además, si al usuario se le hace un seguimiento con la aplicación en estas gráficas aparecería la evolución.

Evolución:

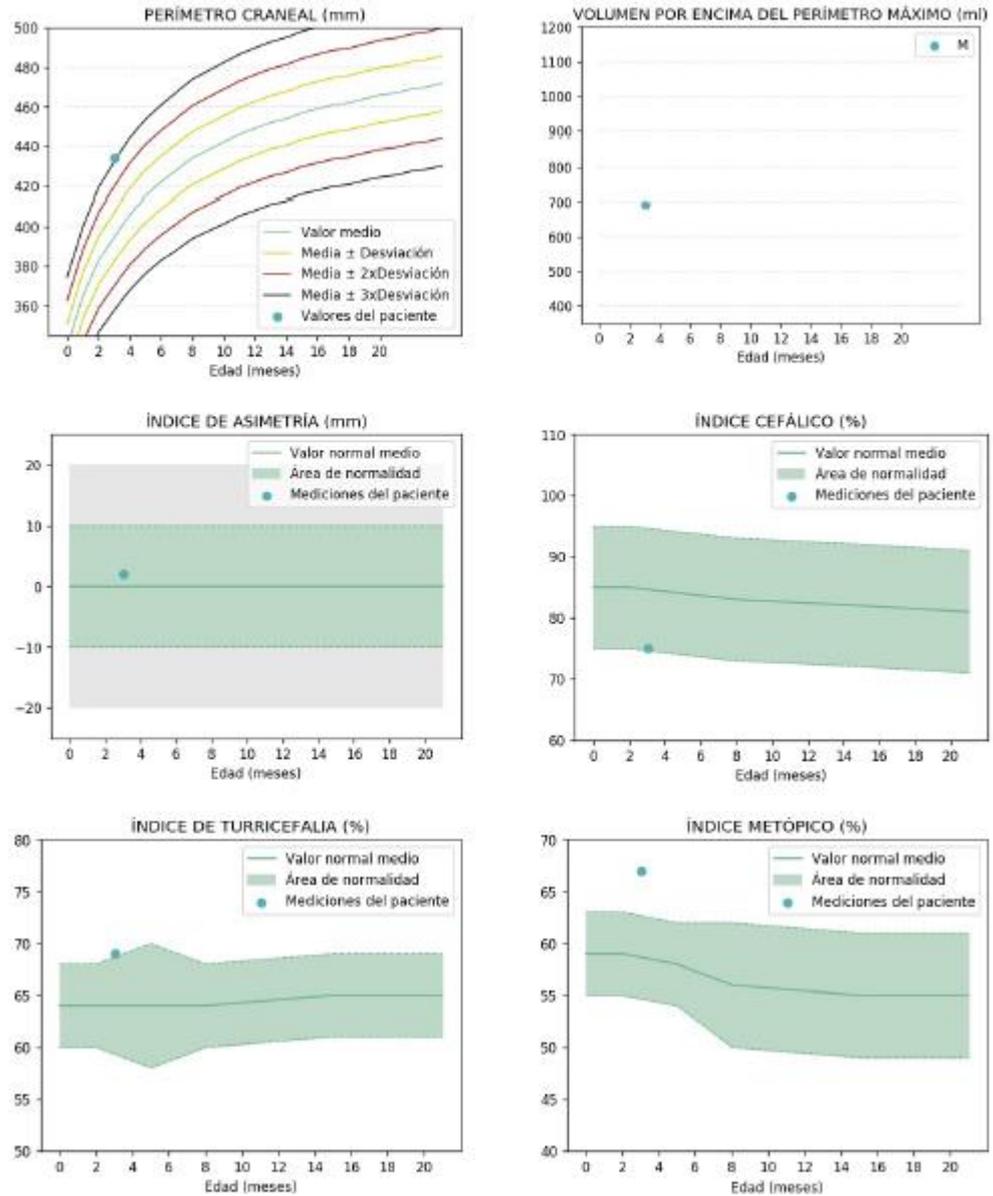


Figura 14. Página 4 del informe de PhotoMeDAS.

1.4.2 InVesalius (Versión 3.1)



Figura 15. Logo de InVesalius.

Es un software de código abierto para la reconstrucción de imágenes de resonancia magnética y tomografía computarizada. Entre las diversas herramientas avanzadas cuenta con la de visualización y generación de modelos 3D.

Este software aparte de generar modelos 3D, permite realizar medidas en los diferentes cortes que componen el TAC.

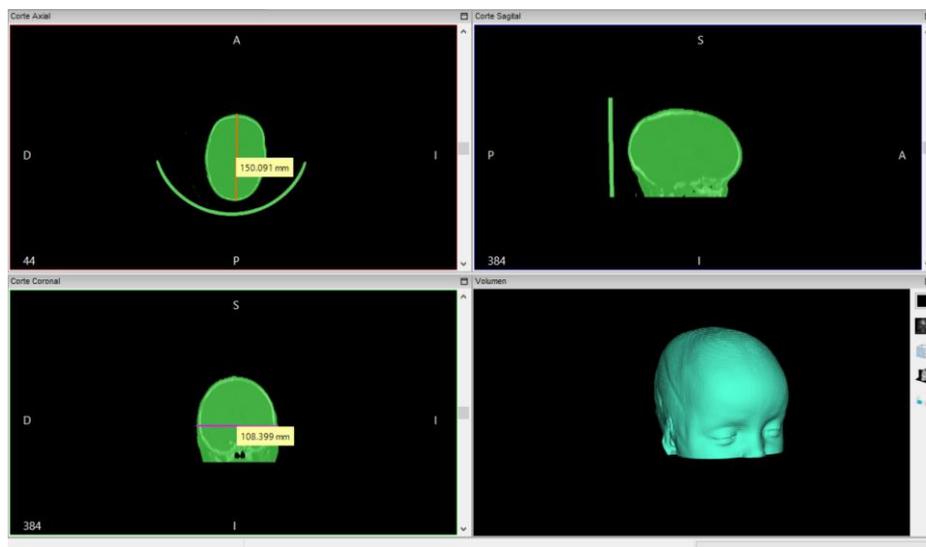


Figura 16. Visualización del software de InVesalius.

1.4.3 CloudCompare (Versión 2.12)



Figura 17. Logo de CloudCompare.

Se trata de un software libre de edición y procesamiento de nubes de puntos 3D. Fue originalmente diseñado para realizar comparaciones directas entre nubes densas de puntos.

Con este software he podido generar secciones de los modelos 3D para medir diferentes parámetros además de calcular las distancias medias y las desviaciones estándar entre el modelo obtenido con PhotoMeDAS y con TAC.

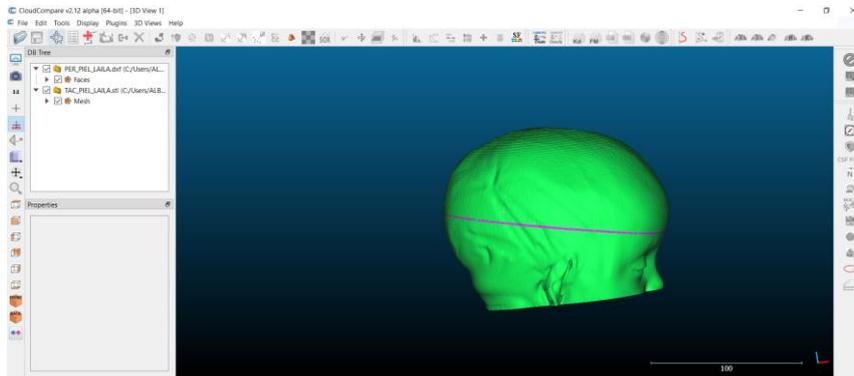


Figura 18. Visualización del software de CloudCompare.

1.4.4 QGIS (Versión 3.16.10)



Figura 19. Logo QGIS.

QGIS es un Sistema de Información Geográfica de software libre y de código abierto.

En este proyecto se utiliza como herramienta para producir y medir datos en formatos .SHP.

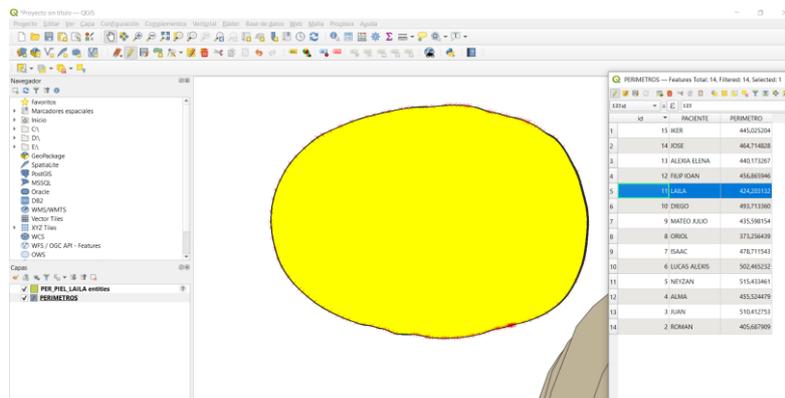


Figura 20. Visualización del software QGIS.

1.4.5 ARTEC ESTUDIO 3D (Versión 15.1.2.60)



Figura 21. Logo Artec estudio 3D.

Artec Estudio 3D es un software de pago para la edición de datos 3D.

En mi caso he usado una licencia de prueba de 30 días y lo he utilizado para cerrar agujeros del mallado de algunos modelos 3D y para el cálculo de volúmenes en estos.

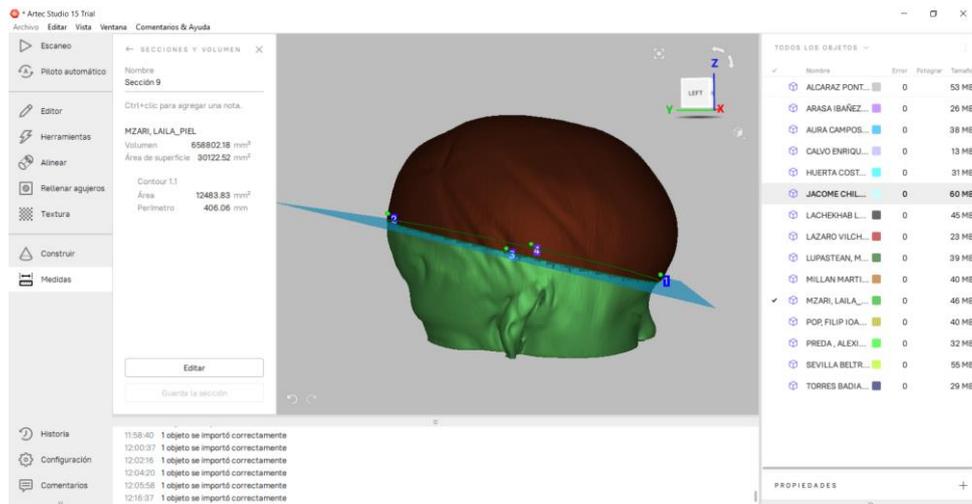


Figura 22. Visualización del software de Artec estudio 3D.

1.4.6 PSPP (Versión 1.4.1)



Figura 23. Logo PSPP.

PSPP es un software libre para el análisis de datos y generación de estadísticas.

1.4.7 Otros

Para realizar calculo y organizar los datos se ha utilizado Excel.

Para introducir los datos y modificarlos en formato .CSV he utilizado Wordpad.

Para redactar y visualizar documentos se ha utilizado Word y Adobe Acrobat.

Y para citación de documentos y creación de referencias bibliográficas se ha utilizado Mendeley.

1.5 TOMA DE DATOS

1.5.1 OBTENCIÓN DE MODELOS 3D

Lo primero que hice para empezar con la toma de datos fue usar una impresión 3D de un paciente para aprender a usar la aplicación y coger soltura antes de medir a pacientes reales en consulta.

Para la toma de datos de pacientes reales para desarrollar el proyecto se contactó con el Dr. Pablo Miranda Llorent como jefe de Neurocirugía Pediátrica del Hospital Universitario y Politécnico La Fe y decidió organizar los jueves una consulta de diagnóstico con diferentes pacientes derivados de otros centros médicos que tuviesen o se les fuese a realizar recientemente una prueba de imagen TAC.

En total la toma de datos se ha llevado a cabo en 14 jueves en consulta, una media de 5 horas diarias ya que no todos los pacientes tenían consulta en horarios seguidos.

En estas consultas se midió con PhotoMeDAS a un total de 39 pacientes de los cuales se utilizarán un total de 15 para el estudio. Algunos de los pacientes medidos han sido descartados por motivos como complicaciones para la obtención de las pruebas de imagen, amplia diferencia entre las fechas de realización de la toma fotogramétrica y la prueba TAC o tratarse de pacientes de más edad que fueron medidos como práctica.

De cada medida con PhotoMeDAS se ha obtenido un informe simplificado que se facilita a las familias, un informe avanzado que usan los doctores para analizar los datos y corroborar sus diagnósticos y el modelo 3D en formatos .PLY y .STL.

Por otro lado, están las pruebas TAC facilitadas por el equipo médico en formato DICOM (Digital Imaging and COmmunications in Medicine). Para el tratamiento y análisis de estas he usado el software libre de InVesalius el cual me permitía visualizar las imágenes y generar modelos 3D.

Este software me permite generar modelos 3D de los diferentes tejidos de interés, en mi caso he generado un modelo 3D del hueso y otro de la piel externa que recubre el cráneo. He decidido obtener datos de los dos tejidos ya que la piel es el tejido más externo que podemos obtener y es lo que se mide aproximadamente tanto con la cintra métrica como con la aplicación de PhotoMeDAS. Y el de hueso porque es la superficie en la que se dan las malformaciones craneales.

Tabla 1. Listado de pacientes con las fechas de medición, TAC y nacimiento.

PACIENTE	SEXO	USUARIO	FECHA DE NACIMIENTO	FECHA DE MEDICIÓN	FECHA DEL TAC	DIFERENCIA MED-TAC (DIAS)	EDAD EN LA MEDICIÓN (MESES)
1	MASCULINO	maalpo20200812	12/08/2020	08/04/2021	18/02/2021	49	6
2	MASCULINO	roarib20201112	12/11/2020	11/02/2021	11/02/2021	0	2
3	MASCULINO	juauca20170714	14/07/2017	18/02/2021	19/02/2021	1	43
4	FEMENINO	alcaen20201016	16/10/2020	29/04/2021	10/05/2021	11	6
5	MASCULINO	nehuco20190618	18/06/2019	18/02/2021	11/12/2020	69	17
6	MASCULINO	lualex20181005	05/10/2018	18/02/2021	23/01/2021	26	27
7	MASCULINO	islale20190118	18/01/2019	25/03/2021	02/03/2021	23	25
8	MASCULINO	orlavi20210329	29/03/2021	22/04/2021	07/05/2021	15	1
9	MASCULINO	malulu20200705	05/07/2020	17/12/2020	28/12/2020	11	5
10	MASCULINO	dimima20200127	27/01/2020	14/01/2021	21/12/2020	24	10
11	FEMENINO	lailmz20201110	10/11/2020	11/02/2021	11/02/2021	0	3
12	MASCULINO	fipopo20200925	25/09/2020	22/04/2021	07/05/2021	15	7
13	FEMENINO	elprpr20200718	18/07/2020	11/03/2021	29/03/2021	18	8
14	MASCULINO	josebe20200928	28/09/2020	14/01/2021	22/12/2020	23	2
15	MASCULINO	iktola20201017	17/10/2020	11/03/2021	25/01/2021	45	3

1.5.2 OBTENCIÓN DE DATOS PARA EL ANÁLISIS

Una vez dispongo de los modelos 3D de los pacientes, tanto obtenidos con PhotoMeDAS como los de hueso y piel obtenidos a partir de la prueba TAC, he calculado los diferentes índices de interés.

Para el cálculo de los índices se necesitan unas medidas previas que son las siguientes:

- a. Diagonal con inicio en la parte derecha frontal del cráneo.
- b. Diagonal con inicio en la parte izquierda frontal del cráneo.
- c. Distancia máxima longitudinal.
- d. Distancia máxima transversal (Eurion).
- e. Distancia recta entre la glabella y la zona occipital.
- f. Arco superior entre la glabella y la zona occipital.
- g. Distancia entre puntos extremos de la frente.

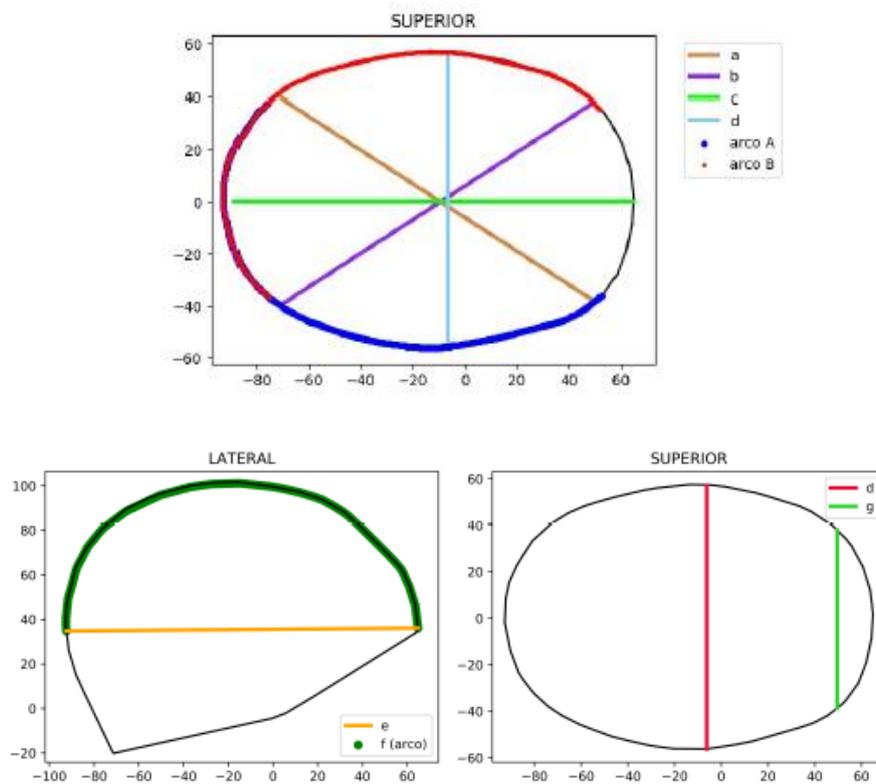


Figura 24. Representación de los parámetros a,b,c,d,e,f,g.

Con estas medidas ya se pueden calcular los índices de interés que son los siguientes:

- Índice de asimetría. (mm)

$$IA = a - b \quad (1)$$

- Índice diametral oblicuo. (%)

$$IDO = \frac{a}{b} * 100 \quad (2)$$

- Índice cefálico. (%)

$$IDO = \frac{c}{d} * 100 \quad (3)$$

- Índice de turricefalia. (%)

$$IDO = \frac{c}{d} * 100 \quad (4)$$

- Índice metópico. (%)

$$IDO = \frac{c}{d} * 100 \quad (5)$$

Para el análisis voy a utilizar los datos de los índices y no directamente las medidas ya que la evolución y crecimiento de los bebés es muy rápida, y aunque las pruebas son recientes en las medidas se aprecian variaciones significativas, mientras que los índices muestran la tendencia que sigue el desarrollo del cráneo del bebé, es decir, si el bebé tiene una malformación concreta, esta crecerá proporcionalmente con él. Por lo tanto, las medidas serían diferentes pero el índice sería muy similar ya que nos mostrará el tipo de malformación que encontramos en el paciente.

Además de los diferentes índices también he medido el volumen y el perímetro de la cabeza. Ya que también son datos de interés para detectar si el crecimiento de la cabeza es proporcionado a la edad.

El perímetro se mide rodeando la cabeza, pasando por la glabella y por el punto de cambio de curvatura que se da en la zona occipital. Este perímetro será máximo.

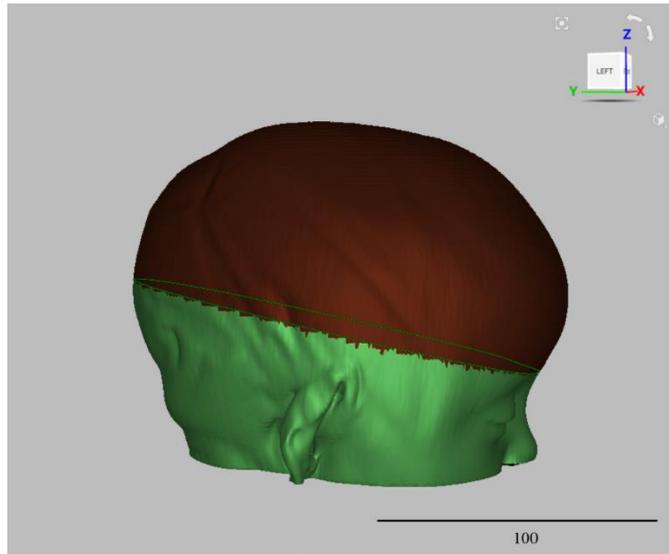


Figura 25. Representación de la línea que define el perímetro y de la superficie del volumen.

El volumen lo medimos desde la línea que hemos definido como perímetro hacia la parte superior.

Todos estos datos se encuentran en el informe extendido que genera PhotoMeDAS y para medirlos sobre el TAC he usado los softwares de InVesalius, QGIS y Artec Estudio 3D.

2 METODOLOGÍA

A continuación, voy a detallar cual ha sido la metodología de trabajo e iré poniendo ejemplos con imágenes donde se ve el proceso usando los datos de la paciente 11, lailmz20201110.

2.1 CONSULTA

Para empezar, hice una recolección de datos de diferentes pacientes. Para ello me coordiné con el equipo de neurocirugía pediátrica para saber qué días habría pacientes de interés para el estudio y que además tuviesen una prueba TAC reciente o que estuviese programada.

En consulta utilizando PhotoMeDAS he medido a los 15 pacientes usados a lo largo del estudio. Primero se informaba a las familias de que se trataba de una prueba no invasiva realizada simplemente usando un gorro, tres pegatinas y un móvil.

Para mantener el anonimato de los pacientes en la aplicación se registran con las iniciales del nombre y apellido, y la fecha de nacimiento. También se indica el sexo y la nacionalidad.

Una vez registrado el usuario y con el consentimiento de las familias se coloca el gorro y las pegatinas correctamente. El gorro ha de estar centrado y tiene que cubrir la mayor superficie posible.

Las pegatinas han de estar correctamente colocadas en el entrecejo y en los puntos preauriculares.

Una vez colocado perfectamente empezamos la toma. En la parte inferior izquierda de la aplicación, se puede ir viendo en color verde las partes de la cabeza del paciente que la aplicación ya ha captado información.

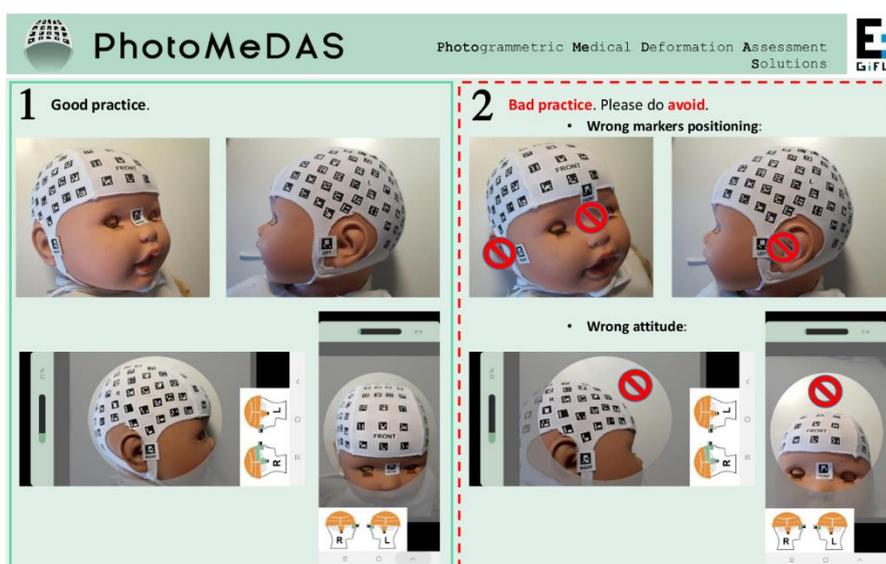


Figura 26. Indicaciones de PhotoMeDAS de como colocar el gorro, las pegatinas y paciente en la pantalla.

Para medir hay que tener centrado en la pantalla toda la superficie visible del gorro. Para ayudar en la pantalla hay un círculo donde se deben visualizar el máximo número de códigos posibles.

También hay que tener en cuenta que las tomas estén aproximadamente hechas desde la misma distancia a la cabeza del bebé, para facilitar un correcto escalado.

Para medir se empieza por la parte frontal para captar en primer lugar las tres pegatinas que hemos colocado y que se usan para referenciar el modelo.

Una vez registradas las pegatinas, normalmente la toma se divide en tres pasadas rodeando la cabeza. Siempre hay que tener en cuenta de que se trata de bebés, por lo tanto, se van a mover, así que intentaremos adaptar nuestras pasadas a sus movimientos. Las pasadas suelen ser: una por la parte más baja de la cabeza, otra por la parte central y una última por la parte superior.

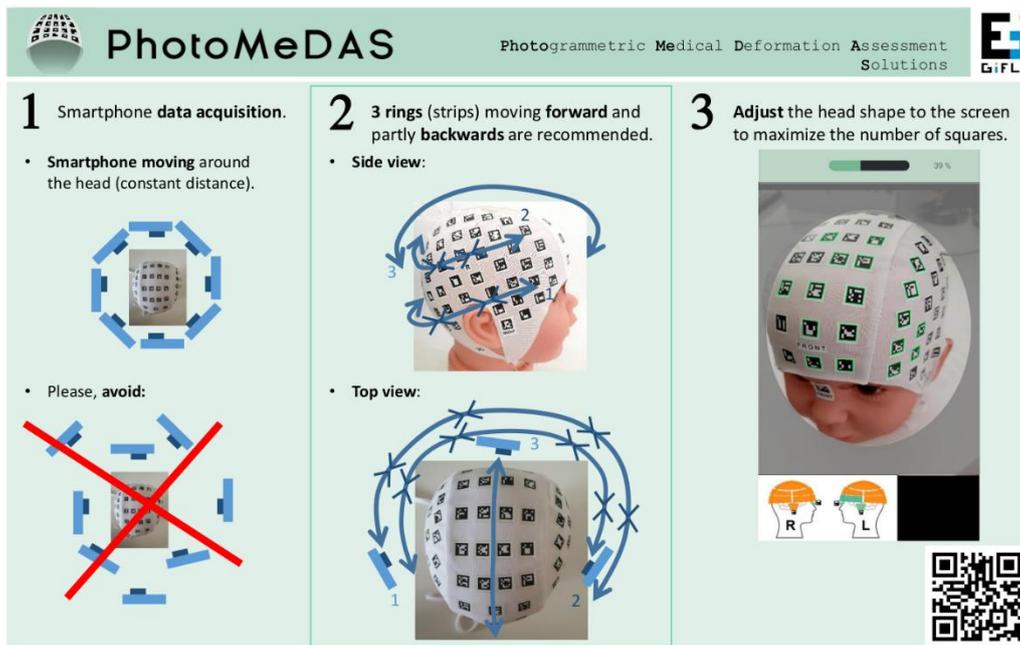


Figura 27. Instrucciones de PhotoMeDAS para la adquisición de datos.

Cuando la aplicación tenga registrados suficientes datos se enviarán al servidor para empezar a procesarlos. Una vez procesados el software nos facilitara los diferentes informes y modelos 3D resultantes en la página web de Photomedas.eu.

Una vez obtenido un resultado con la aplicación móvil se imprimen los informes. En ocasiones debido al movimiento del bebé había que realizar varias tomas para obtener resultados ya que la aplicación está programada para realizar la toma en un tiempo determinado.

Con el informe simplificado el doctor hace una interpretación de los gráficos y datos que aparecen y explica la situación en la que se encuentra el paciente a los familiares.

Por otro lado, el doctor dispone de un informe extendido donde analizar el resto de valores y una vez disponga de un TAC realizará un diagnóstico claro y decidirá en función de la gravedad el tratamiento a seguir.

Después de cada consulta he realizado un listado con el nombre completo de cada paciente y algunas anotaciones para facilitar la búsqueda de los TAC a los doctores, que lo más pronto posible me los han enviado.

2.2 TRATAMIENTO DE LOS TAC

Una vez dispongo del TAC utilizando el software de InVesalius he generado para cada paciente un modelo 3D de la superficie de la piel y otro de la superficie de hueso.

Para poder sacar las diferentes superficies he ido analizando las diferentes vistas de las que se dispone en el TAC y de los diferentes cortes que hay, y he generado los modelos 3D de piel y hueso.

Para seleccionar los diferentes tejidos hay que ir adaptando el umbral entre el que se encuentran los tejidos de interés. Para ello he ido ajustando la barra que se encuentra a la izquierda y observando los cambios que se daban en las diferentes vistas: axial, sagital y coronal.

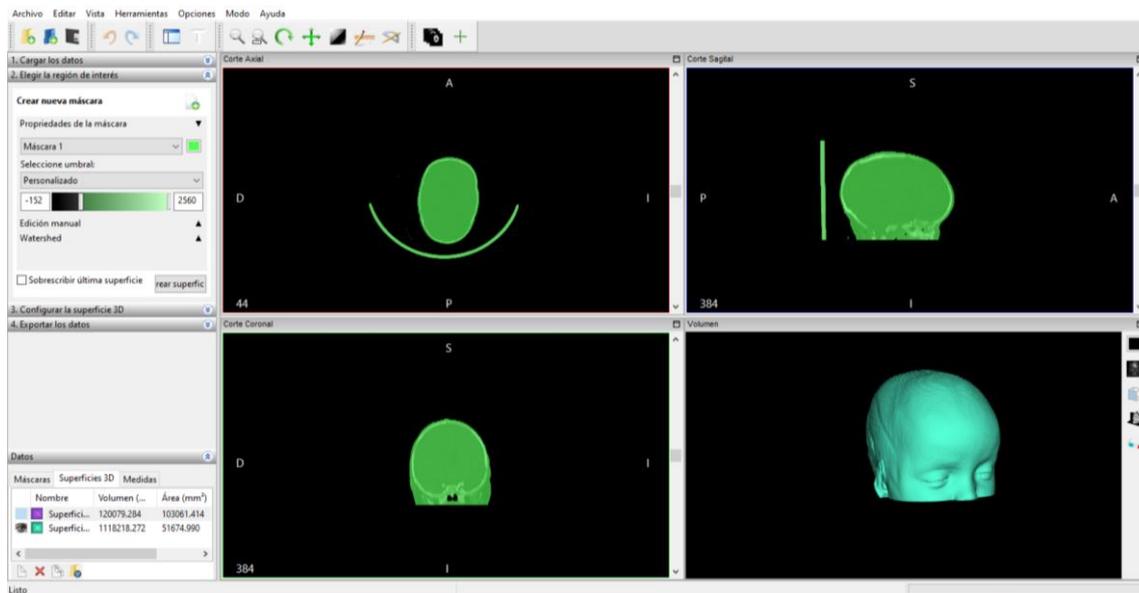


Figura 28. Definición del tejido de piel en InVesalius para la generación del modelo 3D de piel.

En alguno de los modelos para seleccionar el tejido de interés también era necesario añadir a esta superficie otros elementos que no lo eran.

En el caso que se ve en la Figura 29 podemos ver como se incluye al modelo una pieza de la camilla en la que el paciente está tumbado. Ante esta situación lo primero que he hecho es seleccionar la superficie de mayor tamaño, que en todos los casos era la de interés, ya que el software daba esta opción y es una forma sencilla de eliminar datos externos a la cabeza del bebé.

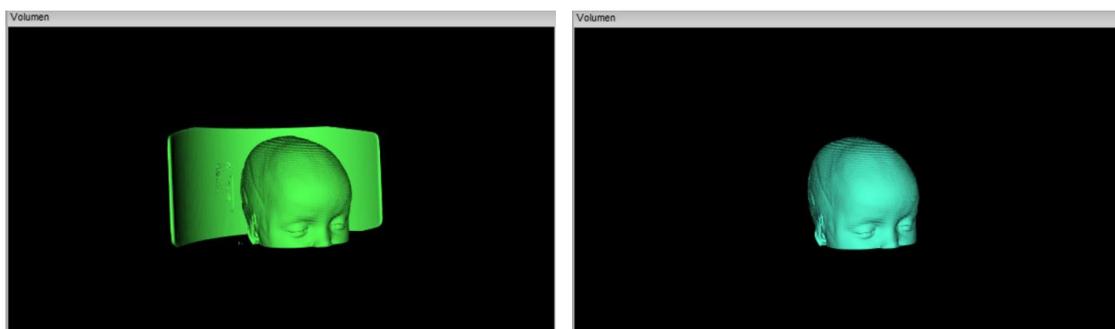


Figura 29. Resultado de generación del modelo 3D de piel y la eliminación de la zona posterior que no es de interés.

Si aun así aparecían elementos que no eran necesarios, como se ve en la Figura 30, he trabajado de dos formas. Si los elementos que se habían añadido se encontraban por encima de la superficie de interés los he eliminado usando CloudCompare ya que cuando se comparasen con otras nubes estos darían problemas.

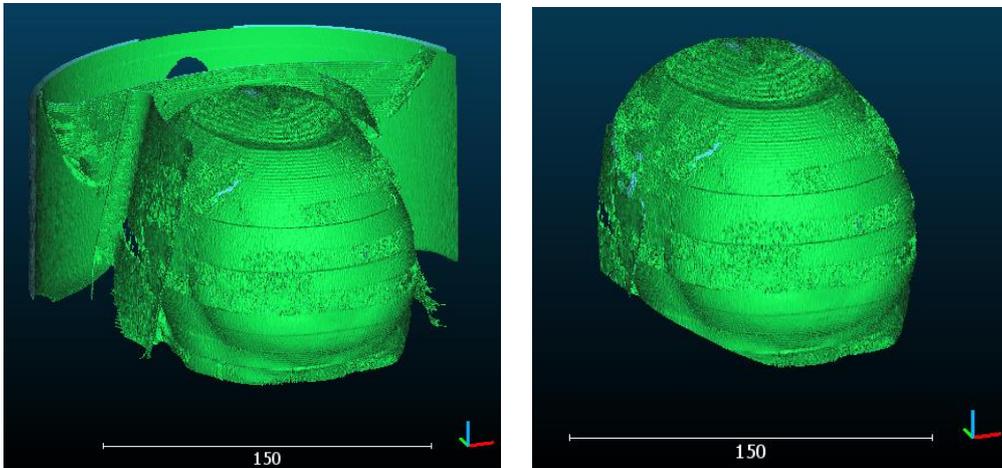


Figura 30. Visualización de CloudCompare de un modelo antes y después de eliminar zonas que no son de interés.

Por otro lado, si los elementos se encontraban por debajo de la superficie de interés no es necesario eliminarlos ya que se trata de elementos internos de la cabeza, y a la hora de comparar superficies no van a verse involucrados.

2.3 REFERENCIACIÓN DE LOS MODELOS

Una vez obtenidas las diferentes superficies hay que referenciarlas todas a un mismo sistema de coordenadas. En mi caso he tomado como sistema de referencia el de los modelos obtenidos con PhotoMeDAS ya que las pegatinas que se colocaban al bebé definían los ejes de referencia X e Y, como se ha explicado anteriormente.

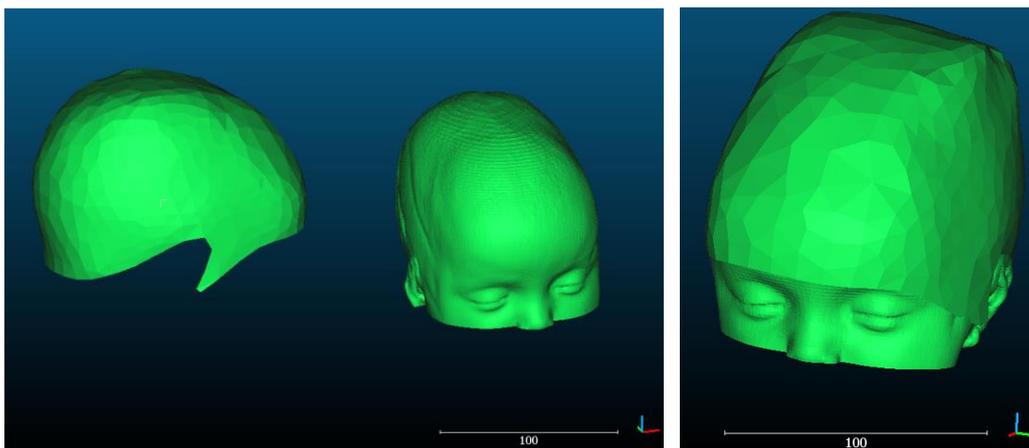


Figura 31. Visualización de CloudCompare antes (izquierda) y después (derecha) de referenciar los modelos a un sistema de referencia común.

Para cambiar el sistema de referencia de las superficies he utilizado el software CloudCompare. Este software dispone de las herramientas de traslación y rotación que permiten desplazar y rotar los modelos para cambiar el sistema de referencia de forma manual y sencilla.

2.4 TRANSFORMACIÓN DE MALLA A NUBE DE PUNTOS

Una vez las superficies tienen el mismo sistema de referencia hemos de convertir una de las dos en nube de puntos ya que este software de CloudCompare solo deja comparar y dar resultados de distancias entre nube de puntos y mallas.

He decidido que la superficie que se ha de convertir en nube de puntos sea la obtenida con PhotoMeDAS ya que esta se basa en puntos tomados de las marcas del gorro y es conocida su distribución además de homogénea.

2.5 MEDIDA DE DISTANCIA ENTRE MODELOS

Lo siguiente es comparar la nube de puntos obtenida a partir de PhotoMeDAS con la malla obtenida de los TAC. Para ello CloudCompare tiene herramientas que comparan las distancias tanto entre nubes de puntos como entre nubes de puntos y malla.

Cuando realizamos esta comparación los puntos de la nube se colorearán según la distancia a la malla y visualizando la escala de color conocemos los valores de la distancia a los que se encuentra cada punto de la malla.

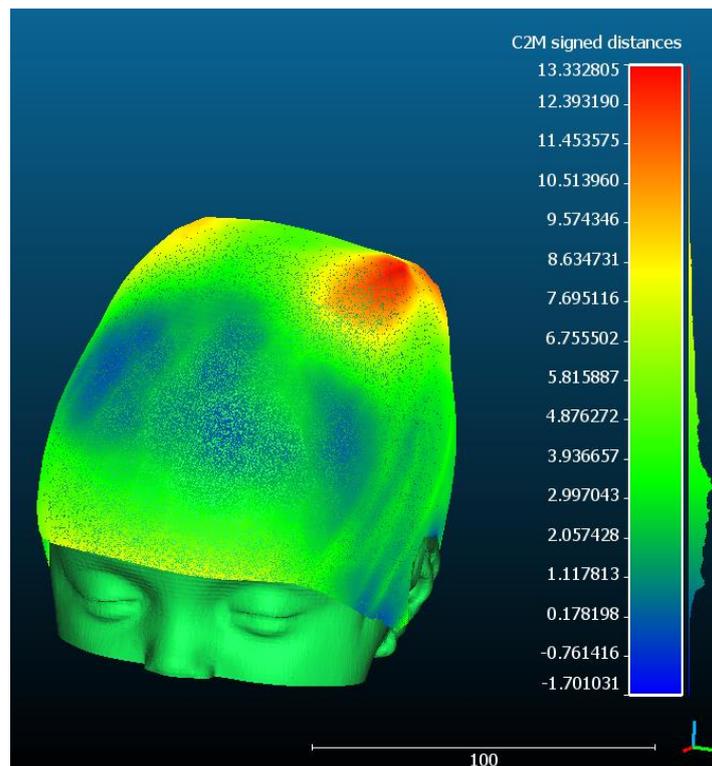


Figura 32. Visualización del cálculo de distancias en CloudCompare.

CloudCompare también nos muestra en la ventana de consola donde se ejecutan los comandos, cual es la media y la desviación típica de la distancia entre la nube y la malla introducidas, que más tarde analizaré.

2.6 OBTENCIÓN DE MEDIDAS

Como se ha explicado anteriormente, para poder realizar un análisis numérico y las estadísticas de los datos se necesitan medir unos parámetros con los que se calcularán los índices. También he medido el perímetro y el volumen como valores de interés en consulta médica.

2.6.1 MEDICIÓN DEL PERÍMETRO

Lo primero de todo es recordar que el perímetro que se ha medido es máximo y que se trata de la línea que rodea la cabeza del bebé pasando por la glabella y por el punto de cambio de curvatura que se da en la zona occipital.

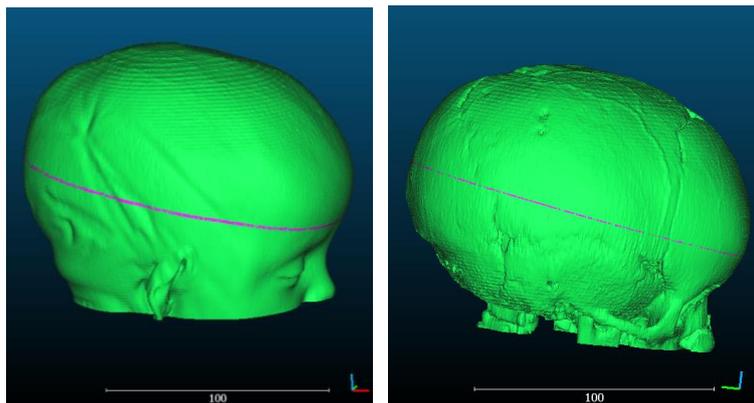


Figura 33. Visualización de modelos con la línea que define el perímetro.

Para ello he utilizado el software de CloudCompare sacando secciones lo más finas posibles pasando por esta línea. Para ello he usado la herramienta de Cross Section y como resultado se obtienen secciones como las coloreadas en rosa en la Figura 33.

Una vez tengo las secciones las he introducido en QGIS ya que es un software que permite medir perímetros con facilidad.

Lo primero de todo en QGIS es indicar que en nuestro caso queremos que el sistema de referencia sea uno cartesiano para que las medidas y la escala de las secciones se mantenga; y no un sistema geodésico de coordenadas geográficas como se suele indicar cuando estamos haciendo trabajos de SIG como tal.

Una vez el sistema de coordenadas y las secciones están cargadas, lo que he hecho es crear una capa de tipo polígono shape para definir la superficie de las secciones, y así con la calculadora de campos en la tabla de atributos poder obtener fácilmente el perímetro.

Esta capa generada es de tipo polígono y tiene el campo identificador, paciente y perímetro.

El campo paciente es de tipo Text data y el campo perímetro es de tipo Decimal number.

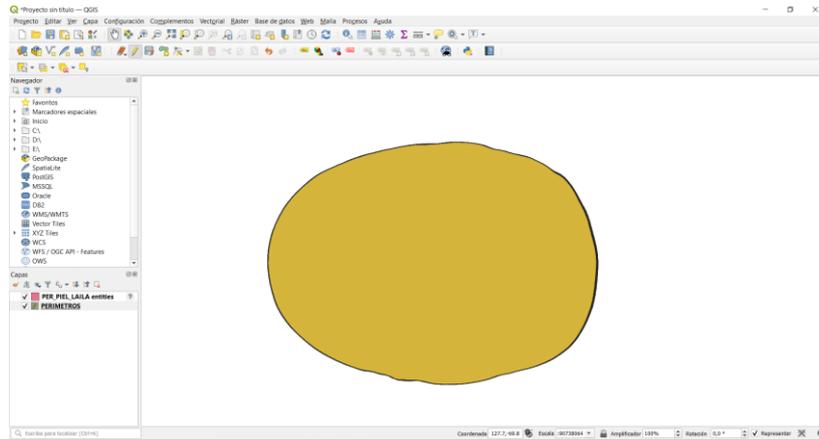


Figura 34. Visualización de QGIS con la sección y el polígono generado para definir la línea de perímetro.

id	PACIENTE	PERIMETRO
1	1 MATEO	407,717263
2	2 ROMAN	405,687909
3	3 JUAN	510,412753
4	4 ALMA	455,524479
5	5 NEYZAN	515,433461
6	6 LUCAS ALEXIS	502,465232
7	7 ISAAC	478,711543
8	8 ORIOL	373,256439
9	9 MATEO JULIO	435,598154
10	10 DIEGO	493,713360
11	11 LAILA	424,203132
12	12 FILIP IOAN	456,865946
13	13 ALEXIA ELENA	440,173267
14	14 JOSE	464,714828
15	15 IKER	445,025204

PERIMETROS — Field Calculator

Actualizar sólo 0 objetos espaciales seleccionados

Crear un campo nuevo Actualizar campo existente

Nombre del campo de salida:

Tipo del campo de salida: Número entero (entero)

Longitud del campo de salida: 10 Precisión: 3

Expresión:

Objeto espacial: 1

Previsualizar: 387,7126292635134

Aceptar Cancelar Ayuda

Figura 35. Visualización de la tabla de atributos y de la calculadora para el cálculo de perímetros.

2.6.2 MEDICIÓN DEL VOLUMEN

Para el cálculo de volúmenes he utilizado el software de Artec Estudio 3D ya que en InVesalius nos calcula el volumen, pero no nos deja concretar la zona de interés.

El volumen se calcula para la parte superior a la línea de perímetro.

Para poder calcular el volumen correctamente, primero he de cerrar todos los huecos que se den en la malla y para ello el software dispone de la herramienta de Rellenar agujeros.

Seleccionamos todos los agujeros y le damos al botón de Rellenar y automáticamente cerrara el modelo por completo, como se muestra en la Figura 36.

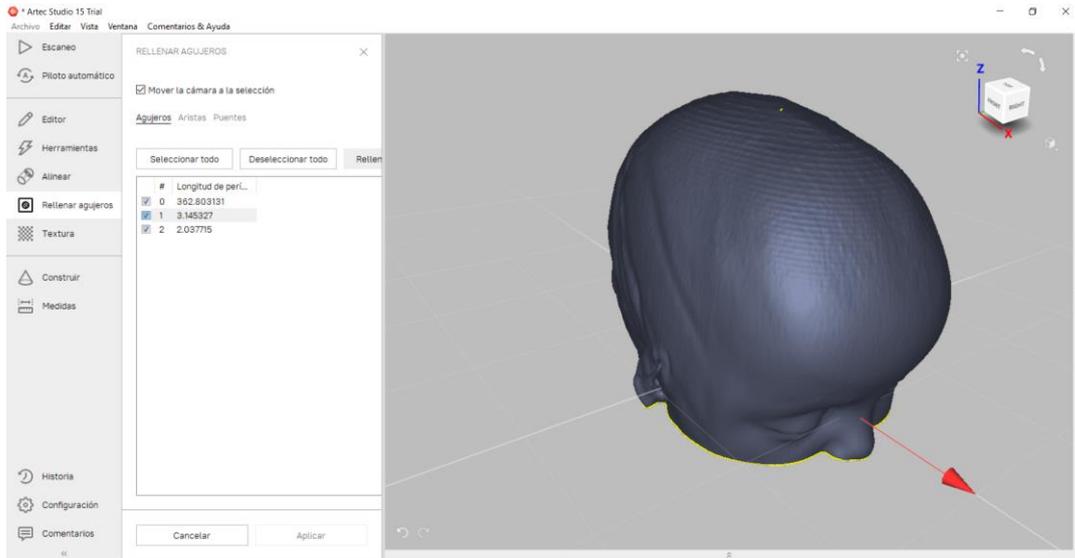


Figura 36. Visualización de la herramienta de Rellenar agujeros de Artec Estudio 3D.

Una vez el modelo es continuo, en la ventana de medidas se encuentra la opción de secciones y volúmenes. Usando esta herramienta definimos un mínimo de 3 puntos por los que queremos que se defina el plano y la dirección hacia la que queremos que se mida el volumen, en nuestro caso la superior.

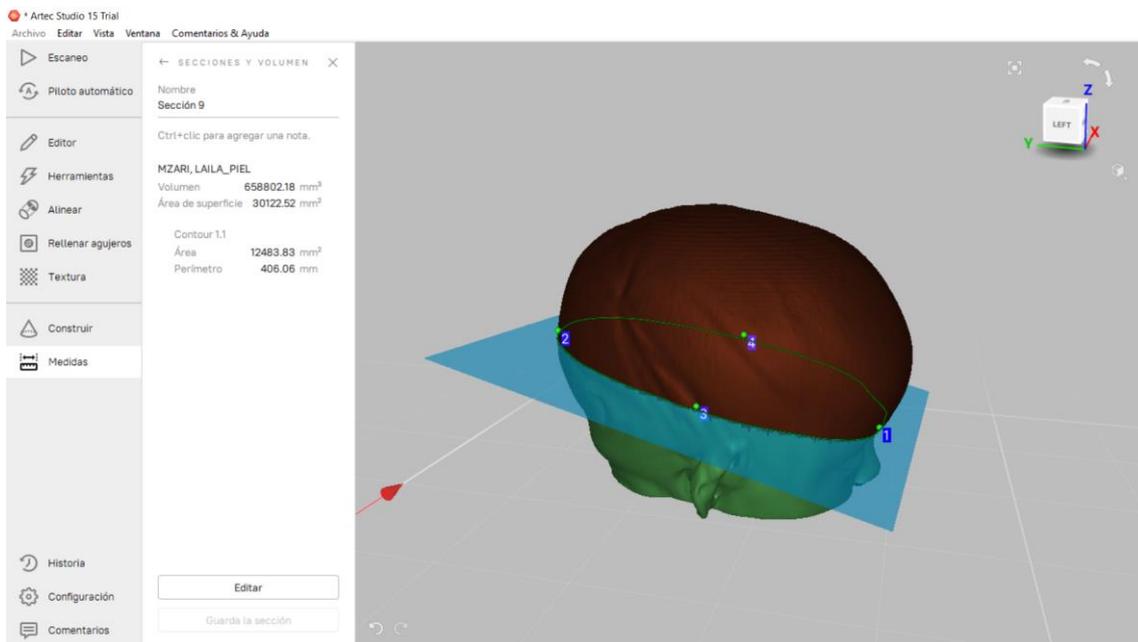


Figura 37. Visualización de la herramienta para medir volúmenes de Artec Estudio 3D.

Una vez definido el plano, dándole a calcular automáticamente nos dirá el valor del volumen en milímetros cúbicos.

En el informe de PhotoMeDAS las unidades utilizadas para el volumen son mililitros (ml) mientras que el calculado por Artec Estudio 3D es en milímetros cúbicos (mm³). Para poder comparar estos datos he pasado todos los datos a mililitros multiplicando el valor en milímetros cúbicos por 0,001.

2.6.3 MEDICIÓN DE a, b, c, d, e, f, g.

- a. Diagonal con inicio en la parte derecha frontal del cráneo.
- b. Diagonal con inicio en la parte izquierda frontal del cráneo.
- c. Distancia máxima longitudinal.
- d. Distancia máxima transversal (Eurion).
- e. Distancia recta entre la glabella y la zona occipital.
- f. Arco superior entre la glabella y la zona occipital.
- g. Distancia entre puntos extremos de la frente.

Para la medida de estos datos he utilizado InVesalius y Artec Estudio 3D.

Las medidas a,b,c,d,g las he medido directamente sobre las pruebas TAC usando la herramienta de medida de InVesalius.

Para ello he buscado los cortes que fueran máximos y he ido realizando las diferentes medidas marcando los puntos de inicio y fin de cada una de las distancias nombradas anteriormente.

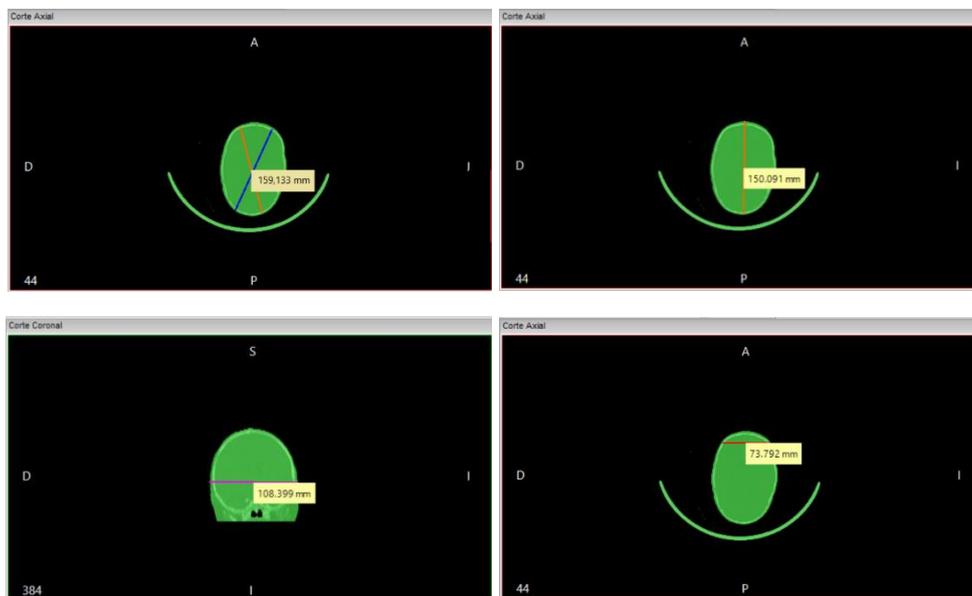


Figura 38. Visualización de las medidas a, b, c, d, g en InVesalius.

Las medidas e y f las he tomado con el software de Artec Estudio 3D sobre el modelo 3D. Para ello he definido un plano y con la herramienta de medida se obtiene la longitud de la curva que se ha dibujado en el plano que en este caso sería f.

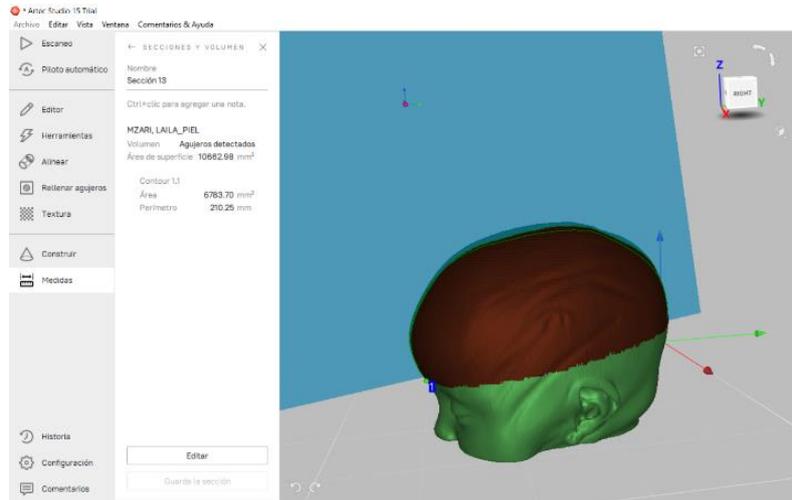


Figura 39. Visualización de la medida f en Artec Estudio 3D.

Para ello he usado la herramienta de medida lineal indicando los puntos de corte con el plano, inicio y fin de la medida f.

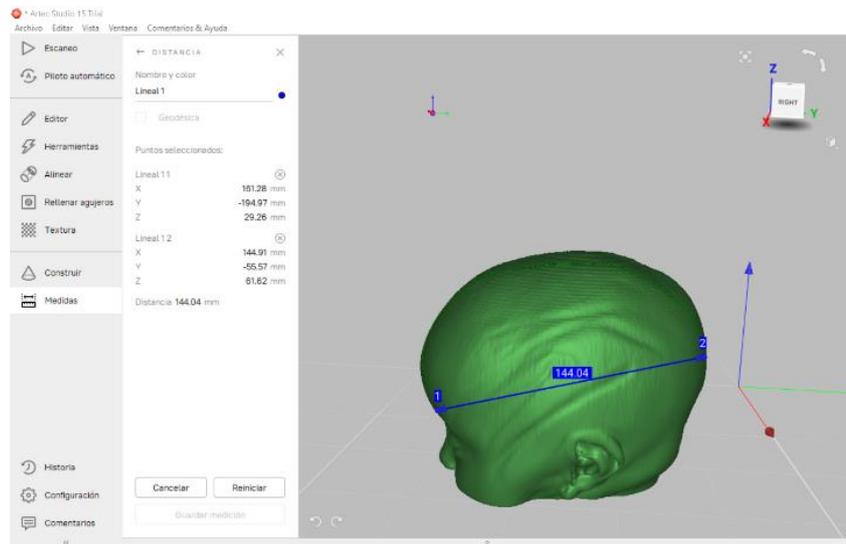


Figura 40. Visualización de la medida e en Artec Estudio 3D.

2.7 CÁLCULO DE ÍNDICES

Una vez tengo todas las medidas tomadas tanto en hueso como en piel, calculo los índices de interés. En nuestro caso como ya se ha dicho anteriormente son los siguientes:

- Índice de asimetría. (mm)
- Índice diametral oblicuo. (%)
- Índice cefálico. (%)
- Índice de turricefalia. (%)
- Índice metópico. (%)

Para calcularlos he utilizado una hoja Excel donde he ido apuntando todas las medidas y he aplicado las ecuaciones (1), (2), (3), (4), (5) explicadas anteriormente, para calcular los índices.

Por ejemplo, para la paciente 10, lailmz20201110, se han medido los siguientes valores:

$a_{\text{PhotoMeDAS}}=162 \text{ mm}$	$a_{\text{TAC_piel}}=160,89 \text{ mm}$	$a_{\text{TAC_hueso}}=153,512 \text{ mm}$
$b_{\text{PhotoMeDAS}}=160,1 \text{ mm}$	$b_{\text{TAC_piel}}=159,133 \text{ mm}$	$b_{\text{TAC_hueso}}=151,533 \text{ mm}$
$c_{\text{PhotoMeDAS}}=150,7 \text{ mm}$	$c_{\text{TAC_piel}}=150,091 \text{ mm}$	$c_{\text{TAC_hueso}}=142,195 \text{ mm}$
$d_{\text{PhotoMeDAS}}=113,3 \text{ mm}$	$d_{\text{TAC_piel}}=108,399 \text{ mm}$	$d_{\text{TAC_hueso}}=101,435 \text{ mm}$
$e_{\text{PhotoMeDAS}}=\text{NO DATO mm}$	$e_{\text{TAC_piel}}=144,04 \text{ mm}$	$e_{\text{TAC_hueso}}=139,101 \text{ mm}$
$f_{\text{PhotoMeDAS}}=\text{NO DATO mm}$	$f_{\text{TAC_piel}}=210,74 \text{ mm}$	$f_{\text{TAC_hueso}}=198,89 \text{ mm}$
$g_{\text{PhotoMeDAS}}=75,911 \text{ mm}$	$g_{\text{TAC_piel}}=73,792 \text{ mm}$	$g_{\text{TAC_hueso}}=69,337 \text{ mm}$

Las medidas e, f y g no aparecen directamente en el informe de PhotoMeDAS. La medida g se puede obtener resolviendo la ecuación del índice metópico ya que conocemos el resto de los valores y el índice que se calcula directamente en el informe.

PhotoMeDAS calcula directamente los índices cefálico, de turricefalia y metópico.

Para esta misma paciente, los resultados obtenidos en los índices son los siguientes:

Tabla 2. Índices de Asimetría, diametral oblicuo, cefálico, turricefalia y metópico del paciente 11.

ÍNDICE DE ASIMETRÍA (a-b)		
PhotoMeDAS	TAC_PIEL	TAC_HUESO
2	1,757	1,979

ÍNDICE DIAMETRAL OBLICUO ((a/b)*100)		
PhotoMeDAS	TAC_PIEL	TAC_HUESO
101	101,104108	101,305986

ÍNDICE CEFÁLICO ((d/c)*100)		
PhotoMeDAS	TAC_PIEL	TAC_HUESO
73	72,2221852	71,3351384

ÍNDICE DE TURRICEFALIA ((e/f)*100)		
PhotoMeDAS	TAC_PIEL	TAC_HUESO
69	68,3496251	69,9386596

ÍNDICE METÓPICO ((g/d)*100)		
PhotoMeDAS	TAC_PIEL	TAC_HUESO
67	68,0744287	68,3560901

2.8 ADAPTACIÓN DE DATOS DEL EXCEL A PSPP

Para el análisis estadístico he utilizado el software de PSPP. Este software al iniciarse, lo primero que pide es que indiques cuales van a ser las variables y las definas.

En mi caso he definido 4 variables para cada índice, para el volumen y para el perímetro:

Variable	Nombre	Tipo	Ancho	Decimal	Etiqueta	Etiquetas de Valor	Valores perdidos	Columnas	Alineación	Medida	Rol
1	PACIENTE	Numérico	8	0	Número de paciente	Ninguno	Ninguno	8	Derecha	Nominal	Entrada
2	USUARIO	Cadena	14	0	Usuario de PhotoMeDAS	Ninguno	Ninguno	8	Derecha	Nominal	Entrada
3	METODO	Numérico	8	0	Indica el tipo de medida	{1, PhotoMeDAS}...	Ninguno	8	Derecha	Escala	Entrada
4	IA	Numérico	8	3	Valor del índice de asimetría en mm	Ninguno	Ninguno	8	Derecha	Escala	Entrada

Figura 41. Visualización de las variables en PSPP.

Las variables generadas, como se muestra en la imagen anterior, son Paciente que hace referencia al número del paciente, Usuario que es el nombre con el que se ha registrado en PhotoMeDAS, IA que es el valor del índice de asimetría en este caso, esta variable irá cambiando en el análisis de cada índice ya que se tratan de las iniciales del índice que se analicen de tal forma que para el índice diametral oblicuo esta variable será IDO, para el índice cefálico será IC, para el índice de turricefalia será IT y para el índice metópico será IM. En el caso del perímetro y el volumen tendrá el nombre completo.

Para cargar los datos del Excel hay que modificarlos ya que yo he hecho una clasificación en columnas según si son datos medidos con PhotoMeDAS, TAC de piel o TAC de hueso.

Para ello he creado la variable Método que indica con valor 1 cuando se trata de un dato de PhotoMeDAS, 2 para TAC de piel y 3 para TAC de hueso.

De esta manera genero un .CSV de los datos poniendo en una única columna los datos de las medidas del índice, volumen o perímetro que se esté analizando e indico con el método de que tipo se trata.

También hay que tener en cuenta que el programa utiliza el punto como limitador entre la parte entera y decimal, por lo que en el archivo .CSV también lo modifiko.

Una vez los datos están adecuados al software de PSPP ya los puedo importar. Se cargarán de la siguiente forma:

Caso	PACIENTE	USUARIO	MÉTODO	IA
1	1	maalpo20200812	1	9.000
2	2	roarib20201112	1	17.000
3	3	juauca20170714	1	2.000
4	4	alcaen20201016	1	9.000
5	5	nehuco20190618	1	2.000
6	6	lualex20181005	1	1.000
7	7	islale20190118	1	2.000
8	8	orlavi20210329	1	.000
9	9	malulu20200705	1	4.000
10	10	dimima20200127	1	5.000
11	11	lailmz20201110	1	2.000
12	12	fipopo20200925	1	4.000
13	13	elprpr20200718	1	5.000
14	14	josebe20200928	1	5.000
15	15	iktola20201017	1	5.000
16	1	maalpo20200812	2	9.258
17	2	roarib20201112	2	16.140
18	3	juauca20170714	2	2.241
19	4	alcaen20201016	2	9.051
20	5	nehuco20190618	2	1.522
21	6	lualex20181005	2	1.013
22	7	islale20190118	2	2.412
23	8	orlavi20210329	2	.705
24	9	malulu20200705	2	4.318
25	10	dimima20200127	2	4.326
26	11	lailmz20201110	2	1.757
27	12	fipopo20200925	2	3.711
28	13	elprpr20200718	2	6.984
29	14	josebe20200928	2	6.657
30	15	iktola20201017	2	5.150
31	1	maalpo20200812	3	9.228
32	2	roarib20201112	3	17.107
33	3	juauca20170714	3	1.820
34	4	alcaen20201016	3	8.619
35	5	nehuco20190618	3	1.389
36	6	lualex20181005	3	1.877
37	7	islale20190118	3	2.129
38	8	orlavi20210329	3	.252
39	9	malulu20200705	3	4.380
40	10	dimima20200127	3	4.817
41	11	lailmz20201110	3	1.979
42	12	fipopo20200925	3	4.160
43	13	elprpr20200718	3	4.597
44	14	josebe20200928	3	4.918
45	15	iktola20201017	3	5.851

Figura 42. Visualización de la base de datos del índice de asimetría en PSPP.

Una vez los datos cargados PSPP permite generar una amplia selección de datos estadísticos en mi caso voy a generar los siguientes para cada índice:

- Estadísticos descriptivos: con el fin de obtener una idea genérica del conjunto de los datos.
- Prueba T para muestra independientes: para comprobar usando el contraste de hipótesis la relación entre los datos.

3 RESULTADOS

3.1 DISTANCIAS ENTRE MODELOS

- maalpo20200812

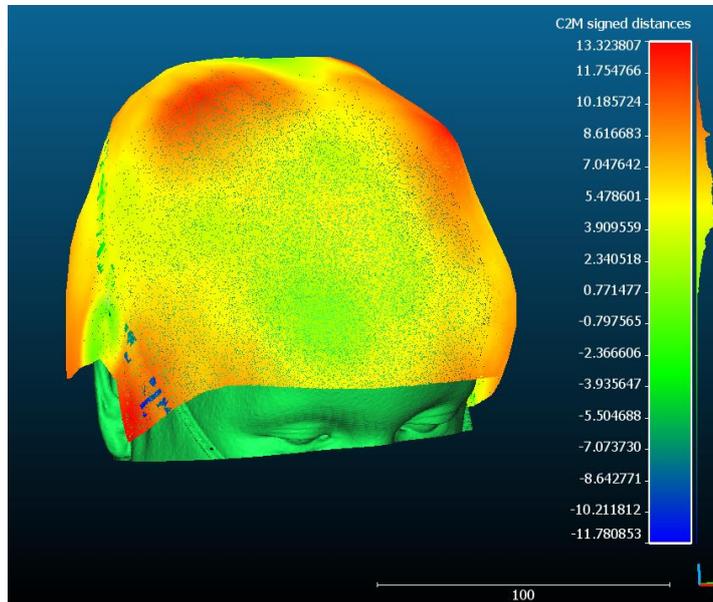


Figura 43. Medidas de distancia entre PhotoMeDAS y modelo 3D del TAC de piel en el paciente 1.

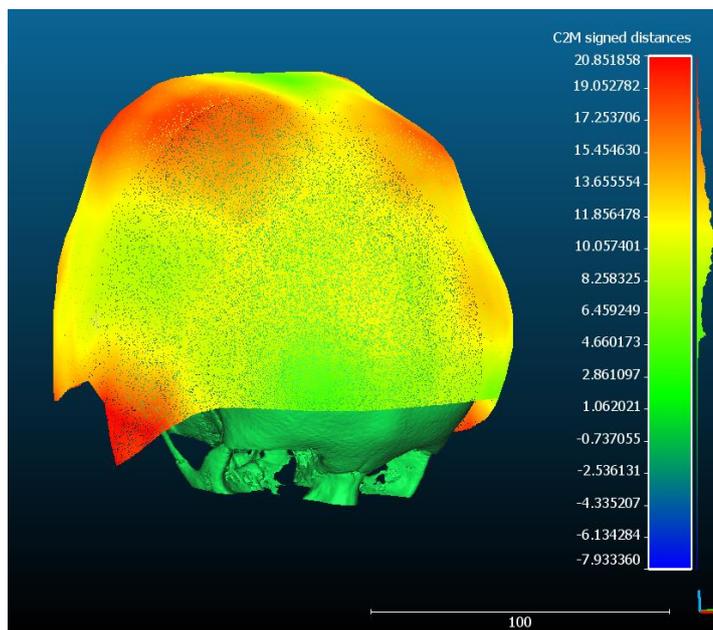


Figura 44. Medidas de distancia entre PhotoMeDAS y modelo 3D del TAC de hueso en el paciente 1.

- roarib20201112

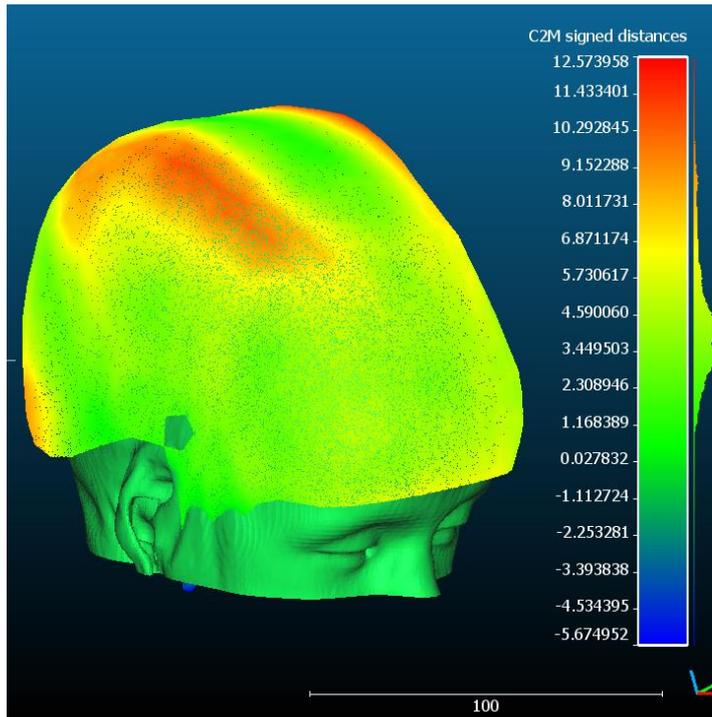


Figura 45. Medidas de distancia entre PhotoMeDAS y modelo 3D del TAC de piel en el paciente 2.

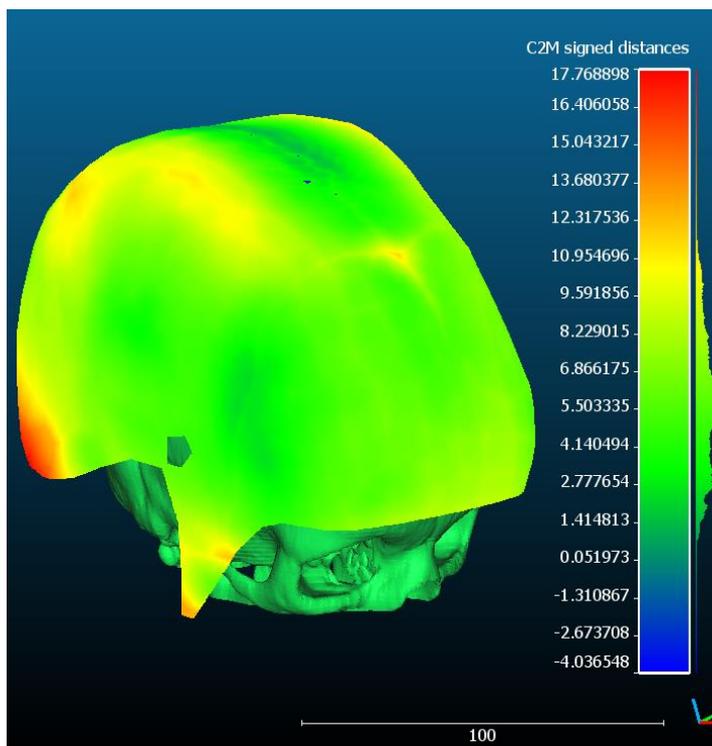


Figura 46. Medidas de distancia entre PhotoMeDAS y modelo 3D del TAC de hueso en el paciente 2.

- juauca20170714

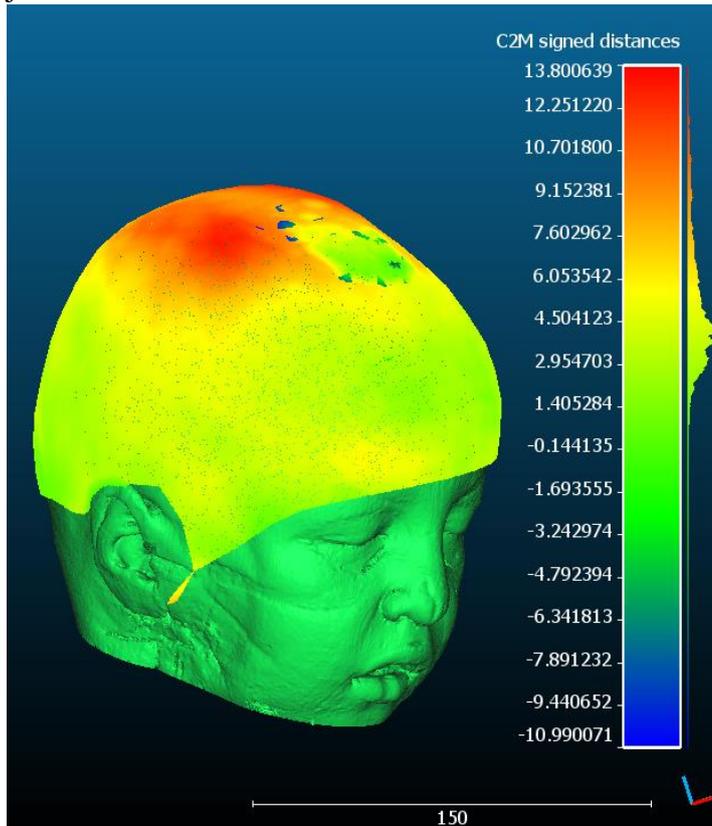


Figura 47. Medidas de distancia entre PhotoMeDAS y modelo 3D del TAC de piel en el paciente 3.

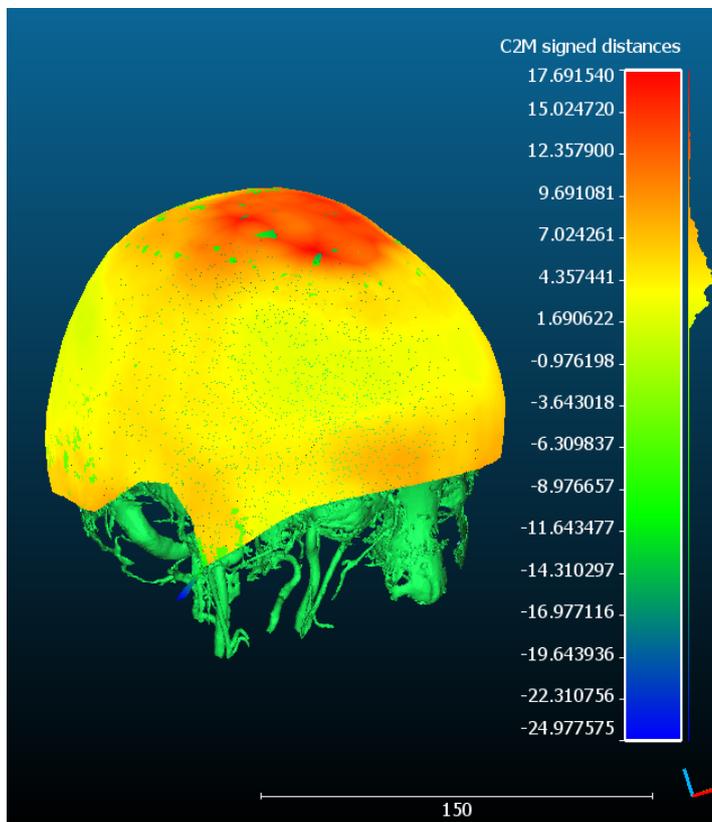


Figura 48. Medidas de distancia entre PhotoMeDAS y modelo 3D del TAC de hueso en el paciente 3.

- alcaen20201016

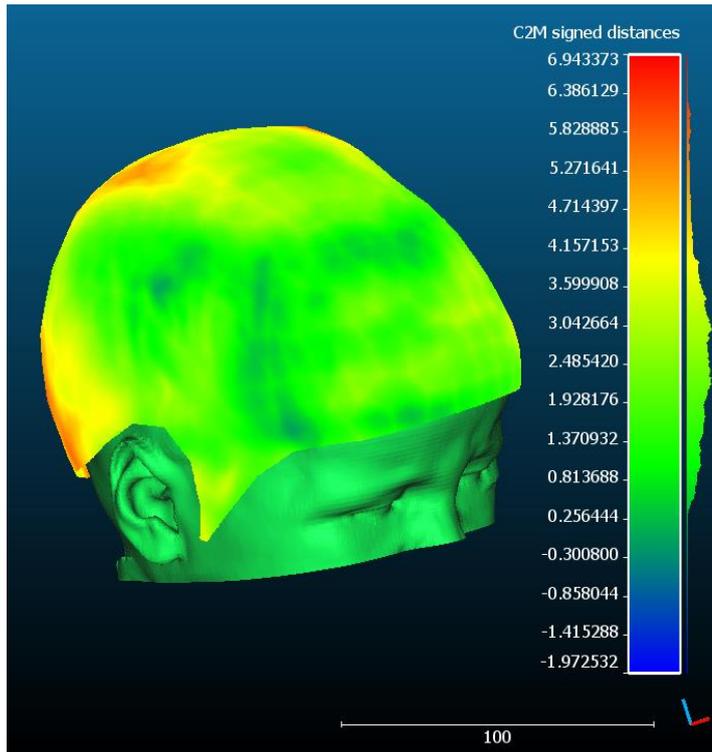


Figura 49. Medidas de distancia entre PhotoMeDAS y modelo 3D del TAC de piel en el paciente 4.

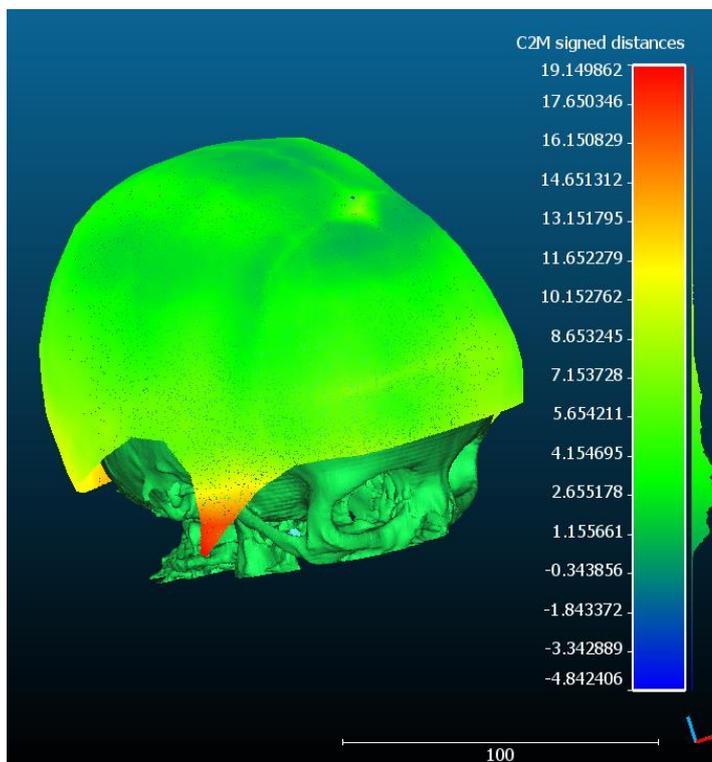


Figura 50. Medidas de distancia entre PhotoMeDAS y modelo 3D del TAC de hueso en el paciente 4.

- nehuco20190618

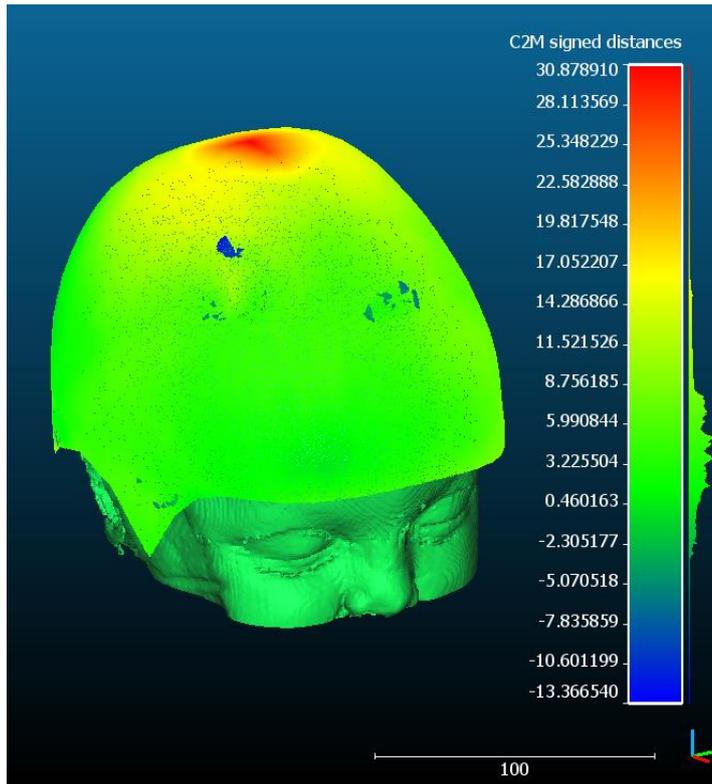


Figura 51. Medidas de distancia entre PhotoMeDAS y modelo 3D del TAC de piel en el paciente 5.

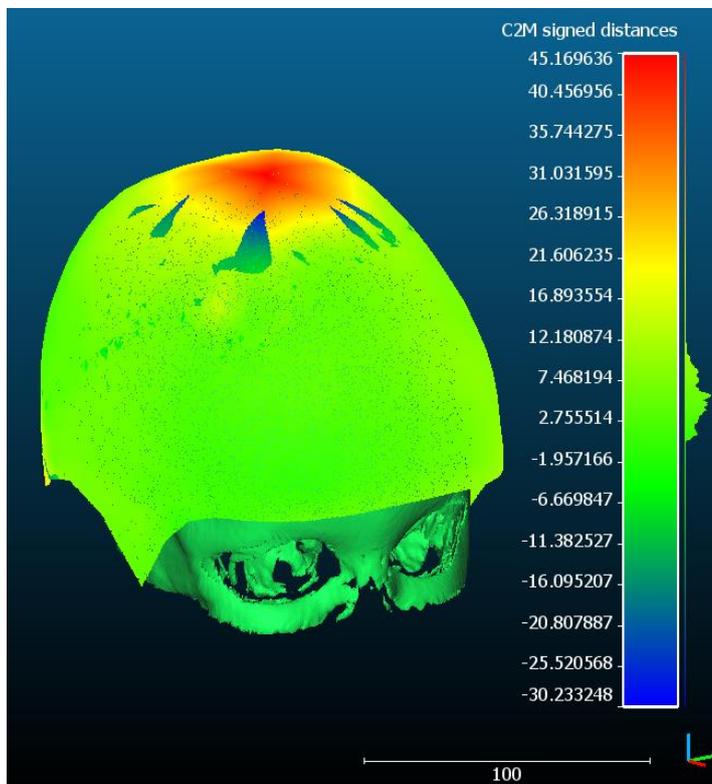


Figura 52. Medidas de distancia entre PhotoMeDAS y modelo 3D del TAC de hueso en el paciente 5.

- lualex20181005

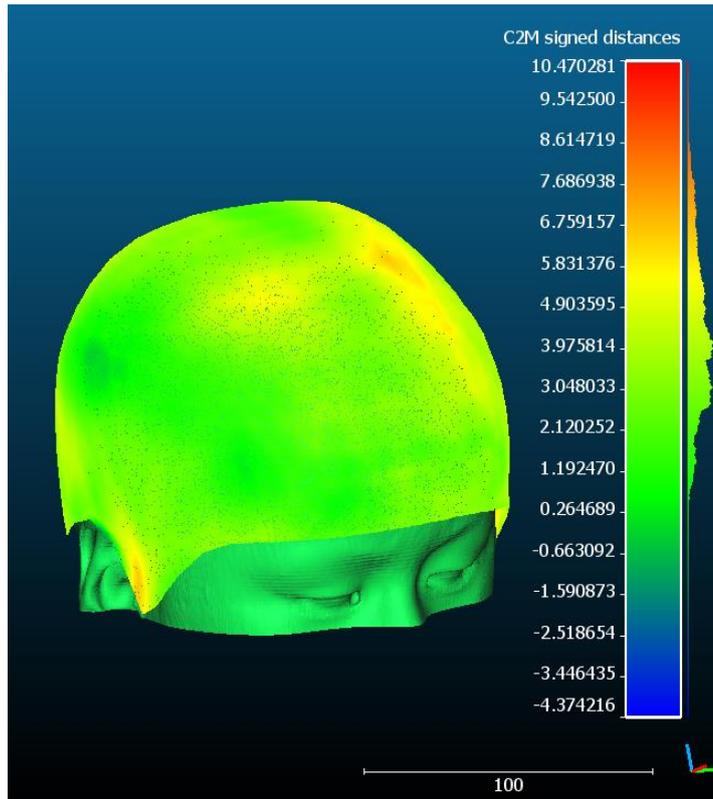


Figura 53. Medidas de distancia entre PhotoMeDAS y modelo 3D del TAC de piel en el paciente 6.

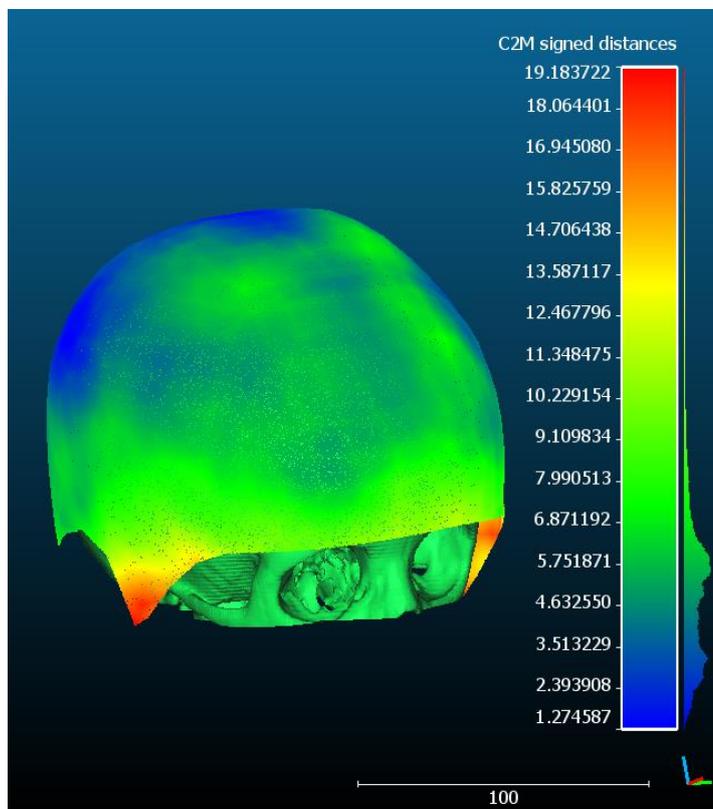


Figura 54. Medidas de distancia entre PhotoMeDAS y modelo 3D del TAC de hueso en el paciente 6.

- islale20190118

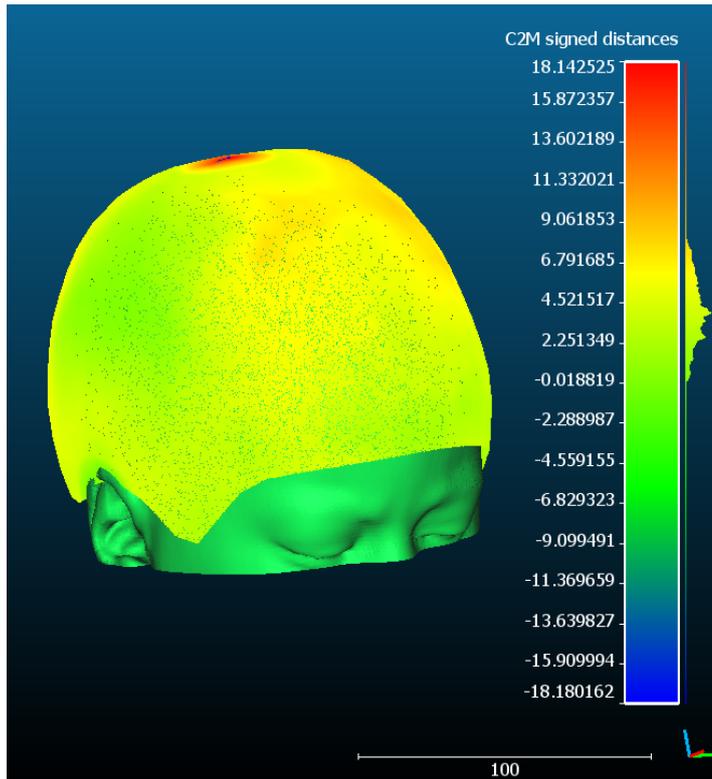


Figura 55. Medidas de distancia entre PhotoMeDAS y modelo 3D del TAC de piel en el paciente 7.

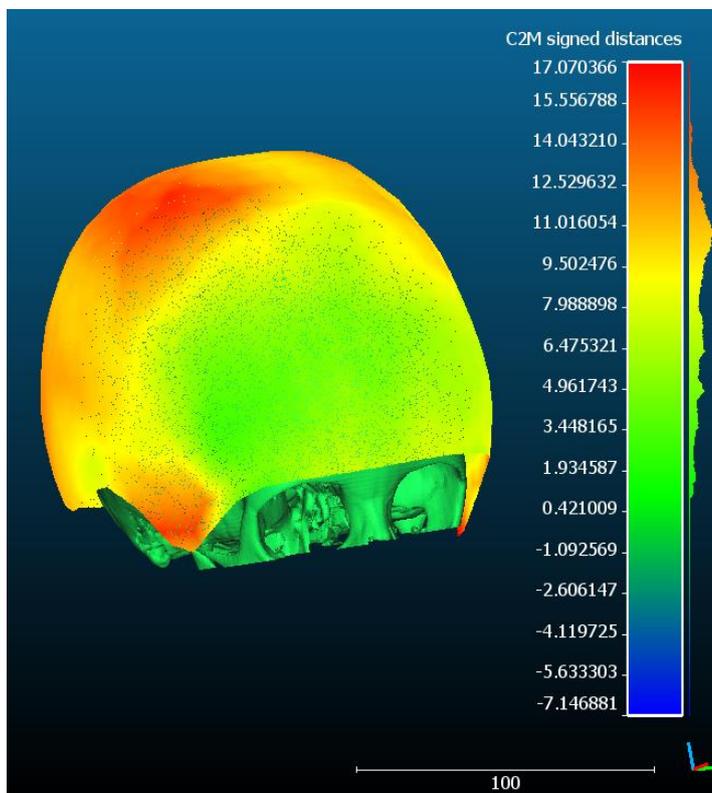


Figura 56. Medidas de distancia entre PhotoMeDAS y modelo 3D del TAC de hueso en el paciente 7.

- orlavi20210329

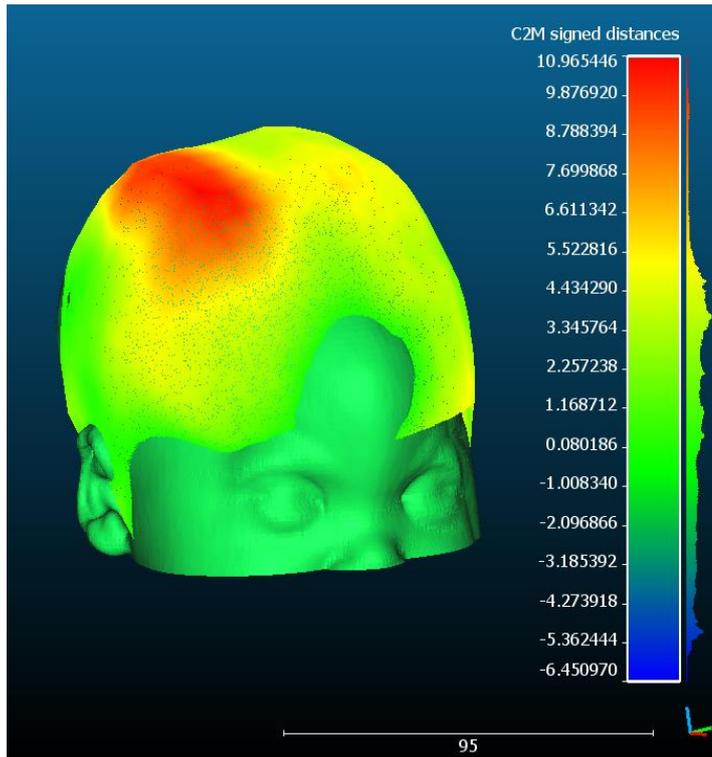


Figura 57. Medidas de distancia entre PhotoMeDAS y modelo 3D del TAC de piel en el paciente 8.

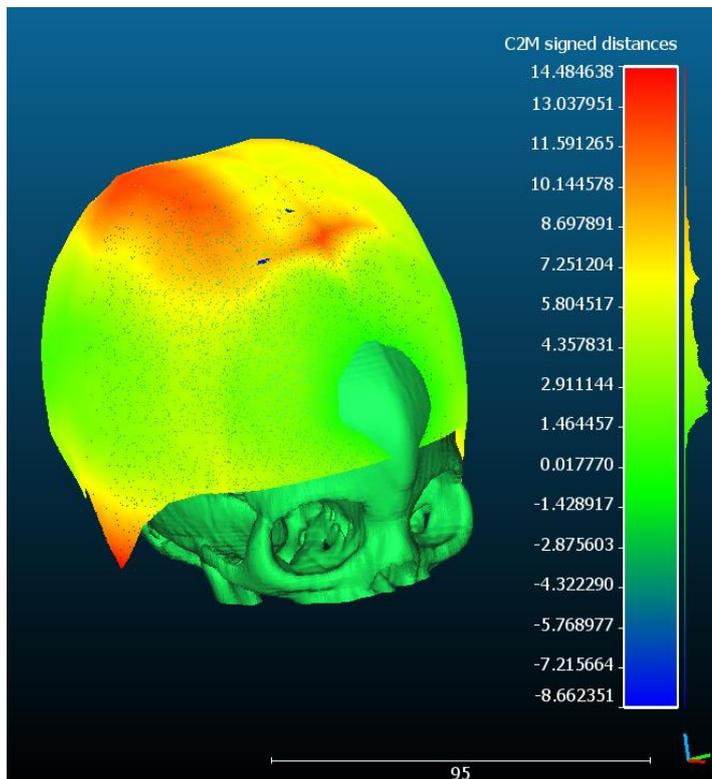


Figura 58. Medidas de distancia entre PhotoMeDAS y modelo 3D del TAC de hueso en el paciente 8.

- malulu20200705

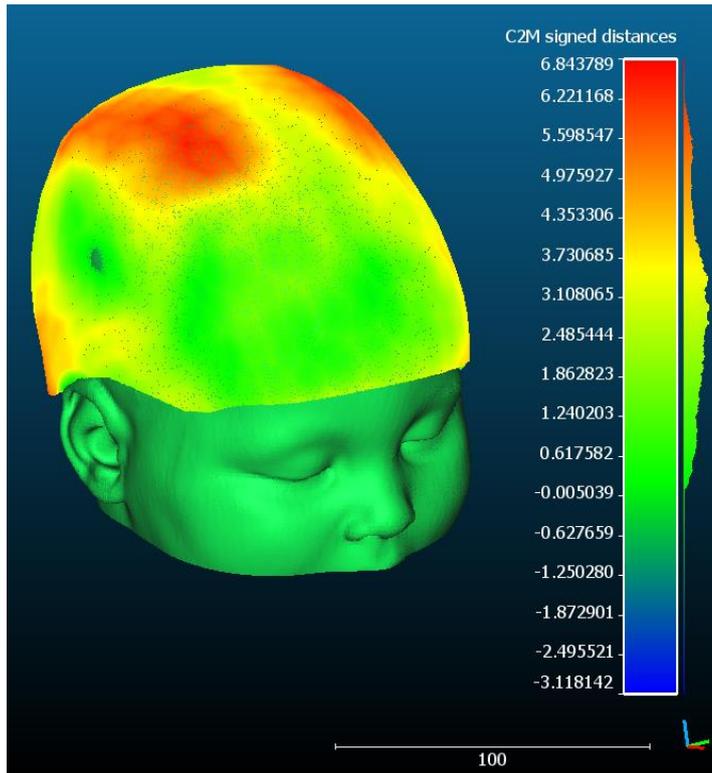


Figura 59. Medidas de distancia entre PhotoMeDAS y modelo 3D del TAC de piel en el paciente 9.

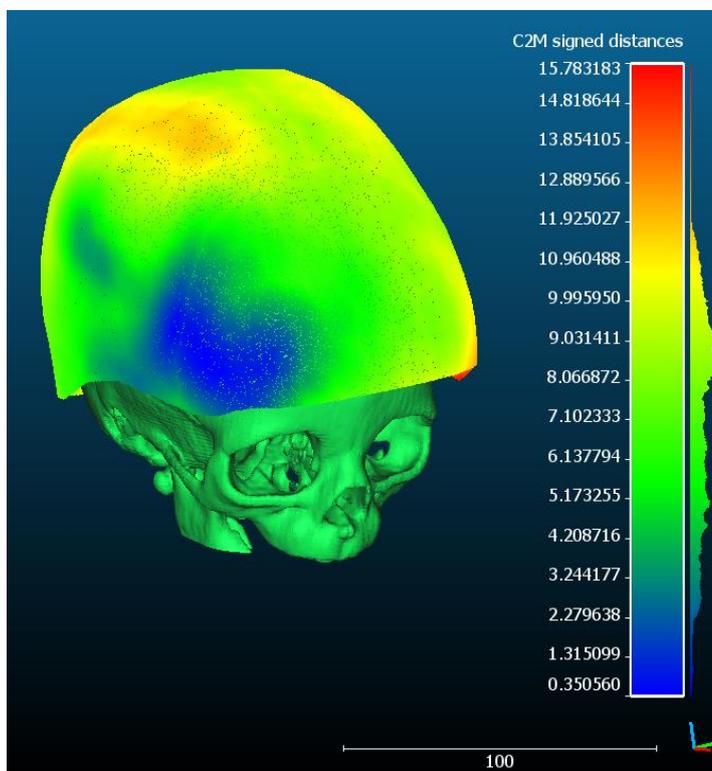


Figura 60. Medidas de distancia entre PhotoMeDAS y modelo 3D del TAC de hueso en el paciente 9.

- dimima20200127

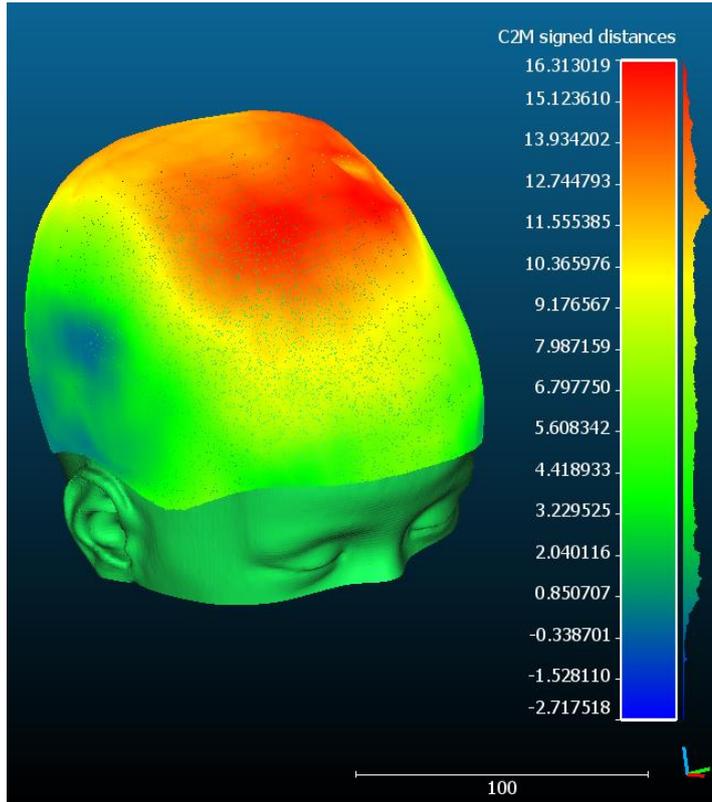


Figura 61. Medidas de distancia entre PhotoMeDAS y modelo 3D del TAC de piel en el paciente 10.

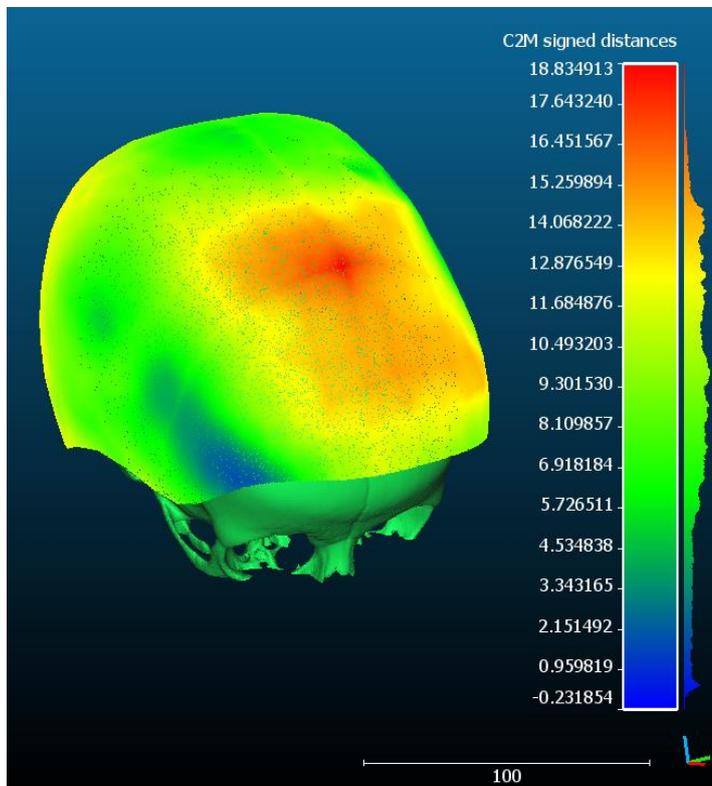


Figura 62. Medidas de distancia entre PhotoMeDAS y modelo 3D del TAC de hueso en el paciente 10.

- lailmz20201110

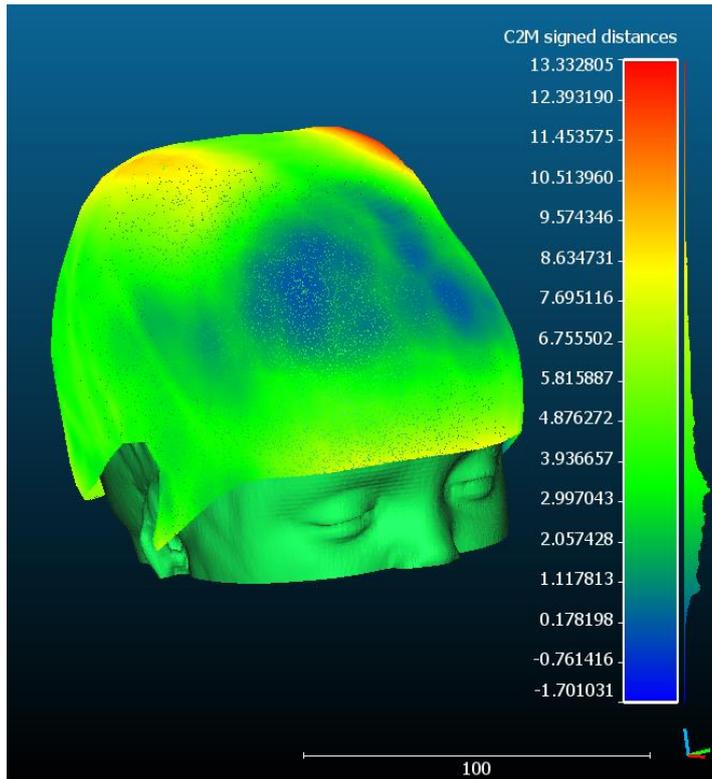


Figura 63. Medidas de distancia entre PhotoMeDAS y modelo 3D del TAC de piel en el paciente 11.

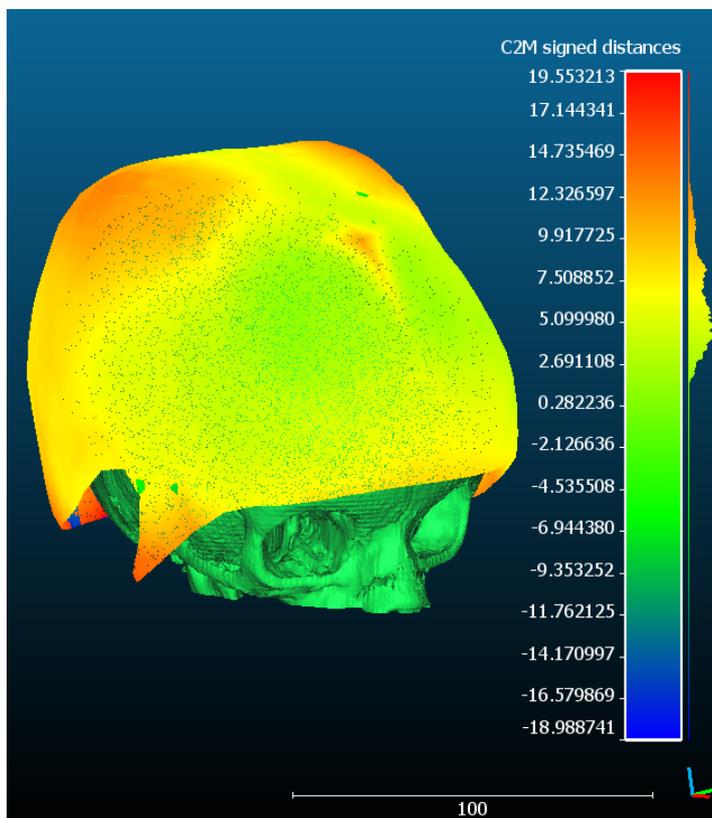


Figura 64. Medidas de distancia entre PhotoMeDAS y modelo 3D del TAC de hueso en el paciente 11.

- fipopo20200925

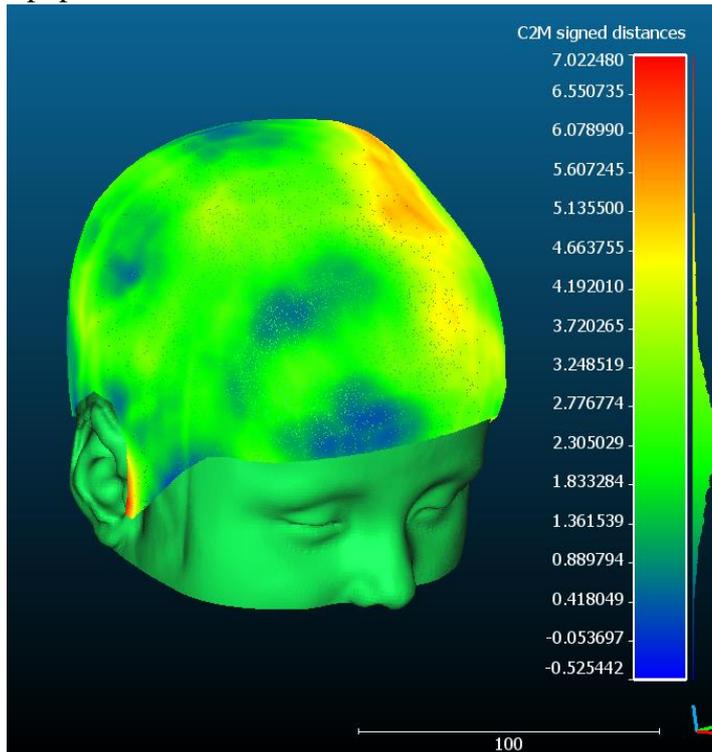


Figura 65. Medidas de distancia entre PhotoMeDAS y modelo 3D del TAC de piel en el paciente 12.

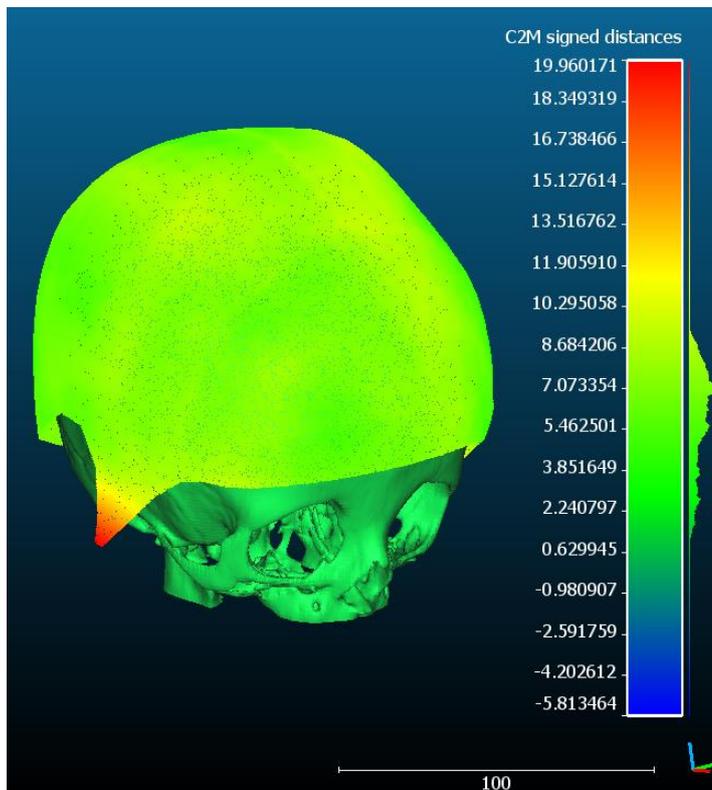


Figura 66. Medidas de distancia entre PhotoMeDAS y modelo 3D del TAC de hueso en el paciente 12.

- elprpr20200718

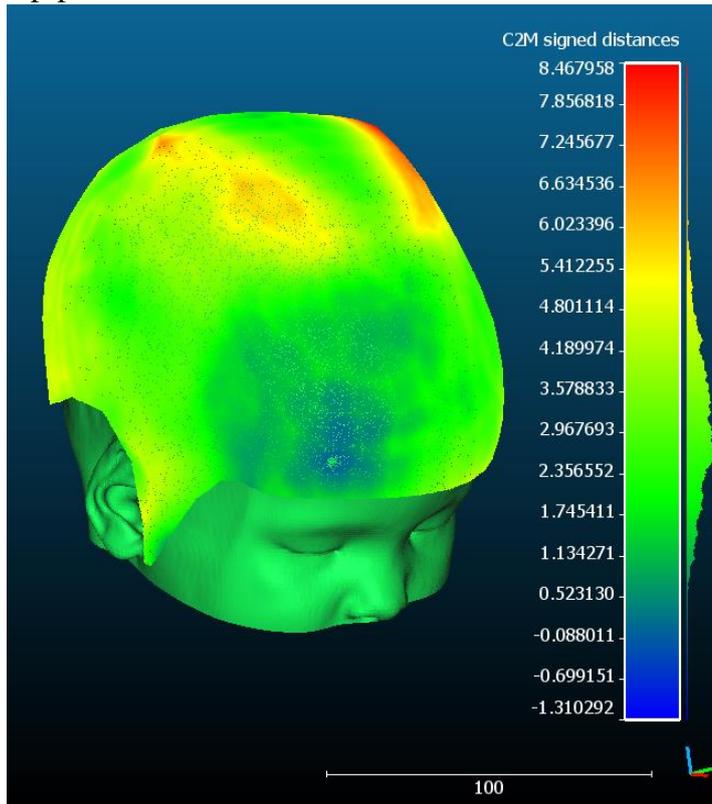


Figura 67. Medidas de distancia entre PhotoMeDAS y modelo 3D del TAC de piel en el paciente 13.

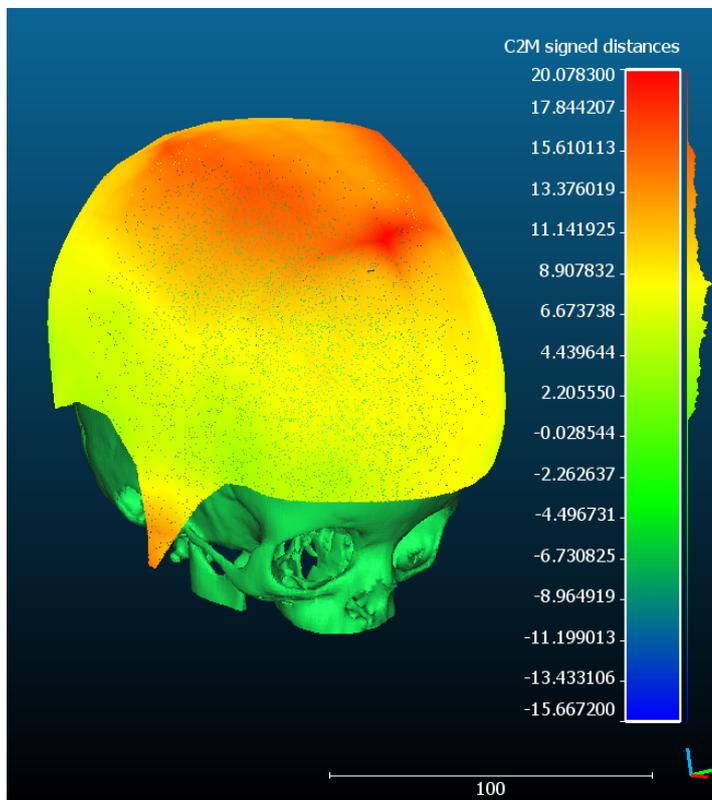


Figura 68. Medidas de distancia entre PhotoMeDAS y modelo 3D del TAC de hueso en el paciente 13.

- josebe20200928

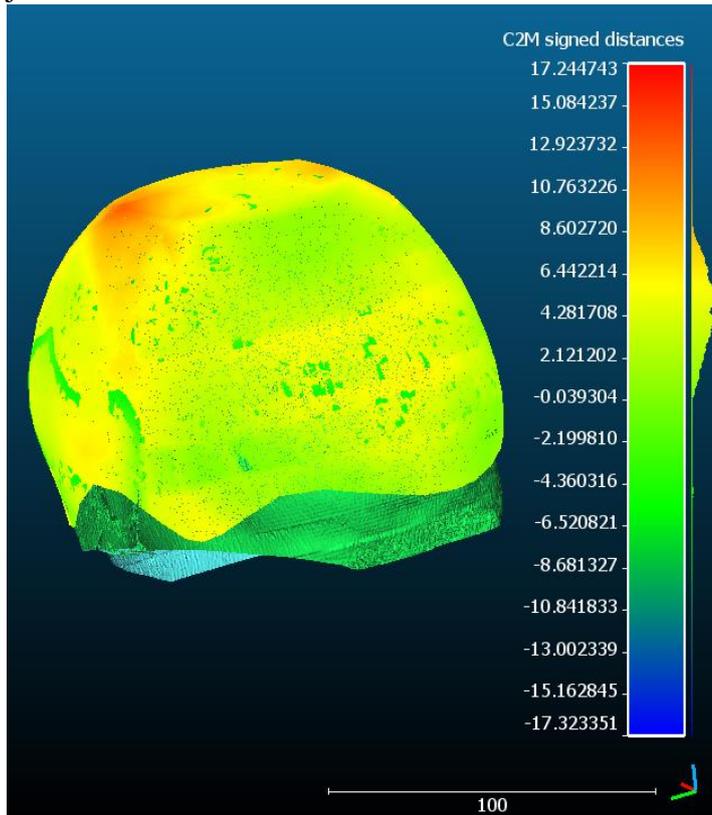


Figura 69. Medidas de distancia entre PhotoMeDAS y modelo 3D del TAC de piel en el paciente 14.

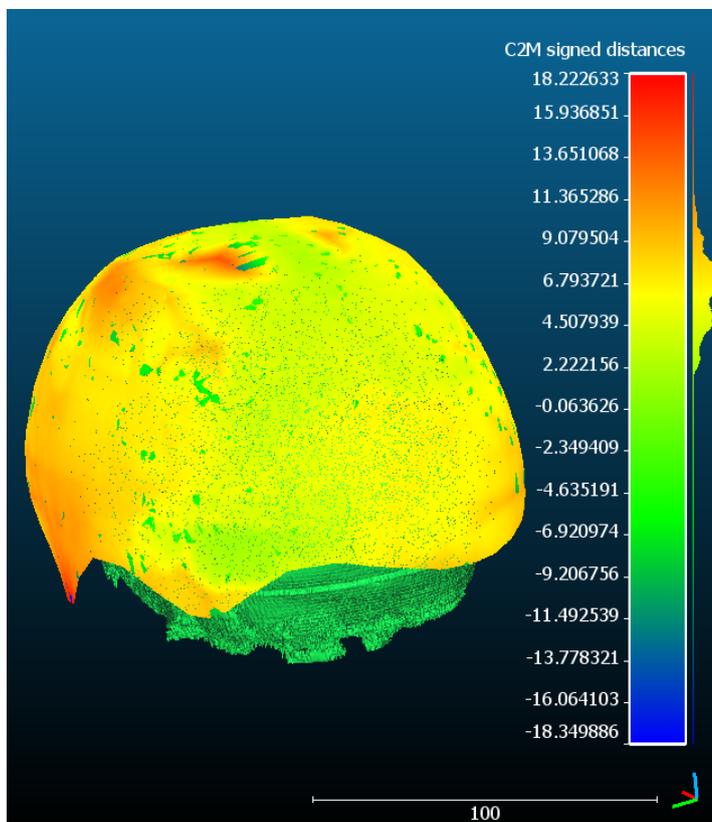


Figura 70. Medidas de distancia entre PhotoMeDAS y modelo 3D del TAC de hueso en el paciente 14.

- iktola20201017

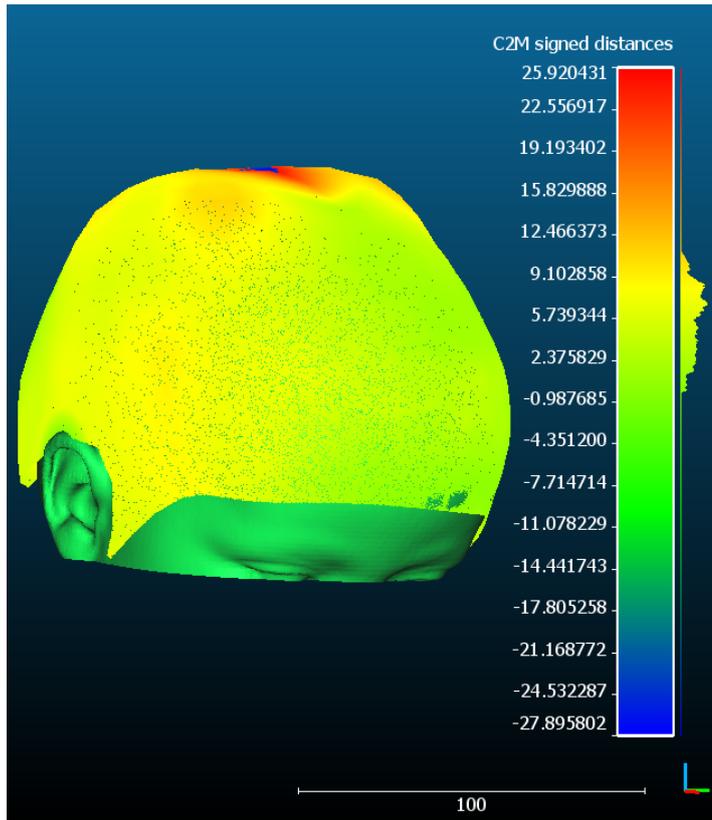


Figura 71. Medidas de distancia entre PhotoMeDAS y modelo 3D del TAC de piel en el paciente 15.

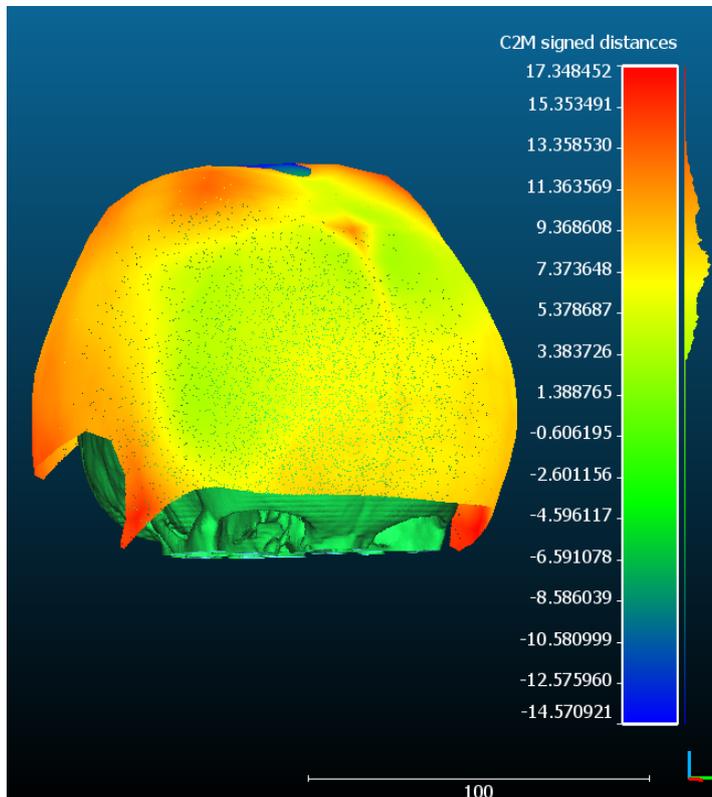


Figura 72. Medidas de distancia entre PhotoMeDAS y modelo 3D del TAC de hueso en el paciente 15.

Tabla 3. Tabla de medidas de distancia entre el modelo obtenido con PhotoMeDAS y TAC de hueso, PhotoMeDAS y TAC de piel.

PACIENTE	USUARIO	DIST MODELO PhotoMeDAS-TAC HUESO (mm)		DIST MODELO PhotoMeDAS-TAC PIEL (mm)	
		MEDIA	DESV.EST	MEDIA	DESV.EST
1	maalpo20200812	11,055	3,234	5,777	2,528
2	roarib20201112	5,803	2,686	4,531	2,210
3	juauca20170714	5,111	3,495	5,254	2,700
4	alcaen20201016	4,182	2,619	2,703	1,297
5	nehuco20190618	6,975	7,074	5,313	5,007
6	lualex20181005	5,295	2,527	3,882	1,797
7	islale20190118	8,262	3,324	4,056	2,042
8	orlavi20210329	4,538	2,694	1,236	3,637
9	malulu20200705	7,032	2,705	2,818	1,513
10	dimima20200127	8,921	3,993	7,471	4,530
11	lailmz20201110	6,556	3,107	3,894	2,411
12	fipopo20200925	5,846	2,119	2,465	0,964
13	elprpr20200718	7,979	3,894	3,197	1,298
14	josebe20200928	6,029	3,287	4,210	3,059
15	iktola20201017	7,634	3,645	5,890	3,602

3.2 PERÍMETROS

Tabla 4. Tabla de las medidas de perímetros en los diferentes modelos generados.

PACIENTE	USUARIO	PERIMETRO (mm)		
		PhotoMeDAS	TAC_PIEL	TAC_HUESO
1	maalpo20200812	491	407,717	391,719
2	roarib20201112	432	405,687	377,848
3	juauca20170714	540	510,412	494,73
4	alcaen20201016	470	455,524	420,995
5	nehuco20190618	525	515,433	488,535
6	lualex20181005	515	502,465	472,39
7	islale20190118	495	478,711	444,458
8	orlavi20210329	348	373,256	333,774
9	malulu20200705	433	435,598	391,77
10	dimima20200127	511	493,713	453,246
11	lailmz20201110	434	424,203	395,128
12	fipopo20200925	452	456,865	415,067
13	elprpr20200718	444	440,1732	406,723
14	josebe20200928	432	464,714	424,845
15	iktola20201017	464	445,025	410,775

3.3 VOLUMENES

Tabla 5. Tabla con las medidas de volumen.

PACIENTE	USUARIO	VOLUMEN (ml)		
		PhotoMeDAS	TAC_PIEL	TAC_HUESO
1	maalpo20200812	969	946,138	916,68
2	roarib20201112	535	526,528	499,997
3	juauca20170714	1372	1323,462	1297,453
4	alcaen20201016	838	820,954	803,654
5	nehuco20190618	1120	1107,377	1073,919
6	lualex20181005	1152	1146,245	1124,677
7	islale20190118	1076	1061,112	1037,671
8	orlavi20210329	361	382,312	364,425
9	malulu20200705	657	638,917	607,023
10	dimima20200127	1096	1014,503	995,17
11	lailmz20201110	691	658,802	626,013
12	fipopo20200925	679	674,76	652,748
13	elprpr20200718	718	718,034	707,714
14	josebe20200928	884	863,469	838,043
15	iktola20201017	800	773,863	738,404

3.4 MEDIDAS (a, b, c, d, e, f, g)

Tabla 6. Tabla con las medidas de a y b.

PACIENTE	USUARIO	a (mm)			b (mm)		
		PhotoMeDAS	TAC_PIEL	TAC_HUESO	PhotoMeDAS	TAC_PIEL	TAC_HUESO
1	maalpo20200812	186,7	175,247	147,12	177,8	165,989	137,892
2	roarib20201112	186,6	178,982	165,038	169,9	162,842	147,931
3	juauca20170714	204,4	197,41	188,972	202,6	195,169	187,152
4	alcaen20201016	183,2	178,309	163,255	174,4	169,258	154,636
5	nehuco20190618	201,9	193,668	182,869	200,4	192,146	181,48
6	luaalex20181005	198,2	195,539	183,134	197,1	194,526	181,257
7	islale20190118	188,2	181,882	172,892	190	184,294	175,021
8	orlavi20210329	134	126,447	123,524	133,5	127,152	123,776
9	malulu20200705	163,9	160,998	147,883	168,4	165,316	152,263
10	dimima20200127	202,1	190,342	177,679	197,2	186,016	172,862
11	lailmz20201110	162	160,89	153,512	160,1	159,133	151,533
12	fipopo20200925	171,1	171,158	160,236	175,1	174,869	164,396
13	elprpr20200718	178,1	175,831	167,366	183,2	182,815	171,963
14	josebe20200928	178,8	173,966	168,723	183,8	180,623	173,641
15	iktola20201017	166,7	164,792	156,408	171,6	169,942	162,259

Tabla 7. Tabla de las medidas c y d.

PACIENTE	USUARIO	c (mm)			d (mm)		
		PhotoMeDAS	TAC_PIEL	TAC_HUESO	PhotoMeDAS	TAC_PIEL	TAC_HUESO
1	maalpo20200812	175,9	163,744	139,82	124	115,721	100,191
2	roarib20201112	159,8	154,51	138,032	99,9	96,348	88,219
3	juauca20170714	189,1	181,213	174,049	146,7	140,594	135,503
4	alcaen20201016	163,9	158,718	144,944	125,7	121,701	114,265
5	nehuco20190618	186,8	180,601	168,429	148,2	140,958	135,282
6	luaalex20181005	174,7	172,027	160,157	151,8	148,972	141,126
7	islale20190118	171	165,576	156,454	138,8	131,561	125,922
8	orlavi20210329	133,2	130,616	123,846	97,4	96,283	90,143
9	malulu20200705	157,7	155,784	142,094	112	111,162	100,824
10	dimima20200127	181,3	171,119	159,485	134,1	130,067	123,83
11	lailmz20201110	150,7	150,091	142,195	113,3	108,399	101,435
12	fipopo20200925	146	143,176	135,495	133,5	127,496	122,902
13	elprpr20200718	155,9	153,878	144,452	116,5	112,984	107,657
14	josebe20200928	161,2	154,329	149,985	125,6	114,89	110,461
15	iktola20201017	159,2	154,206	145,798	118,9	111,241	105,873

Tabla 8. Tabla de las medidas e, f y g.

PACIENTE	USUARIO	e (mm)			f (mm)			g (mm)		
		PhotoMeDAS	TAC_PIEL	TAC_HUESO	PhotoMeDAS	TAC_PIEL	TAC_HUESO	PhotoMeDAS	TAC_PIEL	TAC_HUESO
1	maalpo20200812	-	166,64	156,586	-	239,96	224,89	90,52	84,312	72,154
2	roarib20201112	-	162,637	148,639	-	218,52	201,23	79,92	76,814	69,264
3	juauca20170714	-	184,27	175,518	-	274,36	256,71	102,69	96,052	92,384
4	alcaen20201016	-	162,34	145,588	-	235,49	210,7	84,219	83,376	78,405
5	nehuco20190618	-	176,867	172,223	-	256,11	242,67	85,956	85,421	80,96
6	lualex20181005	-	165,778	155,022	-	241,68	224,91	95,634	95,111	87,935
7	islale20190118	-	169,451	156,632	-	250,33	231,122	80,504	80,233	78,0081
8	orlavi20210329	-	129,504	118,036	-	188,02	171,22	55,518	54,586	50,505
9	malulu20200705	-	145,301	135,026	-	210,17	190,85	78,4	76,606	71,306
10	dimima20200127	-	169,834	159,363	-	238,28	225,45	91,188	90,041	85,165
11	lailmz20201110	-	144,04	139,101	-	210,74	198,89	75,911	73,792	69,337
12	fipopo20200925	-	153,744	139,891	-	224,65	205,4	76,095	80,776	70,033
13	elprpr20200718	-	154,177	143,751	-	224,87	210,21	78,055	78,127	69,559
14	josebe20200928	-	156,181	147,69	-	230,18	213,99	86,664	79,579	76,469
15	iktola20201017	-	161,165	151,825	-	229,79	218,38	77,285	73,365	67,967

3.5 ÍNDICES

Tabla 9. Tabla de los índices de asimetría, diametral oblicuo y cefálico.

PACIENTE	USUARIO	ÍNDICE DE ASIMETRÍA (a-b)			ÍNDICE DIAMETRAL OBLICUO ((a/b)*100)			ÍNDICE CEFÁLICO ((d/c)*100)		
		PhotoMeDAS	TAC_PIEL	TAC_HUESO	PhotoMeDAS	TAC_PIEL	TAC_HUESO	PhotoMeDAS	TAC_PIEL	TAC_HUESO
1	maalpo20200812	9	9,258	9,228	105	105,577478	106,692194	70	70,6719025	71,6571306
2	roarib20201112	17	16,14	17,107	110	109,911448	111,564175	63	62,357129	63,9119914
3	juauca20170714	2	2,241	1,82	101	101,148236	100,972472	78	77,5849415	77,8533631
4	alcaen20201016	9	9,051	8,619	105	105,347458	105,573734	77	76,6775035	78,8338945
5	nehuco20190618	2	1,522	1,389	101	100,792106	100,765374	79	78,0494017	80,3198974
6	luaalex20181005	1	1,013	1,877	101	100,520753	101,035546	87	86,598034	88,1172849
7	islale20190118	-2	-2,412	-2,129	99	98,6912216	98,7835745	81	79,4565638	80,4849988
8	orlavi20210329	0	-0,705	-0,252	100	99,4455455	99,7964064	73	73,7145526	72,7863637
9	malulu20200705	-4	-4,318	-4,38	97	97,3880326	97,1233983	71	71,3564936	70,9558461
10	dimima20200127	5	4,326	4,817	102	102,325606	102,786616	74	76,0096775	77,6436655
11	lailmz20201110	2	1,757	1,979	101	101,104108	101,305986	73	72,2221852	71,3351384
12	fipopo20200925	-4	-3,711	-4,16	98	97,87784	97,4695248	91	89,0484439	90,7059301
13	elprpr20200718	-5	-6,984	-4,597	97	96,1797446	97,3267505	75	73,4244011	74,5278708
14	josebe20200928	-5	-6,657	-4,918	97	96,3144229	97,1677196	78	74,4448548	73,6480315
15	iktola20201017	-5	-5,15	-5,851	97	96,9695543	96,3940367	75	72,1379194	72,6162224

Tabla 10. Tabla de los índices de turricefalia y metópico.

PACIENTE	USUARIO	ÍNDICE DE TURRICEFALIA ((e/f)*100)			ÍNDICE METÓPICO ((g/d)*100)		
		PhotoMeDAS	TAC_PIEL	TAC_HUESO	PhotoMeDAS	TAC_PIEL	TAC_HUESO
1	maalpo20200812	68	69,4449075	69,627818	73	72,8579947	72,0164486
2	roarib20201112	74	74,4265971	73,8652288	80	79,7255781	78,5136989
3	juauca20170714	67	67,1635807	68,372093	70	68,3187049	68,1785643
4	alcaen20201016	69	68,9371099	69,0972947	67	68,5088865	68,6168118
5	nehuco20190618	70	69,0589981	70,9700416	58	60,6003207	59,8453601
6	lualex20181005	68	68,5940086	68,9262372	63	63,8448836	62,3095673
7	islale20190118	67	67,6910478	67,7702685	58	60,9853984	61,9495402
8	orlavi20210329	69	68,877779	68,9382082	57	56,6932896	56,027645
9	malulu20200705	70	69,134986	70,7498035	70	68,9138375	70,7232405
10	dimima20200127	70	71,2749706	70,6866267	68	69,2266294	68,7757409
11	lailmz20201110	69	68,3496251	69,9386596	67	68,0744287	68,3560901
12	fipopo20200925	68	68,4371244	68,1066212	57	63,3557131	56,9827993
13	elprpr20200718	69	68,5627251	68,3844727	67	69,148729	64,6116834
14	josebe20200928	68	67,8516813	69,0172438	69	69,2653843	69,227148
15	iktola20201017	70	70,1357761	69,523308	65	65,9514028	64,1967263

4 DISCUSIÓN ESTADÍSTICA

4.1 DISTANCIAS ENTRE MODELOS

A lo largo del trabajo se han realizado los modelos 3D de los 15 pacientes estudiados con diferentes métodos: PhotoMeDAS, TAC de la piel y TAC del hueso.

Como se ha explicado en el apartado 2.5 se han medido las distancias medias que existen entre el modelo de PhotoMeDAS y el obtenido con el TAC de la piel y las distancias medias entre el modelo de PhotoMeDAS y el obtenido con el TAC del hueso.

Si observamos las medidas tomadas y realizamos los estadísticos descriptivos para cada medida obtenemos lo siguiente:

- Distancias entre el modelo 3D de PhotoMeDAS y el obtenido a partir del TAC de la piel.

Tabla 11. Tabla de estadísticos descriptivos de distancias entre el modelo de PhotoMeDAS y el obtenido con el TAC de la piel.

	N	Media	Desv Std	Mínimo	Máximo
MEDIA	15	4.18	1.60	1.236	7.471
N Válido (listwise)	15				
Missing N (listwise)	0				

Si observamos la tabla nos indica que la diferencia entre el modelo obtenido con PhotoMeDAS y el obtenido con el TAC de la superficie de piel, es una media de 4,18 mm.

También vemos que hay un valor máximo mucho más elevado que la media por lo que hay un paciente en el que la diferencia entre modelos es mayor.

Si las pruebas de PhotoMeDAS y los TAC de cada paciente estuviesen realizadas el mismo día sería interesante analizar estos datos con mayor profundidad, pero en nuestro caso hay diferencias entre pruebas de hasta 69 días y el crecimiento de la cabeza en bebés menores de un año es muy rápido, por lo que es lógico que haya medidas de distancia entre modelos con valores más elevados.

- Distancias entre el modelo 3D de PhotoMeDAS y el obtenido a partir del TAC del hueso.

Tabla 12. Tabla de estadísticos descriptivos de distancias entre el modelo de PhotoMeDAS y el obtenido con el TAC del hueso.

	N	Media	Desv Std	Mínimo	Máximo
DISTANCIA	15	6.75	1.82	4.182	11.055
N Válido (listwise)	15				
Missing N (listwise)	0				

En el caso de las distancias entre el modelo de PhotoMeDAS y el obtenido a partir del TAC de la superficie del cráneo, vemos que la media de la distancia es de 6,75 y que el valor más alto es de 11,05, es decir, valores más elevados que los resultantes entre PhotoMeDAS y la superficie de piel.

Pero esto es algo que se esperaba desde un principio ya que PhotoMeDAS mide la superficie más externa incluyendo incluso el pelo, por lo que la diferencia con el cráneo ha de ser mayor.

4.2 VOLUMEN Y PERÍMETRO

4.2.1 VOLUMEN

- Estadísticos descriptivos:

Tabla 13. Tabla de estadísticos descriptivos de los datos de volumen.

	N	Media	Desv Std	Mínimo	Máximo
VOLUMEN	45	841.96	254.82	361.000	1372.000
N Válido (listwise)	45				
Missing N (listwise)	0				

Como se observa en la tabla anterior la media del volumen de la cabeza de los pacientes es de 8,41 ml.

- Prueba T para muestras independientes:
Con esta prueba se pretende comprobar la similitud entre los datos medidos por los distintos métodos. Para ello se realiza un contraste de hipótesis definiendo lo siguiente:
Hipótesis nula= las medidas de volumen son equivalentes.
Hipótesis alternativa= las medidas de volumen no son equivalentes.

Comparando los diferentes grupos de datos vemos lo siguiente:

-Entre el grupo con valor de método 1 y 2, es decir entre medida de PhotoMeDAS y TAC en piel.

Tabla 14. Tabla de la prueba T para muestras independientes del volumen tomado con PhotoMeDAS y el obtenido con el TAC de piel.

		Prueba de Levene para la igualdad de varianzas		T-Test for Equality of Means						
		F	Sign.	t	df	Sign. (2-colas)	Diferencia Media	Err.Est. de la Diferencia	95% Confidence Interval of the Difference	
									Inferior	Superior
VOLUMEN	Se asume igualdad de varianzas	.03	.859	.20	28.00	.841	19.43	95.84	-176.89	215.76
	Igualdad de varianzas no asumida			.20	27.93	.841	19.43	95.84	-176.91	215.78

Línea de tendencia del volumen entre: PhotoMeDAS y TAC de piel

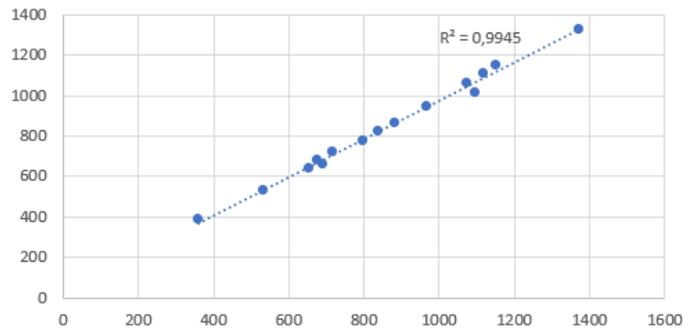


Figura 73. Gráfica de la línea de tendencia del volumen entre: PhotoMeDAS y TAC de piel.

-Entre el grupo con valor de método 1 y 3, es decir entre medida de PhotoMeDAS y TAC en hueso.

Tabla 15. Tabla de la prueba T para muestras independientes del volumen tomado con PhotoMeDAS y el obtenido con el TAC de hueso.

		Prueba de Levene para la igualdad de varianzas		T-Test for Equality of Means						
		F	Sign.	t	df	Sign. (2-colas)	Diferencia Media	Err.Est. de la Diferencia	95% Confidence Interval of the Difference	
									Inferior	Superior
VOLUMEN	Se asume igualdad de varianzas	.04	.849	.46	28.00	.647	44.29	95.73	-151.80	240.39
	Igualdad de varianzas no asumida			.46	27.93	.647	44.29	95.73	-151.82	240.41

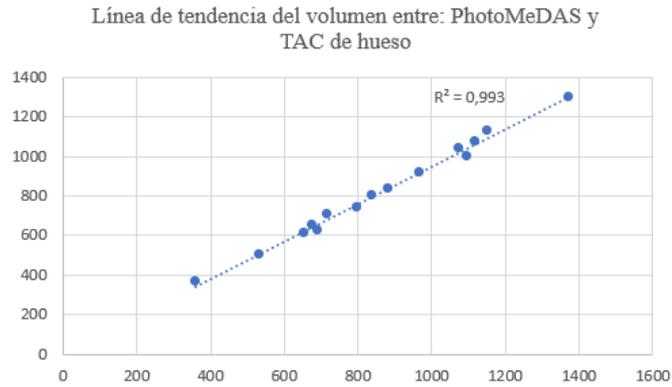


Figura 74. Gráfica de la línea de tendencia del volumen entre: PhotoMeDAS y TAC de hueso.

-Entre el grupo con valor de método 2 y 3, es decir entre medida de TAC en piel y TAC en hueso.

Tabla 16. Tabla de la prueba T para muestras independientes del volumen obtenido con el TAC de piel y el obtenido con el TAC de hueso.

		Prueba de Levene para la igualdad de varianzas		T-Test for Equality of Means						
		F	Sign.	t	df	Sign. (2-colas)	Diferencia Media	Err.Est. de la Diferencia	95% Confidence Interval of the Difference	
									Inferior	Superior
VOLUMEN	Se asume igualdad de varianzas	.00	.990	.27	28.00	.792	24.86	93.38	-166.43	216.15
	Igualdad de varianzas no asumida			.27	28.00	.792	24.86	93.38	-166.43	216.15

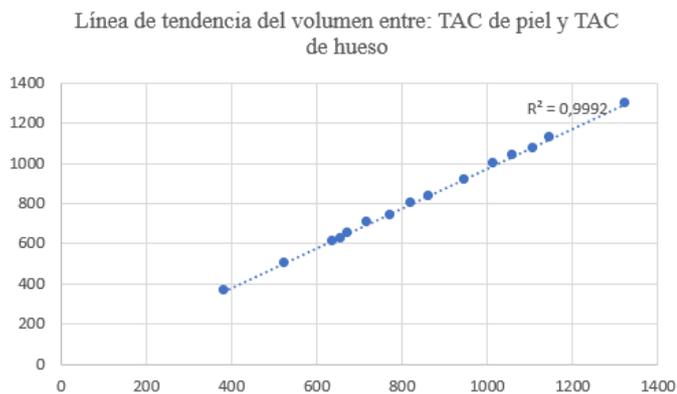


Figura 75. Gráfica de la línea de tendencia del volumen entre: TAC de piel y TAC de hueso.

Analizando los tres casos anteriores, el valor de significación es más elevado que el de significancia (0,05), por lo que la hipótesis nula se acepta. Es decir, no hay evidencias que nos digan que los valores de volumen medidos de las distintas formas no son equivalentes.

Analizando las gráficas de la línea de tendencia se ve que hay un valor muy alto de R^2 , por lo que la relación entre los datos es alta.

4.2.2 PERÍMETRO

- Estadísticos descriptivos:

Tabla 17. Tabla de estadísticos descriptivos de los datos de perímetro.

	N	Media	Desv Std	Mínimo	Máximo
PERIMETRO	45	447.06	47.72	333.774	540.000
N Válido (listwise)	46				
Missing N (listwise)	1				

- Prueba T para muestras independientes:

Con esta prueba se pretende comprobar la similitud entre los datos medidos por los distintos métodos. Para ello se realiza un contraste de hipótesis definiendo lo siguiente:

Hipótesis nula= los perímetros son equivalentes.

Hipótesis alternativa= los perímetros no son equivalentes.

Comparando los diferentes grupos de datos vemos lo siguiente:

-Entre el grupo con valor de método 1 y 2, es decir entre medida de PhotoMeDAS y TAC en piel.

Tabla 18. Tabla de la prueba T para muestras independientes del perímetro tomado con PhotoMeDAS y el obtenido con el TAC de piel.

		Prueba de Levene para la igualdad de varianzas		T-Test for Equality of Means						
		F	Sign.	t	df	Sign. (2-colas)	Diferencia Media	Err.Est. de la Diferencia	95% Confidence Interval of the Difference	
									Inferior	Superior
PERIMETRO	Se asume igualdad de varianzas	.31	.581	.71	28.00	.485	11.77	16.62	-22.28	45.81
	Igualdad de varianzas no asumida			.71	27.23	.485	11.77	16.62	-22.32	45.86

Línea de tendencia del perímetro entre: PhotoMeDAS y TAC de piel

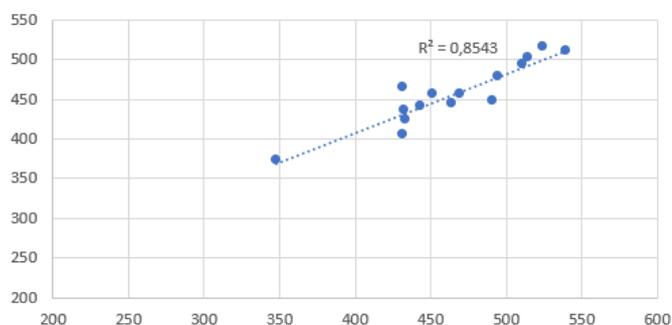


Figura 76. Gráfica de la línea de tendencia del perímetro entre: PhotoMeDAS y TAC de piel.

-Entre el grupo con valor de método 1 y 3, es decir entre medida de PhotoMeDAS y TAC en hueso.

Tabla 19. Tabla de la prueba T para muestras independientes del perímetro tomado con PhotoMeDAS y el obtenido con el TAC de hueso.

		Prueba de Levene para la igualdad de varianzas		T-Test for Equality of Means						
		F	Sign.	t	df	Sign. (2-colas)	Diferencia Media	Err.Est. de la Diferencia	95% Confidence Interval of the Difference	
									Inferior	Superior
PERIMETRO	Se asume igualdad de varianzas	.24	.628	2.61	28.00	.014	44.27	16.95	9.55	78.99
	Igualdad de varianzas no asumida			2.61	27.58	.014	44.27	16.95	9.52	79.01

Línea de tendencia del perímetro entre: PhotoMeDAS y TAC de hueso

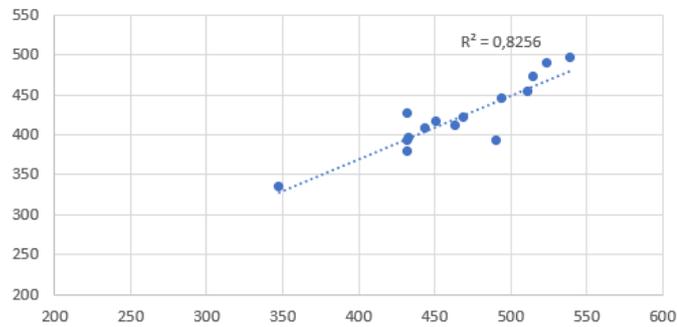


Figura 77. Gráfica de la línea de tendencia del perímetro entre: PhotoMeDAS y TAC de hueso.

-Entre el grupo con valor de método 2 y 3, es decir entre medida de TAC en piel y TAC en hueso.

Tabla 20. Tabla de la prueba T para muestras independientes del perímetro obtenido con el TAC de piel y el obtenido con el TAC de hueso.

		Prueba de Levene para la igualdad de varianzas		T-Test for Equality of Means						
		F	Sign.	t	df	Sign. (2-colas)	Diferencia Media	Err.Est. de la Diferencia	95% Confidence Interval of the Difference	
									Inferior	Superior
PERIMETRO	Se asume igualdad de varianzas	.00	.962	2.09	28.00	.045	32.50	15.51	.72	64.28
	Igualdad de varianzas no asumida			2.09	27.94	.045	32.50	15.51	.72	64.28

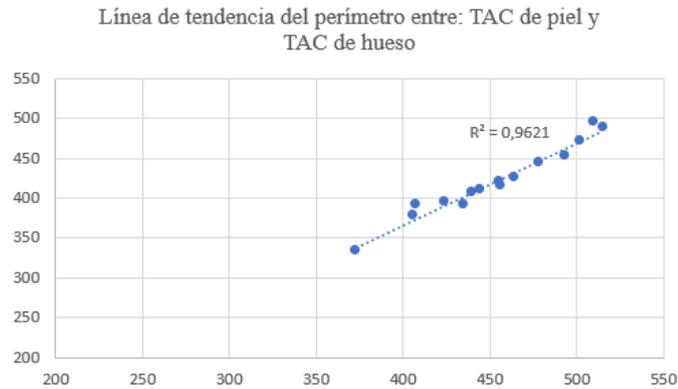


Figura 78. Gráfica de la línea de tendencia del perímetro entre: TAC de piel y TAC de hueso.

Si observamos las situaciones anteriores, vemos que en este caso no se comportan igual los tres casos.

El primer caso que es la comparación entre el grupo con valor de método 1 y 2, es decir entre medida de PhotoMeDAS y TAC en piel, vemos que el valor de significación es más elevado que el de significancia (0,05), por lo que la hipótesis nula se acepta. Y se puede decir que no hay evidencias que nos hagan rechazar la idea de que las medidas de perímetro tomadas con PhotoMeDAS y TAC en piel no son equivalentes.

Por el contrario, en los otros dos casos planteados el nivel de significación está por debajo del de significancia (0,05). Estos valores son de 0,14 y 0,45 por lo que la hipótesis nula se rechaza. Esto quiere decir que las medidas de perímetro comparadas en estos casos no son equivalentes.

Si analizamos las gráficas de la línea de tendencia, vemos que los valores de R^2 no son tan altos como los que encontrábamos por ejemplo en el análisis de los datos de volumen. Pero aun así los datos siguen una tendencia ascendente y están muy próximos a la línea de tendencia.

4.3 ÍNDICES

4.3.1 ÍNDICE DE ASIMETRIA

- Estadísticos descriptivos:

Tabla 21. Tabla de estadísticos descriptivos de los datos del índice de asimetría.

	N	Media	Desv Std	Mínimo	Máximo
IA	45	4.90	4.12	.000	17.107
N Válido (listwise)	45				
Missing N (listwise)	0				

Vemos que se disponemos de un total de 45 medidas con valores medios de 4,90 mm y con una desviación estándar de 4,12 mm.

- Prueba T para muestras independientes:
Con esta prueba se pretende comprobar la similitud entre los datos medidos por los distintos métodos. Para ello se realiza un contraste de hipótesis definiendo lo siguiente:
Hipótesis nula (H_0) = los índices son equivalentes.
Hipótesis alternativa (H_A) = los índices no son equivalentes.

Comparando los diferentes grupos de datos vemos lo siguiente:

-Entre el grupo con valor de método 1 y 2, es decir entre medida de PhotoMeDAS y TAC en piel.

Tabla 22. Tabla de la prueba T para muestras independientes del índice de asimetría tomado con PhotoMeDAS y el obtenido con el TAC de piel.

	Prueba de Levene para la igualdad de varianzas	T-Test for Equality of Means								
		F	Sign.	t	df	Sign. (2-colas)	Diferencia Media	Err.Est. de la Diferencia	95% Confidence Interval of the Difference	
									Inferior	Superior
IA	Se asume igualdad de varianzas	.05	.825	-.14	28.00	.889	-.22	1.53	-3.36	2.92
	Igualdad de varianzas no asumida			-.14	27.97	.889	-.22	1.53	-3.36	2.92

Línea de tendencia del índice de asimetría entre: PhotoMeDAS y TAC de piel

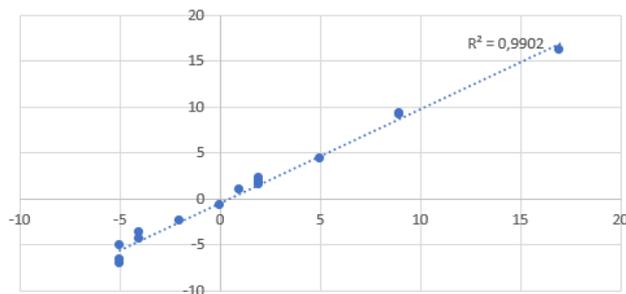


Figura 79. Gráfica de la línea de tendencia del índice de asimetría entre: PhotoMeDAS y TAC de piel.

-Entre el grupo con valor de método 1 y 3, es decir entre medida de PhotoMeDAS y TAC en hueso.

Tabla 23. Tabla de la prueba T para muestras independientes del índice de asimetría tomado con PhotoMeDAS y el obtenido con el TAC de hueso.

		Prueba de Levene para la igualdad de varianzas		T-Test for Equality of Means						
		F	Sign.	t	df	Sign. (2- colas)	Diferencia Media	Err.Est. de la Diferencia	95% Confidence Interval of the Difference	
									Inferior	Superior
IA	Se asume igualdad de varianzas	.00	.995	-.05	28.00	.962	-.07	1.55	-3.26	3.11
	Igualdad de varianzas no asumida			-.05	28.00	.962	-.07	1.55	-3.26	3.11

Línea de tendencia del índice de asimetría entre: PhotoMeDAS y TAC de hueso

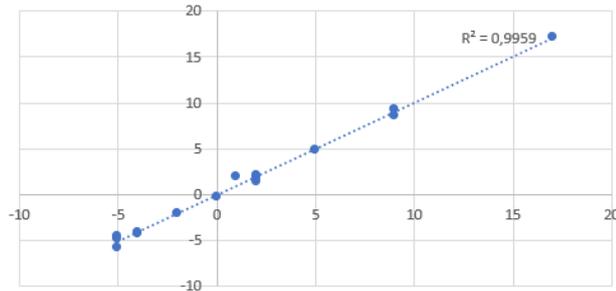


Figura 80. Gráfica de la línea de tendencia del índice de asimetría entre: PhotoMeDAS y TAC de hueso.

-Entre el grupo con valor de método 2 y 3, es decir entre medida de TAC en piel y TAC en hueso.

Tabla 24. Tabla de la prueba T para muestras independientes del índice de asimetría obtenido con el TAC de piel y el obtenido con el TAC de hueso.

		Prueba de Levene para la igualdad de varianzas		T-Test for Equality of Means						
		F	Sign.	t	df	Sign. (2- colas)	Diferencia Media	Err.Est. de la Diferencia	95% Confidence Interval of the Difference	
									Inferior	Superior
IA	Se asume igualdad de varianzas	.05	.820	.09	28.00	.927	.14	1.53	-2.99	3.27
	Igualdad de varianzas no asumida			.09	27.98	.927	.14	1.53	-2.99	3.27

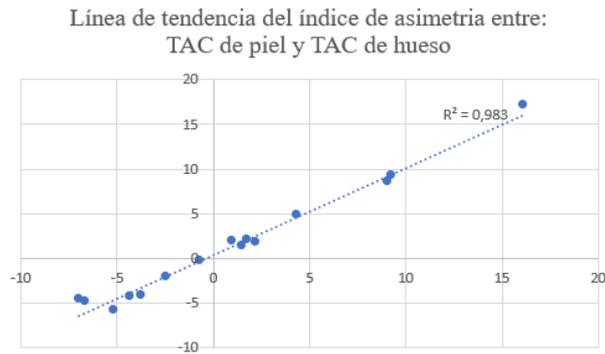


Figura 81. Gráfica de la línea de tendencia del índice de asimetría entre: TAC de piel y TAC de hueso.

Si analizamos las tres combinaciones de los grupos anteriores vemos que en todos los casos el valor de significación es mayor al nivel de significancia (0,05), por lo que se acepta la hipótesis nula. Así que no hay evidencias que nos lleven a rechazar la hipótesis de que los índices de asimetría medidos son equivalentes en los casos de: PhotoMeDAS-TAC de piel, PhotoMeDAS-TAC de hueso y TAC de piel-TAC de hueso.

Si analizamos las gráficas, vemos que los valores están muy próximos a las líneas de tendencia por lo que existe una alta relación entre los datos. Además, los valores de R^2 en los tres casos son muy cercanos a 1 y por lo tanto se confirma lo anterior.

4.3.2 ÍNDICE DIAMETRAL OBLICUO

- Estadísticos descriptivos:

Tabla 25. Tabla de estadísticos descriptivos de los datos del índice diametral oblicuo.

	N	Media	Desv Std	Mínimo	Máximo
IDO	45	100.79	3.86	96.180	111.564
N Válido (listwise)	45				
Missing N (listwise)	0				

Como se ve en la tabla anterior los valores del índice diametral oblicuo tienen una media de 100,79%.

- Prueba T para muestras independientes:
Con esta prueba se pretende comprobar la similitud entre los datos medidos por los distintos métodos. Para ello se realiza un contraste de hipótesis definiendo lo siguiente:
Hipótesis nula= los índices son equivalentes.
Hipótesis alternativa= los índices no son equivalentes.

Comparando los diferentes grupos de datos vemos lo siguiente:

-Entre el grupo con valor de método 1 y 2, es decir entre medida de PhotoMeDAS y TAC en piel.

Tabla 26. Tabla de la prueba T para muestras independientes del índice diametral oblicuo tomado con PhotoMeDAS y el obtenido con el TAC de piel.

		Prueba de Levene para la igualdad de varianzas		T-Test for Equality of Means						
		F	Sign.	t	df	Sign. (2-colas)	Diferencia Media	Err.Est. de la Diferencia	95% Confidence Interval of the Difference	
									Inferior	Superior
IDO	Se asume igualdad de varianzas	.06	.814	.07	28.00	.946	.09	1.38	-2.74	2.93
	Igualdad de varianzas no asumida			.07	27.93	.946	.09	1.38	-2.74	2.93

Línea de tendencia del índice diametral oblicuo entre: PhotoMeDAS y TAC de piel

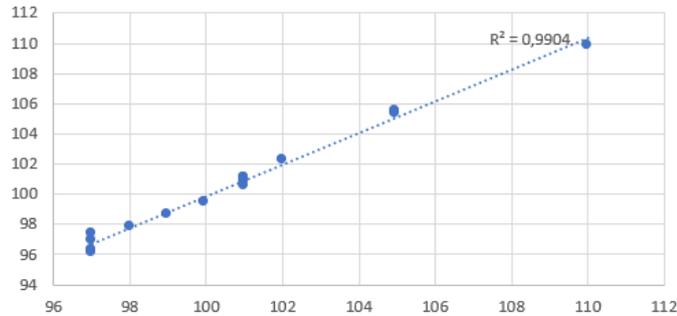


Figura 82. Gráfica de la línea de tendencia del índice diametral oblicuo entre: PhotoMeDAS y TAC de piel.

-Entre el grupo con valor de método 1 y 3, es decir entre medida de PhotoMeDAS y TAC en hueso.

Tabla 27. Tabla de la prueba T para muestras independientes del índice diametral oblicuo tomado con PhotoMeDAS y el obtenido con el TAC de hueso.

		Prueba de Levene para la igualdad de varianzas		T-Test for Equality of Means						
		F	Sign.	t	df	Sign. (2-colas)	Diferencia Media	Err.Est. de la Diferencia	95% Confidence Interval of the Difference	
									Inferior	Superior
IDO	Se asume igualdad de varianzas	.17	.687	-.17	28.00	.864	-.25	1.45	-3.22	2.72
	Igualdad de varianzas no asumida			-.17	27.48	.864	-.25	1.45	-3.23	2.73

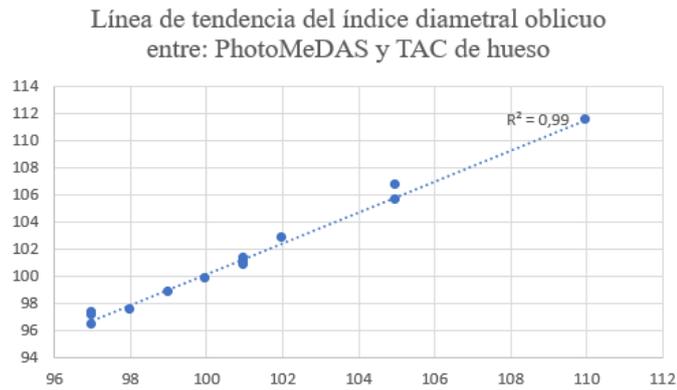


Figura 83. Gráfica de la línea de tendencia del índice diametral oblicuo entre: PhotoMeDAS y TAC de hueso.

-Entre el grupo con valor de método 2 y 3, es decir entre medida de TAC en piel y TAC en hueso.

Tabla 28. Tabla de la prueba T para muestras independientes del índice diametral oblicuo obtenido con el TAC de piel y el obtenido con el TAC de hueso.

		Prueba de Levene para la igualdad de varianzas		T-Test for Equality of Means						
		F	Sign.	t	df	Sign. (2-colas)	Diferencia Media	Err.Est. de la Diferencia	95% Confidence Interval of the Difference	
									Inferior	Superior
IDO	Se asume igualdad de varianzas	.03	.856	-.23	28.00	.818	-.34	1.48	-3.39	2.70
	Igualdad de varianzas no asumida			-.23	27.79	.818	-.34	1.48	-3.39	2.70

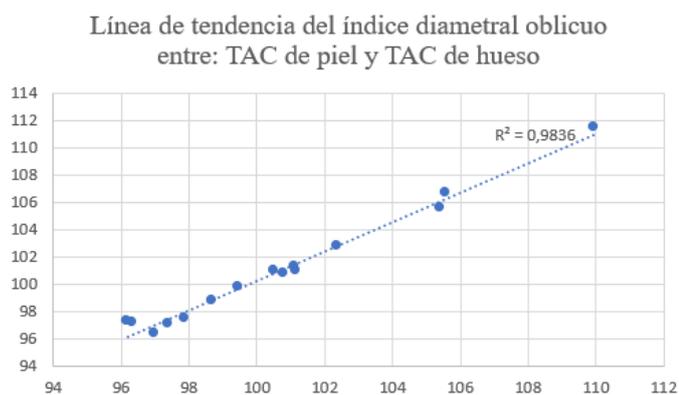


Figura 84. Gráfica de la línea de tendencia del índice diametral oblicuo entre: TAC de piel y TAC de hueso.

Analizando los tres supuestos anteriores vemos que, en todos, el valor de significación es superior al de significancia (0,05), y por tanto la hipótesis nula se acepta. Así que no hay indicios que nos hagan pensar que los valores del índice diametral oblicuo no son equivalentes en las distintas formas en que se han medido.

Si analizamos las gráficas vemos una alta relación entre los datos ya que los datos están muy próximos a la línea de tendencia y encontramos valores de R^2 muy cercanos a 1.

4.3.3 ÍNDICE CEFÁLICO

- Estadísticos descriptivos:

Tabla 29. Tabla de estadísticos descriptivos de los datos del índice cefálico.

	N	Media	Desv Std	Mínimo	Máximo
IC	45	76.09	6.54	62.357	91.000
N Válido (listwise)	45				
Missing N (listwise)	0				

- Prueba T para muestras independientes:
Con esta prueba se pretende comprobar la similitud entre los datos medidos por los distintos métodos. Para ello se realiza un contraste de hipótesis definiendo lo siguiente:
Hipótesis nula= los índices son equivalentes.
Hipótesis alternativa= los índices no son equivalentes.

Comparando los diferentes grupos de datos vemos lo siguiente:

-Entre el grupo con valor de método 1 y 2, es decir entre medida de PhotoMeDAS y TAC en piel.

Tabla 30. Tabla de la prueba T para muestras independientes del índice cefálico tomado con PhotoMeDAS y el obtenido con el TAC de piel.

		Prueba de Levene para la igualdad de varianzas		T-Test for Equality of Means						
		F	Sign.	t	df	Sign. (2- colas)	Diferencia Media	Err.Est. de la Diferencia	95% Confidence Interval of the Difference	
									Inferior	Superior
IC	Se asume igualdad de varianzas	.04	.849	.31	28.00	.758	.75	2.41	-4.19	5.69
	Igualdad de varianzas no asumida			.31	27.93	.758	.75	2.41	-4.19	5.69

Línea de tendencia del índice cefálico entre: PhotoMeDAS y TAC de piel

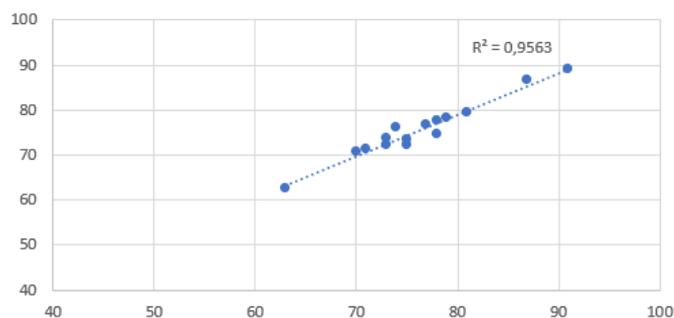


Figura 85. Gráfica de la línea de tendencia del índice cefálico entre: PhotoMeDAS y TAC de piel.

-Entre el grupo con valor de método 1 y 3, es decir entre medida de PhotoMeDAS y TAC en hueso.

Tabla 31..Tabla de la prueba T para muestras independientes del índice de cefálico tomado con PhotoMeDAS y el obtenido con el TAC de hueso.

		Prueba de Levene para la igualdad de varianzas		T-Test for Equality of Means						
		F	Sign.	t	df	Sign. (2- colas)	Diferencia Media	Err.Est. de la Diferencia	95% Confidence Interval of the Difference	
									Inferior	Superior
IC	Se asume igualdad de varianzas	.05	.817	-.01	28.00	.992	-.03	2.49	-5.12	5.06
	Igualdad de varianzas no asumida			-.01	28.00	.992	-.03	2.49	-5.12	5.06

Línea de tendencia del índice cefálico entre: PhotoMeDAS y TAC de hueso

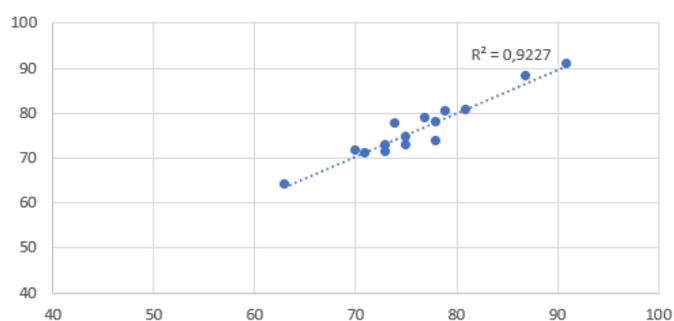


Figura 86. Gráfica de la línea de tendencia del índice cefálico entre: PhotoMeDAS y TAC de hueso.

-Entre el grupo con valor de método 2 y 3, es decir entre medida de TAC en piel y TAC en hueso.

Tabla 32. Tabla de la prueba T para muestras independientes del índice de cefálico obtenido con el TAC de piel y el obtenido con el TAC de hueso.

		Prueba de Levene para la igualdad de varianzas		T-Test for Equality of Means						
		F	Sign.	t	df	Sign. (2- colas)	Diferencia Media	Err.Est. de la Diferencia	95% Confidence Interval of the Difference	
									Inferior	Superior
IC	Se asume igualdad de varianzas	.19	.664	-.32	28.00	.751	-.78	2.42	-5.74	4.19
	Igualdad de varianzas no asumida			-.32	27.89	.751	-.78	2.42	-5.74	4.19

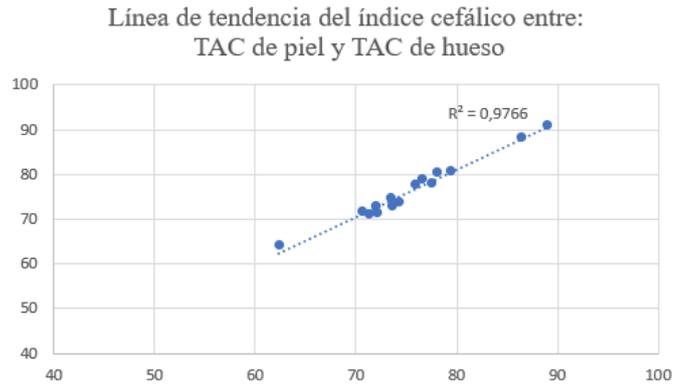


Figura 87. Gráfica de la línea de tendencia del índice cefálico entre: TAC de piel y TAC de hueso.

El análisis estadístico de las tres combinaciones anteriores nos muestra que en los tres casos el valor de significación es superior al de significancia (0,05), así que la hipótesis nula se acepta. Por lo que nuevamente no hay indicios que nos muestre que no son equivalentes las medidas del índice cefálico tomadas desde los distintos métodos.

En las gráficas se ve que la relación de los datos es alta dada su proximidad a la línea de tendencia.

4.3.4 ÍNDICE DE TURRICEFALIA

- Estadísticos descriptivos:

Tabla 33. Tabla de estadísticos descriptivos de los datos del índice de turricefalia.

	N	Media	Desv Std	Mínimo	Máximo
IT	45	69.29	1.64	67.000	74.427
N Válido (listwise)	45				
Missing N (listwise)	0				

En los estadísticos descriptivos de este índice vemos que la media de los datos es de 69,29% y que el valor máximo de este conjunto de datos es de 74,427%.

- Prueba T para muestras independientes:

Con esta prueba se pretende comprobar la similitud entre los datos medidos por los distintos métodos. Para ello se realiza un contraste de hipótesis definiendo lo siguiente:

Hipótesis nula= los índices son equivalentes.

Hipótesis alternativa= los índices no son equivalentes.

Comparando los diferentes grupos de datos vemos lo siguiente:

-Entre el grupo con valor de método 1 y 2, es decir entre medida de PhotoMeDAS y TAC en piel.

Tabla 34. Tabla de la prueba T para muestras independientes del índice de turricefalia a tomado con PhotoMeDAS y el obtenido con el TAC de piel.

	Prueba de Levene para la igualdad de varianzas	T-Test for Equality of Means								
		F	Sign.	t	df	Sign. (2- colas)	Diferencia Media	Err.Est. de la Diferencia	95% Confidence Interval of the Difference	
									Inferior	Superior
IT Se asume igualdad de varianzas	.00	.961	-.20	28.00	.839	-.13	.63	-1.42	1.17	
			-.20	27.98	.839	-.13	.63	-1.43	1.17	
Igualdad de varianzas no asumida										

Línea de tendencia del índice de turricefalia entre: PhotoMeDAS y TAC de piel

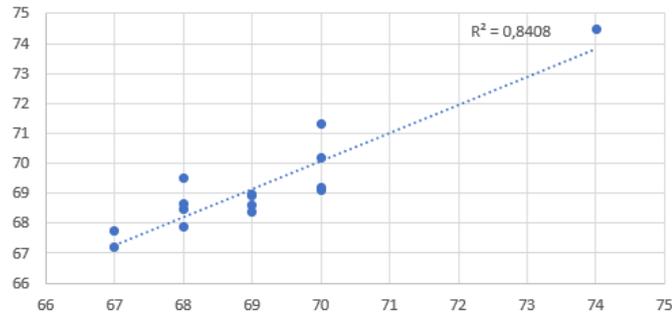


Figura 88. Gráfica de la línea de tendencia del índice de turricefalia entre: PhotoMeDAS y TAC de piel.

-Entre el grupo con valor de método 1 y 3, es decir entre medida de PhotoMeDAS y TAC en hueso.

Tabla 35. Tabla de la prueba T para muestras independientes del índice de turricefalia tomado con PhotoMeDAS y el obtenido con el TAC de hueso.

	Prueba de Levene para la igualdad de varianzas	T-Test for Equality of Means								
		F	Sign.	t	df	Sign. (2- colas)	Diferencia Media	Err.Est. de la Diferencia	95% Confidence Interval of the Difference	
									Inferior	Superior
IT Se asume igualdad de varianzas	.02	.893	-.90	28.00	.377	-.53	.59	-1.74	.68	
			-.90	27.66	.377	-.53	.59	-1.75	.68	
Igualdad de varianzas no asumida										

Línea de tendencia del índice de turricefalia entre:
PhotoMeDAS y TAC de hueso

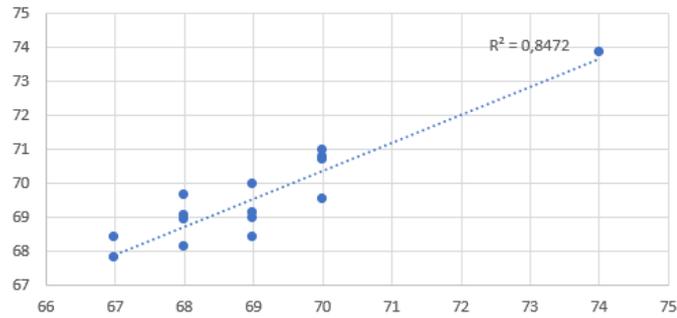


Figura 89. Gráfica de la línea de tendencia del índice de turricefalia entre: PhotoMeDAS y TAC de hueso.

-Entre el grupo con valor de método 2 y 3, es decir entre medida de TAC en piel y TAC en hueso.

Tabla 36. Tabla de la prueba T para muestras independientes del índice de turricefalia obtenido con el TAC de piel y el obtenido con el TAC de hueso.

	Prueba de Levene para la igualdad de varianzas	T-Test for Equality of Means							95% Confidence Interval of the Difference	
		F	Sign.	t	df	Sign. (2- colas)	Diferencia Media	Err.Est. de la Diferencia	Inferior	Superior
IT	Se asume igualdad de varianzas	.01	.939	-.67	28.00	.509	-.40	.60	-1.63	.83
	Igualdad de varianzas no asumida			-.67	27.49	.509	-.40	.60	-1.63	.83

Línea de tendencia del índice de turricefalia entre:
TAC de piel y TAC de hueso

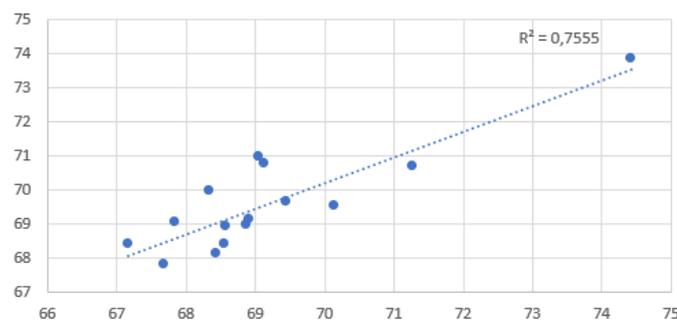


Figura 90. Gráfica de la línea de tendencia del índice de turricefalia entre: TAC de piel y TAC de hueso.

En estos casos el valor de significación es un poco más bajo que en los índices analizados anteriormente, pero aun así es mucho mayor que el valor de significancia de 0,05. Así que nuevamente la hipótesis nula se acepta. Y decimos que los valores del índice de turricefalia medidos a partir de los diferentes modelos son equivalentes.

En cuanto a las gráficas los datos en estas ya no están tan próximos a la línea de tendencia como en los casos anteriores, pero aun así el valor de R^2 es elevado, por lo que seguimos viendo una alta relación de los datos.

4.3.5 ÍNDICE METÓPICO

- Estadísticos descriptivos:

Tabla 37. Tabla de estadísticos descriptivos de los datos del índice metópico.

	N	Media	Desv Std	Mínimo	Máximo
IM	45	66.33	5.91	56.028	80.000
N Válido (listwise)	45				
Missing N (listwise)	0				

- Prueba T para muestras independientes:

Con esta prueba se pretende comprobar la similitud entre los datos medidos por los distintos métodos. Para ello se realiza un contraste de hipótesis definiendo lo siguiente:

Hipótesis nula= los índices son equivalentes.

Hipótesis alternativa= los índices no son equivalentes.

Comparando los diferentes grupos de datos vemos lo siguiente:

-Entre el grupo con valor de método 1 y 2, es decir entre medida de PhotoMeDAS y TAC en piel.

Tabla 38. Tabla de la prueba T para muestras independientes del índice metópico tomado con PhotoMeDAS y el obtenido con el TAC de piel.

		Prueba de Levene para la igualdad de varianzas		T-Test for Equality of Means						
		F	Sign.	t	df	Sign. (2-colas)	Diferencia Media	Err.Est. de la Diferencia	95% Confidence Interval of the Difference	
									Inferior	Superior
IM	Se asume igualdad de varianzas	.45	.509	-.50	28.00	.622	-1.10	2.20	-5.61	3.42
	Igualdad de varianzas no asumida			-.50	27.28	.622	-1.10	2.20	-5.62	3.42

Línea de tendencia del metópico entre: PhotoMeDAS y TAC de piel

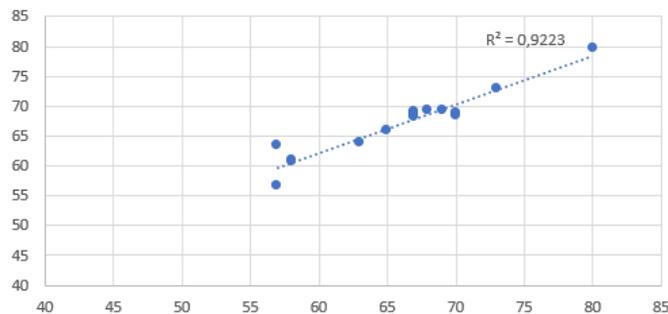


Figura 91. Gráfica de la línea de tendencia del índice metópico entre: PhotoMeDAS y TAC de piel.

-Entre el grupo con valor de método 1 y 3, es decir entre medida de PhotoMeDAS y TAC en hueso.

Tabla 39. Tabla de la prueba T para muestras independientes del índice metópico tomado con PhotoMeDAS y el obtenido con el TAC de hueso.

		Prueba de Levene para la igualdad de varianzas		T-Test for Equality of Means					95% Confidence Interval of the Difference	
		F	Sign.	t	df	Sign. (2- colas)	Diferencia Media	Err.Est. de la Diferencia	Inferior	Superior
		IM	Se asume igualdad de varianzas	.02	.892	-.04	28.00	.969	-.09	2.29
	Igualdad de varianzas no asumida			-.04	27.82	.969	-.09	2.29	-4.77	4.59

Línea de tendencia del índice metópico entre: PhotoMeDAS y TAC de hueso

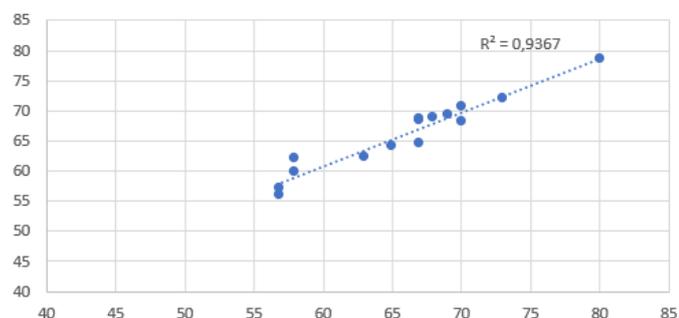


Figura 92. Gráfica de la línea de tendencia del índice metópico entre: PhotoMeDAS y TAC de hueso.

-Entre el grupo con valor de método 2 y 3, es decir entre medida de TAC en piel y TAC en hueso.

Tabla 40. Tabla de la prueba T para muestras independientes del índice metópico obtenido con el TAC de piel y el obtenido con el TAC de hueso.

		Prueba de Levene para la igualdad de varianzas		T-Test for Equality of Means					95% Confidence Interval of the Difference	
		F	Sign.	t	df	Sign. (2- colas)	Diferencia Media	Err.Est. de la Diferencia	Inferior	Superior
		IM	Se asume igualdad de varianzas	.34	.565	.48	28.00	.636	1.01	2.11
	Igualdad de varianzas no asumida			.48	27.81	.636	1.01	2.11	-3.31	5.33

Línea de tendencia del índice metópico entre:
TAC de piel y TAC de hueso

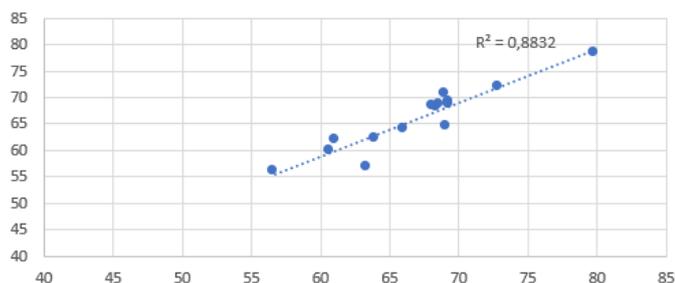


Figura 93. Gráfica de la línea de tendencia del índice metópico entre: TAC de piel y TAC de hueso.

Por último, el análisis del índice metópico, en este volvemos a ver unos resultados similares a los vistos en los índices anteriores. El valor de significación es mucho más elevado que el de significancia (0,05), y aceptamos por tanto la hipótesis nula. Es decir, volvemos a tener valores equivalentes medidos desde los tres modelos.

Las gráficas nuevamente muestran una relación de los datos dada su cercanía a la línea de tendencia.

4.4 VALORACIÓN

Una vez analizados los diferentes parámetros e índices medidos vemos que los datos tienen una alta relación entre los resultados medidos con las tres metodologías analizadas.

Si es cierto que los peores resultados se han encontrado en las medidas del perímetro, pero estas se ven directamente afectadas por la diferencia de fechas entre la toma de datos con PhotoMeDAS y la prueba de imagen TAC.

En conclusión, ante los resultados obtenidos en las estadísticas de las diferentes medidas e índices, vemos que si medimos a un paciente con PhotoMeDAS vamos a obtener valores totalmente equivalentes a los que vamos a poder medir con una prueba TAC.

5 CONCLUSIÓN

Después de realizar el estudio, analizar los datos medidos y ver los buenos resultados obtenidos, además de haber trabajado en consulta con el equipo de Neurocirugía Pediátrica del Hospital Universitario y Politécnico La Fe, creo que la aplicación móvil de PhotoMeDAS es una gran herramienta de ayuda en las consultas de diagnóstico.

En estas consultas se necesita un software que facilite medidas de precisión en una franja lo más breve posible de tiempo.

La metodología utilizada en consulta actualmente de medir al paciente con una cinta métrica o un calibre y calcular los índices con una calculadora, hace que estas medidas sean muy aproximadas ya que el paciente se mueve mucho y dado el alto número de pacientes que atienden en consulta cada día no se puede invertir mucho tiempo en repetir medidas.

Esto deriva a que muchos de los pacientes sean sometidos a pruebas de imagen medicas como son los TAC solo para comprobar si realmente las medidas son correctas.

Usando PhotoMeDAS en las consultas de diagnóstico se obtendrían datos de muy buena calidad y que harían que el doctor conociese con mayor seguridad la situación del paciente, dejando así las pruebas de imagen TAC o similares solo para pacientes con grandes patologías a los que se les vaya a intervenir quirúrgicamente. Es decir, se podría evitar exponer a radiación a muchos bebés que tienen problemas leves corregibles sin intervención quirúrgica.

Además, PhotoMeDAS es una aplicación que no requiere de costes económicos tan elevados como los de las pruebas de imagen médicas. Y tiene un fácil manejo que con un simple cursillo de formación haría que los especialistas pudiesen tomar datos sin complicaciones.

Por lo tanto, el uso de PhotoMeDAS en consulta haría que los hospitales ahorrasen dinero en pruebas diagnósticas de imagen como los TAC, facilitarían el trabajo de medida en consulta a los doctores y evitaría la exposición de radiación a muchos bebés.

6 PRESUPUESTO

En este presupuesto se han calculado los costes tanto directos como indirectos que tendría una empresa en la realización de este proyecto.

Para empezar, se ha buscado la tabla salarial más reciente (2020) del convenio nacional de empresas de ingeniería y oficinas de estudios técnicos.

Tabla 41. Tabla salarial y plus convenio para el año 2020.

Niveles	Tabla salarial según art. 33		Plus convenio anual según art. 38 convenio	Total anual	
	Mes x 14	Anual			
1	LICENCIADOS Y TITULADOS 2.º Y 3.º CICLO UNIVERSITARIO Y ANALISTA	1.712,42	23.973,88	2.349,69	26.323,57
2	DIPLOMADOS Y TITULADOS 1.º CICLO UNIVERSITARIO. JEFE SUPERIOR	1.291,04	18.074,56	2.349,69	20.424,25
3	TÉCNICO DE CÁLCULO O DISEÑO, JEFE DE 1.º Y PROGRAMADOR DE ORDENADOR	1.244,93	17.429,02	2.349,69	19.778,71
4	DELINEANTE-PROYECTISTA, JEFE DE 2.º Y PROGRAMADOR DE MAQ. AUXILIARES	1.141,36	15.979,04	2.349,69	18.328,73
5	DELINEANTE, TÉCNICO DE 1.º, OFICIAL 1.º ADMTVO. Y OPERADOR DE ORDENADOR	1.019,82	14.277,48	2.349,69	16.627,17
6	DIBUJANTE, TÉCNICO DE 2.º, OFICIAL 2.º ADMTVO., PERFORISTA, GRABADOR Y CONSERJE	878,63	12.300,82	2.349,69	14.650,51
7	TELEFONISTA-RECEPCIONISTA, OFICIAL 1.º OFICIOS VARIOS Y VIGILANTE	849,16	11.888,24	2.349,69	14.237,93
8	AUXILIAR TÉCNICO, AUX. ADMTVO., TELEFONISTA, ORDENANZA, PERSONAL DE LIMPIEZA Y OFICIAL 2.º OFICIOS VARIOS	790,36	11.065,04	2.349,69	13.414,73
9	AYUDANTE OFICIOS VARIOS	757,29	10.602,06	2.349,69	12.951,75

Analizando la tabla del convenio se ha calculado el sueldo por día y hora como se muestra en la siguiente tabla:

Tabla 42. Tabla con el cálculo del salario.

SUELDO							
Convenio ODD 2020	Sueldo mensual	Sueldo anual 14 pagas	Plus convenio	Seguridad Social (40%)	Total anual	Día	Hora
Titulado medio o Diplomado	1291,04	18074,56	2349,69	7229,82	27654,07	109,7383889	13,71729861

A continuación, para calcular los costes directos totales se ha calculado las horas empleadas en las diferentes actividades, así como los gastos en materiales y gasolina utilizados únicamente en el proyecto.

Tabla 43. Tabla de costes directos

COSTES DIRECTOS			
TAREA	DURACIÓN (horas)		
Búsqueda y descarga de información	50		
Búsqueda de información	20		
Búsqueda de software	10		
Descarga y aprendizaje de software	20		
Toma de datos en consulta	90		
Toma de datos con PhotoMeDAS	90		
Trabajo de gabienete	200		
Gestión de la información	20		
Tratamiento de los datos de PhotoMeDAS	15		
Tratamiento de los datos TAC	25		
Realización de medidas y cálculos	45		
Análisis de los datos y resultados	30		
Supervisión y resolución de dudas	20		
Creación de un proyecto escrito	45		
MATERIALES	UNIDADES	PRECIO	PRECIO TOTAL
Gasto en material específico			2170
Pueba TAC	15	140	2100
Gorro de PhotoMeDAS	3	20	60
Pegatinas	50	0,2	10
Gasolina por Kilometros	165	0,2	33

Una vez calculadas las horas totales se han calculado los días, semanas y meses que se han invertido en el proyecto para siguientes cálculos.

Tabla 44. Tabla de tiempo invertido en el proyecto.

TOTAL HORAS	340
TOTAL DÍAS	42,5
TOTAL SEMANAS	8,5
TOTAL MESES	2,023809524

A continuación, he calculado los costes referentes a los Recursos Humanos en función de las horas dedicadas a cada actividad:

Tabla 45. Tabla con el coste de RRHH

COSTE RRHH	
Actividad	Precio
Búsqueda y descarga de información	685,86
Toma de datos en consulta	1234,56
Trabajo de gabienete	2743,46
Total	4663,88

Con los datos anteriores se han calculado los gastos totales de los costes directos haciendo un total de 6833,88 €.

Tabla 46. Tabla total costes directos.

MATERIALES	2170,00
COSTE RRHH	4663,88
TOTAL COSTES DIRECTOS €	6833,88

Por otro lado, se han calculado los gastos indirectos que tiene la empresa y el coste que suponen al proyecto.

Tabla 47. Tabla de costes indirectos de la empresa

COSTES INDIRECTOS DE LA EMPRESA			
Recurso	AÑO	MES	COSTE PROYECTO
Seguro responsabilidad civil	1000	83,33	168,65
Alquiler Oficina	6000	500,00	1011,90
Gestoría y Asesoría	1200	100,00	202,38
Limpieza	2500	208,33	421,63
Papelería	300	25,00	50,60
Agua y luz	800	66,67	134,92
Telefonía e Internet	600	50,00	101,19
Visados del Colegio	1000	83,33	168,65
Amortizacion equipo informáticos (5 años)	600	50,00	101,19
Mobiliario de oficina (5 años)	300	25,00	50,60
Licencias y softwares	2000	166,67	337,30
Seguro Multiriesgo oficina	300	25,00	50,60
Financiación	900	75,00	151,79
Marcas y Patentes	500	41,67	84,33
Riesgos por impagos	2500	208,33	421,63
TOTAL	20500	1708,33	3457,34

Y finalmente se ha tenido en cuenta el beneficio industrial de un 10% y el IVA de un 21%.

Tabla 48. Tabla con los costes totales del proyecto.

PRESUPUESTO DESGLOSADO	PRECIO
PEM (CD+CI)	10291,22
PGC (PEM+BI)	11320,35
% BENEFICIO INDUSTRIAL	10,00
% IVA	21,00
TOTAL ANTES DE IMPUESTOS	11320,35
IMPUESTOS	2377,27
TOTAL (IVA INC)	13697,62

7 REFERENCIAS

Alan S. Brody; MD; Donald P. Frush; Walter Huda; PhD; Robert L. Brent; y Section on Radiology; Todas (2007) *Riesgo de radiación de la tomografía computarizada en niños / Pediatrics*. Available at: <https://www.elsevier.es/es-revista-pediatrics-10-articulo-riesgo-radiacion-tomografia-computarizada-ninos-13112816> (Accessed: 25 August 2021).

Alcarria, E. (2013) *DEFORMIDADES CRANEALES POSICIONALES. OSTEOPATÍA - Rehabilitación Premium Madrid*. Available at: <https://rehabilitacionpremiummadrid.com/blog/elena-alcarria/deformidades-craneales-posicionales-osteopatia/> (Accessed: 25 August 2021).

Áreas de trabajo – neurocirugiainfantil (no date). Available at: <https://www.neurocirugiainfantil.com.ar/areas-de-trabajo-craneosinostosis/> (Accessed: 1 September 2021).

Arévalo García, A. and Troya, L. V. (1984) ‘Tomografía computarizada (T.C.)’, *Revista de enfermería (Barcelona, Spain)*, 7(75), pp. 21–25. Available at: <https://www.nibib.nih.gov/espanol/temas-cientificos/tomografia-computarizada-tc> (Accessed: 25 August 2021).

Barbero-García, I. *et al.* (2018) ‘Smartphone-based close-range photogrammetric assessment of spherical objects’, *Photogrammetric Record*, 33(162), pp. 283–299. doi: 10.1111/phor.12243.

Barbero-García, I., Lerma, J. L. and Mora-Navarro, G. (2020) ‘Fully automatic smartphone-based photogrammetric 3D modelling of infant’s heads for cranial deformation analysis’, *ISPRS Journal of Photogrammetry and Remote Sensing*, 166(June), pp. 268–277. doi: 10.1016/j.isprsjprs.2020.06.013.

Craneosinostosis. Qué es y qué la causa - Plagiocefalia.com (no date). Available at: https://www.plagiocefalia.com/craneosinostosis/?gclid=CjwKCAjw64eJBhAGEiwABr9o2B8BBVOWltrVyKxkVIHxJATi49jakrPeHjetA4zRrN71ONTD4SLxXxoCfi0QAvD_BwE (Accessed: 25 August 2021).

García-Tornel Florensa, S. and Verde Sánchez, D. (2011) ‘Deformidades en la cabeza del bebé’, *Offfarm*, 30(5), pp. 71–74. Available at: <https://www.elsevier.es/es-revista-offfarm-4-articulo-deformidades-cabeza-del-bebe-X0212047X11276652> ER.

Image, C. and Although, E. (2013) ‘Anatomy of the Newborn Skull’, pp. 2–3. Available at: <https://www.stanfordchildrens.org/es/topic/default?id=anatomyofthenewbornskull-90-P04943> (Accessed: 18 August 2021).

Plagiocefalia – Ortopedia Mostkoff (2017). Available at: <https://www.ortopediamostkoff.com.mx/category/ortesis-craneal/plagiocefalia/> (Accessed: 1 September 2021).

Preevid: ¿Que sedación es más segura para la realización de TAC en niños menores de 5 años? (2006). Available at: <https://www.murciasalud.es/preevid/3086#> (Accessed: 25 August 2021).

Suturas craneales: MedlinePlus enciclopedia médica (2015). Available at: <https://medlineplus.gov/spanish/ency/article/002320.htm> (Accessed: 19 August 2021).

Tomografía Computarizada (TC) (no date). Available at: <https://www.nibib.nih.gov/espanol/temas-cientificos/tomografia-computarizada-tc> (Accessed: 4 September 2021).