



**UCAM**

UNIVERSIDAD CATÓLICA  
SAN ANTONIO

ESCUELA INTERNACIONAL DE DOCTORADO

Programa de Doctorado de Ciencias de la Salud

**Desarrollo de un método predictivo mediante  
TC para estudiar la evolución de los tejidos periim-  
plantarios tras la colocación de implantes dentales  
en un modelo experimental.**

Autor:

María del Carmen González Escudero

Directores:

Dr. José Eduardo Mate Sánchez del Val

Nuria García Carrillo

Murcia, Septiembre de 2022





**UCAM**

UNIVERSIDAD CATÓLICA  
SAN ANTONIO

ESCUELA INTERNACIONAL DE DOCTORADO

Programa de Doctorado de Ciencias de la Salud

**Desarrollo de un método predictivo mediante  
TC para estudiar la evolución de los tejidos periim-  
plantarios tras la colocación de implantes dentales  
en un modelo experimental.**

Autor:

María del Carmen González Escudero

Directores:

Dr. José Eduardo Mate Sánchez del Val

Nuria García Carrillo

Murcia, Septiembre de 2022





### AUTORIZACIÓN DEL DIRECTOR DE TESIS

El Dr. D. José Eduardo Mate Sánchez y Dra. Dña. Nuria García Carrillo de la Tesis Doctoral titulada “Desarrollo de un método predictivo mediante TC para estudiar la evolución de los tejidos periimplantarios tras la colocación de implantes dentales en modelo experimental” realizada por Dña. María del Carmen González Escudero en el Programa de Doctorado de Ciencias de la Salud, **autoriza su presentación a trámite** dado que reúne las condiciones necesarias para su defensa.

**LO QUE FIRMO, PARA DAR CUMPLIMIENTO AL REAL DECRETO 99/2011 DE 28 DE ENERO, EN MURCIA A 12 DE SEPTIEMBRE DE 2022**

Two handwritten signatures in blue ink are shown. The signature on the left is more fluid and cursive, while the one on the right is more angular and stylized.



## **DEDICATORIA**

A mi marido, pilar imprescindible en mi vida. Agradecerle el apoyo y la comprensión durante tanto tiempo. Tolerando robarle tiempo para dedicarlo a la tesis.

Gracias por toda la paciencia que tienes conmigo



## **AGRADECIMIENTOS**

Me gustaría agradecer a mi director de tesis doctoral, Dr. José Eduardo Mate Sánchez del Val, por aceptar se el director del proyecto y agradecer su ayuda. Y a mi directora, Dra. Nuria García Carrillo por todo su apoyo.

Y agradecer a todas aquellas personas que en mayor o menor medida han aportado su granito de arena para que este trabajo sea posible.

Con la elaboración de esta investigación me he adentrado en el campo de la investigación, lo cual requiere mucho tiempo y esfuerzo, pero ha aflorado en mi la inquietud por seguir participando.



“Sé firme en tus actitudes y

perseverante en tu ideal.

Pero sé paciente, no

pretendiendo que todo te llegue

de inmediato.

Haz tiempo para todo, y todo lo

que es tuyo, vendrá a tus manos

en el momento oportuno”.

M. Gandhi



## INDICE

|  |           |
|--|-----------|
| SIGLAS Y ABREVIATURAS  | 17        |
| INDICE DE FIGURAS  | 19        |
| INDICE DE TABLAS   | 34        |
| RESUMEN  | 35        |
| <b>1. ANTECEDENTES</b>   | <b>39</b> |
| <b>1.1. TEJIDO ÓSEO</b>  | <b>39</b> |
| 1.1.1. Anatomía y fisiología del tejido óseo                                   | 39        |
| 1.1.2. Características del hueso y tejido alveolar                             | 40        |
| 1.1.3. Características radiológicas del tejido óseo                            | 41        |
| 1.1.4. Remodelación ósea alveolar  | 41        |
| 1.1.5. Alteraciones o patología ósea bucodental                                | 43        |
| <b>1.2. IMPLANTES DENTALES</b>   | <b>44</b> |
| 1.2.1. Características generales de los implantes                              | 44        |
| 1.2.2. Características de los implantes y protocolo quirúrgico                 | 47        |
| 1.2.3. Evaluación del éxito o fracaso de los implantes                         | 48        |
| 1.2.4. Valoración del éxito o fracaso de los implantes en la clínica<br>Dental | 48        |
| <b>1.3. TOMOGRAFÍA COMPUTERIZADA EN ODONTOLOGÍA</b>                            | <b>49</b> |
| 1.3.1. Fundamentos de la Tomografía computerizada (TC)                         | 49        |
| 1.3.2. Aplicaciones de la TC   | 51        |

|  |     |
|--|-----|
| 1.4. INVESTIGACIÓN TRANSLACIONAL EN IMPLANTOLOGÍA                          | 52  |
| 2. JUSTIFICACIÓN Y OBJETIVOS   | 57  |
| 2.1. JUSTIFICACIÓN   | 57  |
| 2.2. OBJETIVOS   | 57  |
| 2.2.1. Objetivo principal  | 57  |
| 2.2.2. Objetivos específicos   | 58  |
| 3. MATERIAL Y MÉTODOS  | 61  |
| 3.1. MATERIAL  | 61  |
| 3.1.1. Modelo de estudio   | 61  |
| 3.1.2. Equipo de MicroCT   | 62  |
| 3.2. MÉTODOS   | 63  |
| 3.2.1. Estudio mediante mTC  | 63  |
| 3.2.2. Protocolo de Adquisición y Reconstrucción de las imágenes           | 63  |
| 3.2.3. Protocolo de Valoración visual y semicuantitativa de las imágenes   | 66  |
| 3.2.4. Protocolo de Cuantificación mediante la realización de líneas       | 70  |
| 3.2.5. Protocolo de Cuantificación mediante realización de ROIs            | 74  |
| 3.2.6. Correlación entre el análisis de la valoración visual de ROIs       | 76  |
| 4. RESULTADOS  | 79  |
| 4.1. RESULTADOS DE VALORACIÓN VISUAL                                       | 79  |
| 4.2. RESULTADOS DE VALORACIÓN DE LÍNEAS                                    | 90  |
| 4.3. RESULTADOS DE VALORACIÓN DE ROIS                                      | 192 |
| 4.4. RESULTADOS DEL ANALISIS ESTADÍSTICO DE ROIS                           | 205 |
| 5. DISCUSIÓN   | 225 |
| 5.1. PROTOCOLO DE VALORACIÓN VISUAL Y SEMICUANTITATIVA DE LA IMAGEN DE MTC | 228 |
| 5.2. PROTOCOLO DE CUANTIFICACIÓN MEDIANTE REALIZACIÓN DE LINEAS Y ROIS     | 228 |

---

|  |     |
|--|-----|
| 5.2.1. Protocolo de cuantificación mediante la realización de líneas | 230 |
| 5.2.2. Protocolo de cuantificación mediante la realización de ROIS   | 231 |
| 5.3. IMPORTANCIA CLINICA Y FUTURO PREDECIBLE                         | 231 |
| 6. CONCLUSIONES  | 235 |
| 7. BIBLIOGRAFIA  | 239 |
| 8. ANEXO   | 251 |



---

**SIGLAS Y ABREVIATURAS**

- Tomografía computarizada (TC)
- Micro Tomografía computarizada (mTC) (microCT)
- Unidades Hounsfield (UH)



---

**ÍNDICE DE FIGURAS**

- Figura 1: Clasificación de sitios edéntulos según Lekholm y Zarb (Lindhe, 2009) \_\_\_\_\_42
- Figura 2: Funcionamiento TC ( Hofer, 2001) \_\_\_\_\_49
- Figura 3: DATARAW son los datos crudos que se obtienen de TC. Siendo la unidad de volumen el Voxel y la imagen representada en el monitor el pixel (Katsumata et al, 2009) \_\_\_\_\_50
- Figura 4: Escáner multimodal \_\_\_\_\_62
- Figura 5: Parámetros establecidos en el programa Amide \_\_\_\_\_64
- Figura 6: Representación numérica de HU en TC \_\_\_\_\_65
- Figura 7: Protocolo para valoración visual \_\_\_\_\_67
- Figura 8: Protocolo visual para cuantificar el hueso periimplantario \_\_\_\_\_68
- Figura 9: Colocación de la línea perpendicular en la zona coronal de la muestra \_\_\_\_\_71
- Figura10: La gráfica corresponde a la disponibilidad ósea que rodea a la muestra de estudio en la zona coronal \_\_\_\_\_71
- Figura11: Fue analizada la colocación de la línea perpendicular en la zona central del implante \_\_\_\_\_72
- Figura 12: La gráfica corresponde a la disponibilidad ósea que rodea a la muestra en la zona central \_\_\_\_\_73
- Figura 13: Fue analizada la colocación de la línea perpendicular en la zona apical del implante \_\_\_\_\_73
- Figura 14: La gráfica corresponde a la disponibilidad ósea que rodea al implante en la zona apical. \_\_\_\_\_74
- Figura 15: En la imagen se reflejaron los 7 ROIs \_\_\_\_\_76
- Figura 16: Valoración visual de la tomografía coronal I \_\_\_\_\_80
- Figura 17: Valoración visual de la tomografía coronal II \_\_\_\_\_82
- Figura 18: Valoración visual de la tomografía coronal III \_\_\_\_\_83
- Figura 19: Valoración visual de la tomografía coronal IV \_\_\_\_\_84
- Figura 20: Valoración visual de la tomografía coronal V \_\_\_\_\_86
- Figura 21: Valoración visual de la tomografía coronal VI \_\_\_\_\_87

- Figura 22: Valoración visual de la tomografía coronal VII\_\_\_\_\_88
- Figura 23: Colocación de la línea perpendicular en la zona coronal de la muestra  
\_\_\_\_\_90
- Figura 24: Gráfica que corresponde a la disponibilidad ósea que rodea a la muestra de estudio en la zona coronal \_\_\_\_\_90
- Figura 25: Colocación de la línea perpendicular en la zona central de la muestra  
\_\_\_\_\_91
- Figura 26: Gráfica que corresponde a la disponibilidad ósea que rodea a la muestra de estudio en la zona central \_\_\_\_\_91
- Figura 27: Colocación de la línea perpendicular en la zona apical de la muestra  
\_\_\_\_\_92
- Figura 28: Gráfica que corresponde a la disponibilidad ósea que rodea a la muestra de estudio en la zona apical \_\_\_\_\_92
- Figura 29: Colocación de la línea perpendicular en la zona coronal de la muestra  
\_\_\_\_\_93
- Figura 30: Gráfica que corresponde a la disponibilidad ósea que rodea a la muestra de estudio en la zona coronal \_\_\_\_\_93
- Figura 31: Colocación de la línea perpendicular en la zona central de la muestra  
\_\_\_\_\_94
- Figura 32: Gráfica que corresponde a la disponibilidad ósea que rodea a la muestra de estudio en la zona central \_\_\_\_\_94
- Figura 33: Colocación de la línea perpendicular en la zona apical de la muestra  
\_\_\_\_\_95
- Figura 34: Gráfica que corresponde a la disponibilidad ósea que rodea a la muestra de estudio en la zona apical \_\_\_\_\_95
- Figura 35: Colocación de la línea perpendicular en la zona coronal de la muestra  
\_\_\_\_\_96
- Figura 36: Gráfica que corresponde a la disponibilidad ósea que rodea a la muestra de estudio en la zona coronal \_\_\_\_\_96
- Figura 37: Colocación de la línea perpendicular en la zona central de la muestra  
\_\_\_\_\_97
- Figura 38: Gráfica que corresponde a la disponibilidad ósea que rodea a la muestra de estudio en la zona central \_\_\_\_\_97

- Figura 39: Colocación de la línea perpendicular en la zona apical de la muestra  
\_\_\_\_\_ 98
- Figura 40: Gráfica que corresponde a la disponibilidad ósea que rodea a la muestra de estudio en la zona apical \_\_\_\_\_ 98
- Figura 41: Colocación de la línea perpendicular en la zona coronal de la muestra  
\_\_\_\_\_ 99
- Figura 42: Gráfica que corresponde a la disponibilidad ósea que rodea a la muestra de estudio en la zona coronal \_\_\_\_\_ 99
- Figura 43: Colocación de la línea perpendicular en la zona central de la muestra  
\_\_\_\_\_ 100
- Figura 44: Gráfica que corresponde a la disponibilidad ósea que rodea a la muestra de estudio en la zona central \_\_\_\_\_ 100
- Figura 45: Colocación de la línea perpendicular en la zona apical de la muestra  
\_\_\_\_\_ 101
- Figura 46: Gráfica que corresponde a la disponibilidad ósea que rodea a la muestra de estudio en la zona apical \_\_\_\_\_ 101
- Figura 47: Colocación de la línea perpendicular en la zona coronal de la muestra  
\_\_\_\_\_ 102
- Figura 48: Gráfica que corresponde a la disponibilidad ósea que rodea a la muestra de estudio en la zona coronal \_\_\_\_\_ 102
- Figura 49: Colocación de la línea perpendicular en la zona central de la muestra  
\_\_\_\_\_ 103
- Figura 50: Gráfica que corresponde a la disponibilidad ósea que rodea a la muestra de estudio en la zona central \_\_\_\_\_ 103
- Figura 51: Colocación de la línea perpendicular en la zona apical de la muestra  
\_\_\_\_\_ 104
- Figura 52: Gráfica que corresponde a la disponibilidad ósea que rodea a la muestra de estudio en la zona apical \_\_\_\_\_ 104
- Figura 53: Colocación de la línea perpendicular en la zona coronal de la muestra  
\_\_\_\_\_ 105
- Figura 54: Gráfica que corresponde a la disponibilidad ósea que rodea a la muestra de estudio en la zona coronal \_\_\_\_\_ 105
- Figura 55: Colocación de la línea perpendicular en la zona central de la muestra  
\_\_\_\_\_ 106

- Figura 56: Gráfica que corresponde a la disponibilidad ósea que rodea a la muestra de estudio en la zona central \_\_\_\_\_ 106
- Figura 57: Colocación de la línea perpendicular en la zona apical de la muestra \_\_\_\_\_ 107
- Figura 58: Gráfica que corresponde a la disponibilidad ósea que rodea a la muestra de estudio en la zona apical \_\_\_\_\_ 107
- Figura 59: Colocación de la línea perpendicular en la zona coronal de la muestra \_\_\_\_\_ 108
- Figura 60: Gráfica que corresponde a la disponibilidad ósea que rodea a la muestra de estudio en la zona coronal \_\_\_\_\_ 108
- Figura 61: Colocación de la línea perpendicular en la zona central de la muestra \_\_\_\_\_ 109
- Figura 62: Gráfica que corresponde a la disponibilidad ósea que rodea a la muestra de estudio en la zona central \_\_\_\_\_ 109
- Figura 63: Colocación de la línea perpendicular en la zona apical de la muestra \_\_\_\_\_ 110
- Figura 64: Gráfica que corresponde a la disponibilidad ósea que rodea a la muestra de estudio en la zona apical \_\_\_\_\_ 110
- Figura 65: Colocación de la línea perpendicular en la zona coronal de la muestra \_\_\_\_\_ 111
- Figura 66: Gráfica que corresponde a la disponibilidad ósea que rodea a la muestra de estudio en la zona coronal \_\_\_\_\_ 111
- Figura 67: Colocación de la línea perpendicular en la zona central de la muestra \_\_\_\_\_ 112
- Figura 68: Gráfica que corresponde a la disponibilidad ósea que rodea a la muestra de estudio en la zona central \_\_\_\_\_ 112
- Figura 69: Colocación de la línea perpendicular en la zona apical de la muestra \_\_\_\_\_ 112
- Figura 70: Gráfica que corresponde a la disponibilidad ósea que rodea a la muestra de estudio en la zona apical \_\_\_\_\_ 113
- Figura 71: Colocación de la línea perpendicular en la zona apical de la muestra \_\_\_\_\_ 113
- Figura 72: Gráfica que corresponde a la disponibilidad ósea que rodea a la muestra de estudio en la zona coronal \_\_\_\_\_ 114

- Figura 73: Colocación de la línea perpendicular en la zona coronal de la muestra  
\_\_\_\_\_ 114
- Figura 74: Gráfica que corresponde a la disponibilidad ósea que rodea a la muestra de estudio en la zona central \_\_\_\_\_ 115
- Figura 75: Colocación de la línea perpendicular en la zona central de la muestra  
\_\_\_\_\_ 115
- Figura 76: Gráfica que corresponde a la disponibilidad ósea que rodea a la muestra de estudio en la zona apical \_\_\_\_\_ 116
- Figura 77: Colocación de la línea perpendicular en la zona apical de la muestra  
\_\_\_\_\_ 116
- Figura 78: Gráfica que corresponde a la disponibilidad ósea que rodea a la muestra de estudio en la zona coronal \_\_\_\_\_ 117
- Figura 79: Colocación de la línea perpendicular en la zona coronal de la muestra  
\_\_\_\_\_ 117
- Figura 80: Gráfica que corresponde a la disponibilidad ósea que rodea a la muestra de estudio en la zona central \_\_\_\_\_ 118
- Figura 81: Colocación de la línea perpendicular en la zona central de la muestra  
\_\_\_\_\_ 118
- Figura 82: Gráfica que corresponde a la disponibilidad ósea que rodea a la muestra de estudio en la zona apical \_\_\_\_\_ 119
- Figura 83: Colocación de la línea perpendicular en la zona apical de la muestra  
\_\_\_\_\_ 119
- Figura 84: Gráfica que corresponde a la disponibilidad ósea que rodea a la muestra de estudio en la zona coronal \_\_\_\_\_ 120
- Figura 85: Colocación de la línea perpendicular en la zona coronal de la muestra  
\_\_\_\_\_ 120
- Figura 86: Gráfica que corresponde a la disponibilidad ósea que rodea a la muestra de estudio en la zona central \_\_\_\_\_ 121
- Figura 87: Colocación de la línea perpendicular en la zona central de la muestra  
\_\_\_\_\_ 121
- Figura 88: Gráfica que corresponde a la disponibilidad ósea que rodea a la muestra de estudio en la zona apical \_\_\_\_\_ 122
- Figura 89: Colocación de la línea perpendicular en la zona apical de la muestra  
\_\_\_\_\_ 122

- Figura 90: Gráfica que corresponde a la disponibilidad ósea que rodea a la muestra de estudio en la zona coronal \_\_\_\_\_ 123
- Figura 91: Colocación de la línea perpendicular en la zona coronal de la muestra \_\_\_\_\_ 123
- Figura 92: Gráfica que corresponde a la disponibilidad ósea que rodea a la muestra de estudio en la zona central \_\_\_\_\_ 124
- Figura 93: Colocación de la línea perpendicular en la zona central de la muestra \_\_\_\_\_ 124
- Figura 94: Gráfica que corresponde a la disponibilidad ósea que rodea a la muestra de estudio en la zona apical \_\_\_\_\_ 125
- Figura 95: Colocación de la línea perpendicular en la zona apical de la muestra \_\_\_\_\_ 125
- Figura 96: Gráfica que corresponde a la disponibilidad ósea que rodea a la muestra de estudio en la zona coronal \_\_\_\_\_ 126
- Figura 97: Colocación de la línea perpendicular en la zona coronal de la muestra \_\_\_\_\_ 126
- Figura 98: Gráfica que corresponde a la disponibilidad ósea que rodea a la muestra de estudio en la zona central \_\_\_\_\_ 127
- Figura 99: Colocación de la línea perpendicular en la zona apical de la muestra \_\_\_\_\_ 127
- Figura 100: Gráfica que corresponde a la disponibilidad ósea que rodea a la muestra de estudio en la zona apical \_\_\_\_\_ 128
- Figura 101: Colocación de la línea perpendicular en la zona coronal de la muestra \_\_\_\_\_ 128
- Figura 102: Gráfica que corresponde a la disponibilidad ósea que rodea a la muestra de estudio en la zona coronal \_\_\_\_\_ 129
- Figura 103: Colocación de la línea perpendicular en la zona central de la muestra \_\_\_\_\_ 129
- Figura 104: Gráfica que corresponde a la disponibilidad ósea que rodea a la muestra de estudio en la zona central \_\_\_\_\_ 130
- Figura 105: Colocación de la línea perpendicular en la zona apical de la muestra \_\_\_\_\_ 130
- Figura 106: Gráfica que corresponde a la disponibilidad ósea que rodea a la muestra de estudio en la zona apical \_\_\_\_\_ 131

- Figura 107: Colocación de la línea perpendicular en la zona coronal de la muestra \_\_\_\_\_ 131
- Figura 108: Gráfica que corresponde a la disponibilidad ósea que rodea a la muestra de estudio en la zona coronal \_\_\_\_\_ 132
- Figura 109: Colocación de la línea perpendicular en la zona central de la muestra \_\_\_\_\_ 132
- Figura 110: Gráfica que corresponde a la disponibilidad ósea que rodea a la muestra de estudio en la zona central \_\_\_\_\_ 133
- Figura 111: Colocación de la línea perpendicular en la zona apical de la muestra \_\_\_\_\_ 133
- Figura 112: Gráfica que corresponde a la disponibilidad ósea que rodea a la muestra de estudio en la zona apical \_\_\_\_\_ 134
- Figura 113: Colocación de la línea perpendicular en la zona coronal de la muestra \_\_\_\_\_ 134
- Figura 114: Gráfica que corresponde a la disponibilidad ósea que rodea a la muestra de estudio en la zona coronal \_\_\_\_\_ 135
- Figura 115: Colocación de la línea perpendicular en la zona central de la muestra \_\_\_\_\_ 135
- Figura 116: Gráfica que corresponde a la disponibilidad ósea que rodea a la muestra de estudio en la zona central \_\_\_\_\_ 136
- Figura 117: Colocación de la línea perpendicular en la zona apical de la muestra \_\_\_\_\_ 136
- Figura 118: Gráfica que corresponde a la disponibilidad ósea que rodea a la muestra de estudio en la zona apical \_\_\_\_\_ 137
- Figura 119: Colocación de la línea perpendicular en la zona coronal de la muestra \_\_\_\_\_ 137
- Figura 120: Gráfica que corresponde a la disponibilidad ósea que rodea a la muestra de estudio en la zona coronal \_\_\_\_\_ 138
- Figura 121: Colocación de la línea perpendicular en la zona central de la muestra \_\_\_\_\_ 138
- Figura 122: Gráfica que corresponde a la disponibilidad ósea que rodea a la muestra de estudio en la zona central \_\_\_\_\_ 139
- Figura 123: Colocación de la línea perpendicular en la zona apical de la muestra \_\_\_\_\_ 139

- Figura 124: Gráfica que corresponde a la disponibilidad ósea que rodea a la muestra de estudio en la zona apical \_\_\_\_\_ 140
- Figura 125: Colocación de la línea perpendicular en la zona coronal de la muestra \_\_\_\_\_ 140
- Figura 126: Gráfica que corresponde a la disponibilidad ósea que rodea a la muestra de estudio en la zona coronal \_\_\_\_\_ 141
- Figura 127: Colocación de la línea perpendicular en la zona central de la muestra \_\_\_\_\_ 141
- Figura 128: Gráfica que corresponde a la disponibilidad ósea que rodea a la muestra de estudio en la zona central \_\_\_\_\_ 142
- Figura 129: Colocación de la línea perpendicular en la zona apical de la muestra \_\_\_\_\_ 142
- Figura 130: Gráfica que corresponde a la disponibilidad ósea que rodea a la muestra de estudio en la zona apical \_\_\_\_\_ 143
- Figura 131: Colocación de la línea perpendicular en la zona coronal de la muestra \_\_\_\_\_ 144
- Figura 132: Gráfica que corresponde a la disponibilidad ósea que rodea a la muestra de estudio en la zona coronal \_\_\_\_\_ 144
- Figura 133: Colocación de la línea perpendicular en la zona central de la muestra \_\_\_\_\_ 145
- Figura 134: Gráfica que corresponde a la disponibilidad ósea que rodea a la muestra de estudio en la zona central \_\_\_\_\_ 145
- Figura 135: Colocación de la línea perpendicular en la zona apical de la muestra \_\_\_\_\_ 146
- Figura 136: Gráfica que corresponde a la disponibilidad ósea que rodea a la muestra de estudio en la zona apical \_\_\_\_\_ 146
- Figura 137: Colocación de la línea perpendicular en la zona coronal de la muestra \_\_\_\_\_ 147
- Figura 138: Gráfica que corresponde a la disponibilidad ósea que rodea a la muestra de estudio en la zona coronal \_\_\_\_\_ 147
- Figura 139: Colocación de la línea perpendicular en la zona central de la muestra \_\_\_\_\_ 148
- Figura 140: Gráfica que corresponde a la disponibilidad ósea que rodea a la muestra de estudio en la zona central \_\_\_\_\_ 148

- Figura 141: Colocación de la línea perpendicular en la zona apical de la muestra \_\_\_\_\_ 149
- Figura 142: Gráfica que corresponde a la disponibilidad ósea que rodea a la muestra de estudio en la zona apical \_\_\_\_\_ 149
- Figura 143: Colocación de la línea perpendicular en la zona coronal de la muestra \_\_\_\_\_ 150
- Figura 144: Gráfica que corresponde a la disponibilidad ósea que rodea a la muestra de estudio en la zona coronal \_\_\_\_\_ 150
- Figura 145: Colocación de la línea perpendicular en la zona central de la muestra \_\_\_\_\_ 151
- Figura 146: Gráfica que corresponde a la disponibilidad ósea que rodea a la muestra de estudio en la zona central \_\_\_\_\_ 151
- Figura 147: Colocación de la línea perpendicular en la zona apical de la muestra \_\_\_\_\_ 152
- Figura 148: Gráfica que corresponde a la disponibilidad ósea que rodea a la muestra de estudio en la zona apical \_\_\_\_\_ 152
- Figura 149: Colocación de la línea perpendicular en la zona coronal de la muestra \_\_\_\_\_ 153
- Figura 150: Gráfica que corresponde a la disponibilidad ósea que rodea a la muestra de estudio en la zona coronal \_\_\_\_\_ 153
- Figura 151: Colocación de la línea perpendicular en la zona central de la muestra \_\_\_\_\_ 154
- Figura 152: Gráfica que corresponde a la disponibilidad ósea que rodea a la muestra de estudio en la zona central \_\_\_\_\_ 154
- Figura 153: Colocación de la línea perpendicular en la zona apical de la muestra \_\_\_\_\_ 155
- Figura 154: Gráfica que corresponde a la disponibilidad ósea que rodea a la muestra de estudio en la zona apical \_\_\_\_\_ 155
- Figura 155: Colocación de la línea perpendicular en la zona coronal de la muestra \_\_\_\_\_ 156
- Figura 156: Gráfica que corresponde a la disponibilidad ósea que rodea a la muestra de estudio en la zona coronal \_\_\_\_\_ 156
- Figura 157: Colocación de la línea perpendicular en la zona central de la muestra \_\_\_\_\_ 157

- Figura 158: Gráfica que corresponde a la disponibilidad ósea que rodea a la muestra de estudio en la zona central \_\_\_\_\_ 157
- Figura 159: Colocación de la línea perpendicular en la zona apical de la muestra \_\_\_\_\_ 158
- Figura 160: Gráfica que corresponde a la disponibilidad ósea que rodea a la muestra de estudio en la zona apical \_\_\_\_\_ 158
- Figura 161: Colocación de la línea perpendicular en la zona coronal de la muestra \_\_\_\_\_ 159
- Figura 162: Gráfica que corresponde a la disponibilidad ósea que rodea a la muestra de estudio en la zona coronal \_\_\_\_\_ 159
- Figura 163: Colocación de la línea perpendicular en la zona central de la muestra \_\_\_\_\_ 160
- Figura 164: Gráfica que corresponde a la disponibilidad ósea que rodea a la muestra de estudio en la zona central \_\_\_\_\_ 160
- Figura 165: Colocación de la línea perpendicular en la zona apical de la muestra \_\_\_\_\_ 161
- Figura 166: Gráfica que corresponde a la disponibilidad ósea que rodea a la muestra de estudio en la zona apical \_\_\_\_\_ 161
- Figura 167: Colocación de la línea perpendicular en la zona coronal de la muestra \_\_\_\_\_ 162
- Figura 168: Gráfica que corresponde a la disponibilidad ósea que rodea a la muestra de estudio en la zona coronal \_\_\_\_\_ 162
- Figura 169: Colocación de la línea perpendicular en la zona central de la muestra \_\_\_\_\_ 163
- Figura 170: Gráfica que corresponde a la disponibilidad ósea que rodea a la muestra de estudio en la zona central \_\_\_\_\_ 163
- Figura 171: Colocación de la línea perpendicular en la zona apical de la muestra \_\_\_\_\_ 164
- Figura 172: Gráfica que corresponde a la disponibilidad ósea que rodea a la muestra de estudio en la zona apical \_\_\_\_\_ 164
- Figura 173: Colocación de la línea perpendicular en la zona coronal de la muestra \_\_\_\_\_ 165
- Figura 174: Gráfica que corresponde a la disponibilidad ósea que rodea a la muestra de estudio en la zona coronal \_\_\_\_\_ 166

- Figura 175: Colocación de la línea perpendicular en la zona central de la muestra \_\_\_\_\_ 166
- Figura 176: Gráfica que corresponde a la disponibilidad ósea que rodea a la muestra de estudio en la zona central \_\_\_\_\_ 167
- Figura 177: Colocación de la línea perpendicular en la zona apical de la muestra \_\_\_\_\_ 167
- Figura 178: Gráfica que corresponde a la disponibilidad ósea que rodea a la muestra de estudio en la zona apical \_\_\_\_\_ 168
- Figura 179: Colocación de la línea perpendicular en la zona coronal de la muestra \_\_\_\_\_ 168
- Figura 180: Gráfica que corresponde a la disponibilidad ósea que rodea a la muestra de estudio en la zona coronal \_\_\_\_\_ 169
- Figura 181: Colocación de la línea perpendicular en la zona central de la muestra \_\_\_\_\_ 169
- Figura 182: Gráfica que corresponde a la disponibilidad ósea que rodea a la muestra de estudio en la zona central \_\_\_\_\_ 170
- Figura 183: Colocación de la línea perpendicular en la zona apical de la muestra \_\_\_\_\_ 170
- Figura 184: Gráfica que corresponde a la disponibilidad ósea que rodea a la muestra de estudio en la zona apical \_\_\_\_\_ 171
- Figura 185: Colocación de la línea perpendicular en la zona coronal de la muestra \_\_\_\_\_ 171
- Figura 186: Gráfica que corresponde a la disponibilidad ósea que rodea a la muestra de estudio en la zona coronal \_\_\_\_\_ 172
- Figura 187: Colocación de la línea perpendicular en la zona central de la muestra \_\_\_\_\_ 172
- Figura 188: Gráfica que corresponde a la disponibilidad ósea que rodea a la muestra de estudio en la zona central \_\_\_\_\_ 173
- Figura 189: Colocación de la línea perpendicular en la zona apical de la muestra \_\_\_\_\_ 173
- Figura 190: Gráfica que corresponde a la disponibilidad ósea que rodea a la muestra de estudio en la zona apical \_\_\_\_\_ 174
- Figura 191: Colocación de la línea perpendicular en la zona coronal de la muestra \_\_\_\_\_ 174

- Figura 192: Gráfica que corresponde a la disponibilidad ósea que rodea a la muestra de estudio en la zona coronal \_\_\_\_\_ 175
- Figura 193: Colocación de la línea perpendicular en la zona central de la muestra \_\_\_\_\_ 175
- Figura 194: Gráfica que corresponde a la disponibilidad ósea que rodea a la muestra de estudio en la zona central \_\_\_\_\_ 176
- Figura 195: Colocación de la línea perpendicular en la zona apical de la muestra \_\_\_\_\_ 176
- Figura 196: Gráfica que corresponde a la disponibilidad ósea que rodea a la muestra de estudio en la zona apical \_\_\_\_\_ 177
- Figura 197: Colocación de la línea perpendicular en la zona coronal de la muestra \_\_\_\_\_ 178
- Figura 198: Gráfica que corresponde a la disponibilidad ósea que rodea a la muestra de estudio en la zona coronal \_\_\_\_\_ 178
- Figura 199: Colocación de la línea perpendicular en la zona central de la muestra \_\_\_\_\_ 179
- Figura 200: Gráfica que corresponde a la disponibilidad ósea que rodea a la muestra de estudio en la zona central \_\_\_\_\_ 179
- Figura 201: Colocación de la línea perpendicular en la zona apical de la muestra \_\_\_\_\_ 180
- Figura 202: Gráfica que corresponde a la disponibilidad ósea que rodea a la muestra de estudio en la zona apical \_\_\_\_\_ 180
- Figura 203: Colocación de la línea perpendicular en la zona coronal de la muestra \_\_\_\_\_ 181
- Figura 204: Gráfica que corresponde a la disponibilidad ósea que rodea a la muestra de estudio en la zona coronal \_\_\_\_\_ 181
- Figura 205: Colocación de la línea perpendicular en la zona central de la muestra \_\_\_\_\_ 182
- Figura 206: Gráfica que corresponde a la disponibilidad ósea que rodea a la muestra de estudio en la zona central \_\_\_\_\_ 182
- Figura 207: Colocación de la línea perpendicular en la zona apical de la muestra \_\_\_\_\_ 183
- Figura 208: Gráfica que corresponde a la disponibilidad ósea que rodea a la muestra de estudio en la zona apical \_\_\_\_\_ 183

- Figura 209: Colocación de la línea perpendicular en la zona coronal de la muestra \_\_\_\_\_ 184
- Figura 210: Gráfica que corresponde a la disponibilidad ósea que rodea a la muestra de estudio en la zona coronal \_\_\_\_\_ 184
- Figura 211: Colocación de la línea perpendicular en la zona central de la muestra \_\_\_\_\_ 185
- Figura 212: Gráfica que corresponde a la disponibilidad ósea que rodea a la muestra de estudio en la zona central \_\_\_\_\_ 185
- Figura 213: Colocación de la línea perpendicular en la zona apical de la muestra \_\_\_\_\_ 186
- Figura 214: Gráfica que corresponde a la disponibilidad ósea que rodea a la muestra de estudio en la zona apical \_\_\_\_\_ 186
- Figura 215: En la imagen se observaron los 7 ROIs (cajas) que se obtendrán los datos estadísticos \_\_\_\_\_ 188
- Figura 216: Escala de color del programa Amide \_\_\_\_\_ 188
- Figura 217: Imagen de muestra con 7 ROIs I \_\_\_\_\_ 189
- Figura 218: Imagen de muestra con 7 ROIs II \_\_\_\_\_ 189
- Figura 219: Imagen de muestra con 7 ROIs III \_\_\_\_\_ 190
- Figura 210: Imagen de muestra con 7 ROIs VI \_\_\_\_\_ 190
- Figura 221: Imagen de muestra con 7 ROIs V \_\_\_\_\_ 191
- Figura 222: Imagen de muestra con 7 ROIs VI \_\_\_\_\_ 191
- Figura 223: Imagen de muestra con 7 ROIs VII \_\_\_\_\_ 192
- Figura 224: Imagen de muestra con 7 ROIs VIII \_\_\_\_\_ 192
- Figura 225: Imagen de muestra con 7 ROIs IX \_\_\_\_\_ 193
- Figura 226: Imagen de muestra con 7 ROIs X \_\_\_\_\_ 193
- Figura 227: Imagen de muestra con 7 ROIs XI \_\_\_\_\_ 194
- Figura 228: Imagen de muestra con 7 ROIs XII \_\_\_\_\_ 194
- Figura 229: Imagen de muestra con 7 ROIs XIII \_\_\_\_\_ 195
- Figura 230: Imagen de muestra con 7 ROIs XIV \_\_\_\_\_ 195
- Figura 231: Imagen de muestra con 7 ROIs XV \_\_\_\_\_ 196
- Figura 232: Imagen de muestra con 7 ROIs XVI \_\_\_\_\_ 197
- Figura 233: Imagen de muestra con 7 ROIs XVII \_\_\_\_\_ 197
- Figura 234: Imagen de muestra con 7 ROIs XVIII \_\_\_\_\_ 198
- Figura 235: Imagen de muestra con 7 ROIs XIX \_\_\_\_\_ 198

- Figura 236: Imagen de muestra con 7 ROIs XX \_\_\_\_\_ 199
- Figura 237: Imagen de muestra con 7 ROIs XXI \_\_\_\_\_ 199
- Figura 238: Imagen de muestra con 7 ROIs XXII \_\_\_\_\_ 200
- Figura 239: Imagen de muestra con 7 ROIs XXIII \_\_\_\_\_ 200
- Figura 240: Imagen de muestra con 7 ROIs XXIV \_\_\_\_\_ 201
- Figura 241: Imagen de muestra con 7 ROIs XXV \_\_\_\_\_ 201
- Figura 242: Imagen de muestra con 7 ROIs XXVI \_\_\_\_\_ 202
- Figura 243: Imagen de muestra con 7 ROIs XXVII \_\_\_\_\_ 202
- Figura 244: Imagen de muestra con 7 ROIs XXVIII \_\_\_\_\_ 203
- Figura 245: Imagen de muestra con 7 ROIs XXIX \_\_\_\_\_ 203
- Figura 246: Imagen de muestra con 7 ROIs XXX \_\_\_\_\_ 204
- Figura 247: Imagen de muestra con 7 ROIs XXXI \_\_\_\_\_ 204
- Figura 248: Refleja la distribución de la densidad ósea en cada ROI que rodea a cada muestra \_\_\_\_\_ 206
  
- Figura 249: Media e Intervalo de confianza al 95% de la densidad ósea en caso ROI \_\_\_\_\_ 208
  
- Figura 250: Distribución de la densidad ósea en cada ROI según el tipo de muestra \_\_\_\_\_ 209
  
- Figura 251: Media e Intervalo de confianza al 95% en cada ROI según el tipo de muestra \_\_\_\_\_ 212
  
- Figura 252: Distribución de la densidad ósea en cada ROI según el tipo de muestra y posición. Rojo: implante en dos partes; Azul: implantes en dos partes \_\_\_\_\_ 214
- Figura 253: Media e Intervalo de confianza al 95% en cada ROI según el tipo y posición de muestra \_\_\_\_\_ 220
  
- Figura 254. Modelo de regresión sin interacción \_\_\_\_\_ 221
  
- Fig. 255. Modelo de regresión con interacción \_\_\_\_\_ 222

**ÍNDICE DE TABLAS**

- Tabla 1: Clasificación HU en TC (Norton y Gamble, 2001)  
\_\_\_\_\_43
- Tabla 2: Clasificación de Norton y Gamble en 2001 mediante la TC y HU  
(Norton y Gamble 2001) \_\_\_\_\_66
- Tabla 3: Puntuaciones para cuantificar el hueso a nivel visual \_\_\_\_\_69
- Tabla 4: Suma protocolo de valoración visual \_\_\_\_\_70
- Tabla 5: Media, desviación típica, tamaño muestral e intervalo de confianza  
al 95% para la media ósea en cada ROI.  
\_\_\_\_\_207
- Tabla 6: Tabla 6. Media, desviación típica, tamaño muestral e intervalo de  
confianza al 95% para la media ósea en cada ROI según el tipo de muestra  
\_\_\_\_\_211-212
- Tabla 7: Media, desviación típica, tamaño muestral e intervalo de confianza  
al 95% para la media ósea en cada ROI según el tipo y posición de la mues-  
tra. \_\_\_\_\_217-218



## RESUMEN

El diagnóstico mediante microtomografía computarizada (microCT) permite evaluar la remodelación de hueso cresta y la cantidad de tejido neoformado periimplantario. Por tanto, cada vez presenta más importancia en la práctica clínica y toma de decisiones por profesionales en odontología. Siendo el mejor método radiográfico para el análisis cuantitativo de la densidad ósea. El microCT obtiene los datos crudos, llamados Raw Data, los cuales mediante su procesamiento con programas de reconstrucción se obtienen imágenes pixeladas. Y cada píxel en la imagen final del microCT corresponde a las unidades Hounsfield (HU), y todo ello será interpretado por el profesional.

Con el fin de valorar la osteointegración periimplantaria sería útil un método cuantitativo estandarizado por ello el presente estudio pretende establecer un método mediante el análisis de las imágenes de microCT. Las muestras fueron analizadas mediante MicroCT, permitiéndonos evaluar la cicatrización ósea alrededor de las muestras de estudio permitiéndonos evaluar la osteointegración cualitativa y cuantitativamente.

Con el microCT se obtuvieron imágenes las cuales fueron analizadas mediante un protocolo de valoración visual y semicuantitativa de la imagen, es decir analizadas visualmente como ocurre en la práctica clínica habitualmente. Protocolo de cuantificación mediante la realización de líneas en todas las muestras. Y protocolo de cuantificación mediante la realización de ROIs.

Con el presente estudio se pretende establecer un método predictivo para estudiar la dinámica de cicatrización ósea alrededor de las muestras de estudio. No se intentó averiguar sobre los resultados de los experimentos debido a que exclusivamente se pretendió desarrollar e interpretar el método planteado.

Palabras claves: Tomografía computarizada (TC), Micro Tomografía computarizada (mTC), (microCT), Unidades Hounsfield (UH)

**ABSTRACT**

Diagnosis by means of computed microtomography (microCT) allows quantitative and qualitative assessment of crestal bone remodeling and the amount of peri-implant neoformed tissue. Therefore, it is becoming increasingly important in clinical practice and decision-making by dental professionals. It is the best radiographic method for quantitative analysis of bone density. The microCT obtains raw data, called Raw Data, which is processed with reconstruction programmed to obtain pixelated images. And each pixel in the final microCT image is a Hounsfield unit (HU), and all of this will be interpreted by the professional.

In order to assess peri-implant osseointegration, a standardized quantitative method would be useful, so this study aims to establish a method by analyzing microCT images. The samples were analyzed by MicroCT, allowing us to evaluate the bone healing around the study samples, allowing us to evaluate osseointegration quantitatively and quantitatively.

MicroCT images were obtained and analyzed by means of a visual and semi-quantitative image assessment protocol, analyzed visually as in normal clinical practice. Quantification protocol using lines in all samples. And quantification protocol by performing ROIs.

The present study aims to establish a predictive method to study the dynamics of bone healing around the study samples. No attempt was made to find out about the results of the experiments because we only intended to develop and interpret the proposed method.

Key words: Computed Tomography (CT), micro computed tomography (mCT), (microCT), Hounsfield Units (HU)

# **1. ANTECEDENTES**



## 1. ANTECEDENTES

### 1.1 TEJIDO ÓSEO

#### 1.1.1 Anatomía y fisiología del tejido óseo.

La función del tejido óseo es de: sostén, asistencia en el movimiento, protección, producción de células sanguíneas (médula ósea), homeostasis mineral y almacenamiento de triglicéridos. El tejido óseo está formado por una matriz osteoide, siendo el alojamiento de la medula ósea hematopoyética y un depósito de calcio, fosfato y otros iones. (Sachot et al, 2014).

Los componentes del tejido óseo son el hueso compacto y hueso esponjoso. El hueso compacto proporciona protección y soporte y se encuentra debajo del periostio. El tejido óseo compacto está formado por osteonas. Cada osteona consiste en un conducto central o de Havers con laminillas concéntricas. Los vasos sanguíneos, linfáticos y nervios atraviesan el hueso compacto por los conductos de Volkmann. Por otro lado, el hueso esponjoso está compuesto por trabéculas y médula ósea. Dentro de cada trabécula hay lagunas con osteocitos. El periostio y el endostio envuelven la cortical e irrigan al tejido óseo. (Marsell et al, 2011); (Percival et al, 2013).

El tejido óseo está formado por: Células osteogénicas, las cuales realizan la división celular, dando lugar a células que se transforman en osteoblastos. Dichos osteoblastos son células formadoras de hueso y de los componentes necesarios de la matriz osteoide. Los osteoclastos son responsables de la resorción ósea. Los osteocitos son células maduras y mantienen el metabolismo diario del hueso (Tortora, 2006).

La función de la remodelación ósea es el reemplazo del hueso viejo por hueso nuevo y se divide en dos fases: (Tortora, 2006).

- Resorción ósea: llevada a cabo por osteoclastos y es la remoción de fibras colágenas y minerales, llevando a cabo la destrucción de matriz ósea.

- Depósito óseo: los osteoblastos forman una nueva matriz osteoide incorporando fibras de colágeno y minerales que han sido reabsorbidos.

Cuando se produce algún tipo de lesión el hueso reacciona convirtiendo los osteoblastos en osteocitos pero la nueva formación de hueso es desorganizada. Progresivamente las fibras de colágeno se van ordenando, concluyendo con el engrosamiento trabecular en el hueso esponjoso y los componentes de la médula ósea. (Marsell et al, 2011 y Percival et al, 2013).

### **1.1.2 Características del hueso y tejido alveolar.**

El hueso es un tejido conjuntivo mineralizado formado por osteonas y estructurado en laminillas concéntricas, con elevada vascularización. Cada osteón está formado en el centro por un vaso sanguíneo, el conducto de Havers rodeado de laminillas concéntricas mineralizadas. Y el espacio entre osteones está formado por laminillas intersticiales. El hueso presenta elevada nutrición gracias a los vasos sanguíneos de los conductos de Havers y los conductos de Volkmann. El hueso propiamente dicho que reviste los alveolos el aporte vascular es gracias a los conductos de Volkmann, los cuales tienen su recorrido desde el ligamento periodontal (fibras de Sharpey) al hueso cortical. (Suárez, 2012)

El tejido óseo depende de la presencia de dientes para su mantenimiento y desarrollo. La función del hueso es estructural, con el fin de dar forma y sostener los alveolos dentales, además el tejido óseo maxilar y mandibular sirve para la inserción de músculos, siendo un reservorio de médula ósea y de iones de calcio. (Eley et al, 2012)

El tejido óseo se compone por hueso laminar mineralizado que contiene osteonas y hueso esponjoso o trabecular donde se encuentra la médula ósea. El hueso cortical o compacto de la apófisis alveolar en la cara lingual o palatina y vestibular de la apófisis alveolar que en su interior se encuentra el hueso esponjoso y dichas corticales recubren las superficies radiculares mediante el hueso propiamente dicho. (Roos et al, 1997).

### 1.1.3 Características radiológicas del tejido óseo.

Conocer la densidad ósea previamente es fundamental en la planificación en implantología, ya que existe correlación entre la calidad ósea y el éxito o fracaso del tratamiento. (Jemt et al, 1993).

Para el estudio de la calidad ósea en implantología y obtener valores numéricos de la densidad ósea se han publicado numerosos artículos en los últimos años de la utilización del micro-TC, concluyendo que es necesario un método objetivo y protocolizar la osteointegración entre la osteointegración y los valores numéricos cuantificables obtenido mediante el micro-TC (DeVos et al, 2009)

### 1.1.4 Remodelación ósea alveolar

El estrés mecánico provoca remodelación en el hueso alveolar. Dicha remodelación en condiciones normales permite la estabilidad del volumen del hueso. Lo que sucede es que las células detectan estímulos que se traducen en señales bioquímicas. (Keinan et al, 2014). De esta forma se activan a los osteoclastos y osteoblastos, dando lugar a los cambios que sean oportunos en la arquitectura ósea (Natu et al, 2014).

Las células responsables de la remodelación ósea son los osteoblastos y osteoclastos, la cantidad de hueso reabsorbido debe ser reemplazo por hueso neoformado. Por ende, los osteoclastos mediante la reabsorción ósea comienzan la remodelación de hueso y seguidamente los osteoblastos forman hueso nuevo. La presencia de dientes son los responsables de la formación y preservación de la apófisis alveolar, por tanto, cuando se lleva a cabo extracciones se reduce la apófisis alveolar. Siempre la reabsorción es mayor es en la tabla vestibular que en la lingual o palatina (Aerssens et al, 1998).

Uno de los factores más importantes para la osteointegración es la densidad ósea, siendo primordial conocer el volumen y calidad del tejido óseo alveolar del área de estudio. Tradicionalmente la evaluación visual se realiza mediante clasificación de Lekholm-Zarb, 1985, la cual es una técnica subjetiva según el cirujano, siendo necesario una técnica más objetiva (Merchán et al, 2015).

Lekholm y Zarb clasificaron los sitios edéntulos, según el volumen y calidad (Figura 1):

- Volumen

- A y B: cantidad considerable de apófisis alveolar
- C, D y E: remanente de apófisis alveolar mínima

- Calidad

- Clase I: prácticamente todo el hueso es cortical, presentando una muy pequeña cantidad de hueso trabecular denso
- Clase II: tabla cortical gruesa con un volumen pequeño de hueso trabecular denso
- Clase III: cortical delgada rodea al hueso trabecular denso
- Clase IV: cortical fina rodea al hueso trabecular poco denso

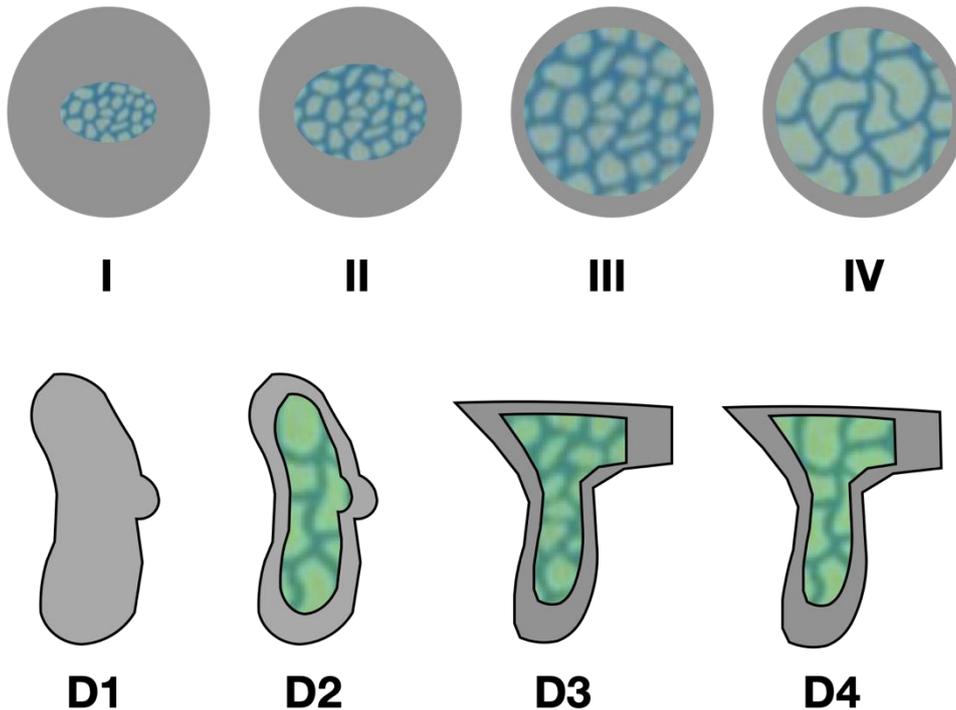


Fig.1. Clasificación de sitios edéntulos según Lekholm y Zarb (Lindhe, 2009)

En 2001 Norton y Gamble mediante la TC y HU establecieron una clasificación subjetiva para cuantificar la calidad ósea en TC, (Tabla 1):

Tabla 1. Clasificación HU en TC (Norton y Gamble, 2001)

| Calidad (Lekholm y Zarb) | HU (Norton y Gamble) | Región de interés                    |
|--------------------------|----------------------|--------------------------------------|
| <b>Tipo 1</b>            | > 850 HU             | Mandíbula anterior                   |
| <b>Tipo 2/3</b>          | + 500 y 850 HU       | Mandíbula posterior/Maxilar inferior |
| <b>Tipo 4</b>            | 0 - 500 HU           | Maxilar posterior                    |
| <b>Tipo 5</b>            | > 0 HU               | Tuberosidad                          |

### 1.1.5 Alteraciones o patología ósea bucodental (que afecte a la integración implantes dental)

En el proceso de osteointegración intervienen coordinadamente las células, tejidos periimplantarios y los factores de crecimiento (Linder et al, 1989). La osteoporosis senil y posmenopáusica afectan a los factores mecánicos y biológicos que intervienen en este proceso de osteointegración (Augat et al., 2005). La capacidad de proliferación de los osteoclastos en un hueso osteoporótico disminuye notablemente. (Pfeilschifter et al, 1993; Wong et al, 1994). Además, en dichos pacientes con osteoporosis aumenta la tasa de complicaciones y fracasos en las intervenciones implantarias (Zhang et al, 2004).

Son directamente proporcionales la estabilidad primaria implantaria y la calidad ósea. (Wittenberg et al, 1991). En el caso del tejido patológico, osteoporótico, que el hueso no presenta una calidad óptima podría producirse la escasa o nula estabilidad del implante. Además, la vascularización es fundamental en la osteogénesis y se ve afectada con el envejecimiento y las patologías (Shimada et al, 2004).

Por ende, la osteoporosis senil y posmenopáusica influyen en el éxito de los implantes, debido a que las condiciones óseas no son favorables para permitir una correcta estabilidad primaria. Por lo cual la osteointegración en dichos casos podría no ser un tratamiento exitoso a largo plazo (Nicoli Aldini et al, 2004); (Qi et al, 2004).

## 1.2 IMPLANTES DENTALES

### 1.2.1 Características generales de los implantes

En 1969 Branemark acuñó la definición de osteointegración: “conexión funcional y estructural directa entre hueso sano y la superficie de un implante que soporta carga”. Por ende, es fundamental la estabilidad primaria en el momento de la colocación implantaria para conseguir osteointegración. La osteointegración es el contacto directo hueso-implante, siendo necesaria una correcta estabilidad primaria tras la colocación del implante. Siendo el objetivo de las microrugosidades de los implantes conseguir estabilidad primaria y la osteointegración (Franchi, 2005).

La osteointegración depende de la respuesta ósea y tisular siendo influida por: la superficie del implante, el traumatismo quirúrgico, el lugar anatómico, y el tiempo de espera para la colocación de la posterior rehabilitación. (Listgarten, 1996). El éxito a largo plazo de la osteointegración depende de las exigencias biomecánicas, funcionales, bioquímicas y estéticas (Masuda et al, 1998).

Tras la colocación de un implante, Berglundh y col (2003) demostraron que la cicatrización del hueso pasa por diferentes fases: en primer lugar, se forma un coágulo de sangre que será reabsorbido paulatinamente y reemplazado a los 4 días por tejido de granulación que será reemplazado en 1 semana por tejido conjuntivo provisional y posteriormente a las 2 semanas por hueso reticular. Y a las 4 semanas el hueso reticular es sustituido por hueso laminar y médula ósea. Finalmente, después de las 6-12 semanas comienza el proceso de remodelado (Berglundh et al, 2003).

Cabe destacar que la mucosa que rodea a los implantes es la mucosa periimplantaria, tejido blando que no permite la filtración al tejido óseo. El epitelio de unión y tejido conjuntivo está unido a los implantes por hemidesmosomas, siendo el epitelio de unión de 2mm y el tejido conjuntivo supracrestal de 1-1,5mm. Las fibras que rodean a los implantes discurren en dirección paralela a dicho implante. Y la vasculización de la mucosa periimplantaria corre a cargo de los vasos sanguíneos suprapariosteales (Maló P, 2000).

### Superficie del implante

La composición de la superficie de los implantes es de titanio altamente biocompatible. En la cicatrización del tejido periimplantario influye la superficie del implante, la composición química y la topografía (Browne et al, 2000).

Siendo el Titanio altamente resistente a la corrosión y biocompatible, pero si en la superficie de los implantes las bacterias se adhieren y colonizan puede dar lugar a la formación de biofilm que puede provocar infección e inflamación produciendo periimplantitis, que puede conllevar el fracaso del implante (Zhang et al, 2013). Por tanto, para evitar dicha periimplantitis es necesario el control de la formación de biofilm en la superficie del implante con el fin de evitar infección e inflamación (Godoy-Gallardo et al, 2016).

En el pasado las superficies de los implantes eran lisas o mecanizadas, actualmente las superficies son rugosas. En el proceso de osteointegración influye tanto la topografía de la rugosidad como la morfología de la superficie presentando un efecto directamente proporcional en la respuesta celular, es decir en la adhesión de osteoblastos, y su proliferación y diferenciación (Martin et al, 1995); (Korovessis et al, 2002).

Las superficies rugosas periimplantarias se encuentran tratadas mediante diferentes técnicas como: erosionando la superficie mediante un chorro de arena, el grabado de la superficie del implante, la pulverización de plasma de titanio, revestimientos químicos y la deposición física de vapor (Hendry et al, 2001); (Giavaresi et al, 2004).

Grosso modo las superficies rugosas pueden dividirse en (Zechner et al., 2003):

- Superficies rugosas con recubrimiento
  - Pulverización del plasma de titanio
  - Recubiertos con Hidroxiapatita
- Sin recubrimiento
  - Chorro de arena
  - Grabado ácido (SLA)

### Estabilidad primaria del implante

Es la fijación rígida del implante con ausencia de micromovimientos en el lecho óseo creado anteriormente en el huésped (Branemark et al, 1977).

Una correcta estabilidad primaria permite minimizar las tensiones de distorsión, facilitando la osteogénesis y la osteointegración (Meyer et al, 2004).

En cambio, la movilidad excesiva del implante o la escasa estabilidad primaria del implante puede dar lugar a movimientos de tracción y cizallamiento y provocar la formación de una membrana fibrosa alrededor del implante que puede provocar un desplazamiento de la conexión hueso-implante y da lugar a una inhibición de la osteointegración (Soballe et al, 1992).

### Respuesta del hueso a la colocación del implante

La respuesta ósea tras la colocación de un implante es la formación del coágulo sanguíneo, destacando la presencia de plaquetas y fibrina (Park et al, 2000).

Haciendo referencia a la cicatrización del tejido periimplantario, conforme se va colocando el implante las paredes se llenan de sangre y comienza la respuesta inflamatoria. Las células inflamatorias (granulocitos polimorfonucleares y monocitos) migran al tejido periimplantario. Desde el primer día se adhieren a la superficie del implante: células mesenquimales, prosteoblastos y osteoblastos (Linder, 1985); (Albrektsson et al, 1986); (Meyer et al, 2004). Y en la superficie del implante las células osteogénicas depositan una capa de matriz no colágena. Pocos días después, los osteoblastos comienzan a depositar matriz de colágeno. Continuando con la aparición de un hueso rico con trabéculas óseas rico en vasos y células mesenquimales en la zona entre el hueso y el implante, que finalmente será reemplazado por hueso laminar maduro. (Puleo, 1999)

La osteogénesis periimplante puede ser: Osteogénesis a distancia: la osteogénesis es del hueso del huésped a la superficie periimplantaria. Osteogénesis de contacto: osteogénesis de la superficie del implante al hueso del huésped. (Lindhe, 2009)

### Remodelación ósea

El mecanismo de modelado y remodelación permite la maduración ósea alrededor de los implantes. Gracias a dicho mecanismo el hueso periimplantario es capaz de adaptarse a la carga mecánica. El mecanismo de adaptación al estrés

consta: del proceso de reabsorción ósea mediante la activación de los osteoclastos, seguido del proceso de formación ósea gracias a la activación de los osteoblastos y la mineralización del nuevo hueso. Siendo la misma actividad de las células que reabsorben hueso que las células formadoras de hueso (Brunski, 1991).

### 1.2.2 Características de los implantes y protocolo quirúrgico

Inmediatamente tras la pérdida de una pieza dental comienza el proceso de reabsorción ósea, produciendo tanto cambios en los tejidos duros como en los tejidos blandos. Siendo la reabsorción ósea más pronunciada en la cresta vestibular que en lingual o palatino (Araújo & Lindhe 2005).

En los casos que sea posible la colocación de implantes inmediatos permite reducir el número de cirugías y preservar la altura ósea. La preservación del tejido duro y blando es directamente proporcional a la osteointegración y el resultado estético. (Peñarrocha et al, 2018)

El protocolo quirúrgico y el diseño del implante depende de la densidad ósea:

- Hueso tipo I: hueso cortical denso en mandíbula anterior, favorece el contacto hueso-implante, pero durante el fresado para la posterior colocación del implante puede producir sobrecalentamiento del tejido óseo. Debido a que presenta menor aporte sanguíneo, lo cual limita la capacidad de regeneración.

- Hueso tipo II, en la zona posterior de la mandíbula y maxilar anterior. Permite una osteointegración más predecible debido a que el aporte vascular es correcto

- Hueso tipo III, en mandíbula posterior y maxilar anterior, hueso más trabecular por tanto el contacto hueso implante es menor. En cambio, es excelente el aporte sanguíneo.

- Hueso tipo IV, se encuentra en maxilar posterior. Hueso muy poroso por lo cual el contacto hueso implante es muy débil. La colocación de los implantes debe ser muy cuidadosa con el objetivo de conseguir estabilidad primaria.

### 1.2.3 Evaluación del éxito o fracaso de los implantes

El fracaso de un implante en la osteointegración inicial puede ser debido al sobrecalentamiento en el momento del fresado o si el operador ejerce una presión excesiva en la colocación del implante. También puede fracasar un implante durante la fase de cicatrización si se producen micromovimientos en el mismo.

Durante o posterior a la colocación de la prótesis se puede producir el fracaso del implante debido al estrés oclusal excesivo y/o un problema biomecánico en la prótesis. El fracaso temprano en un implante por carga se correlaciona con la cantidad de fuerza aplicada a la prótesis y la densidad de hueso, por tanto, presenta mayor fracaso en huesos blandos que en huesos duros (Misch, 2009)

### 1.2.4. Valoración del éxito o fracaso de los implantes en la clínica dental

Sería interesante un método cuantitativo de la estabilidad primaria con el fin de valorar la calidad ósea y la osteointegración de un implante y así conocer su éxito o fracaso. Las técnicas subjetivas no invasivas para conocer el contacto hueso implante son: Las técnicas radiográficas que no pueden estandarizarse para conocer la osteointegración. Tampoco se puede valorar la calidad ósea mediante el fresado en el momento de colocación de implantes. Al igual que no se puede valorar la osteointegración golpeando con un instrumento metálico, como argumento Adell y cols. (Adell, 1985)

Por otro lado, el sistema de Ostell y Periotest son métodos no invasivos que valoran la estabilidad primaria, aunque no hay suficiente evidencia científica de que se obtenga con dichos sistemas osteointegración precisa.

Método Periotest<sup>®</sup> (Siemens Medical Systems Inc, Charlotte, Nc) diseñado por Schulte y cols. en 1983, golpea el implante perpendicularmente al eje longitudinal del mismo y paralelo al suelo mediante una punta metálica. La velocidad es determinada con un valor Periotest (vpt). El principal problema es que según donde se coloque el instrumento puede dar lugar a una variación de los valores del periotest (Schulte, 1995); (Salonen, 1997).

Método Osstell<sup>®</sup> diseñado por Meredith en 1994, método reproducible de análisis de la frecuencia de resonancia. En el implante se coloca un pilar

transmucoso (transductor atornillado al implante). Constituido por dos piezoeléctricos. En primer lugar, una onda de frecuencia excita uno de los piezoeléctricos y se produce la vibración del transductor y en segundo lugar otro piezoeléctrico capta la respuesta del transductor. El aparato analiza la estabilidad del implante y traduce la vibración en ISQ. (Meredith et al, 1996).

### 1.3 TOMOGRAFÍA COMPUTERIZADA EN ODONTOLOGÍA

#### 1.3.1 Fundamentos de la Tomografía computerizada (TC)

Wilhelm Conrad Röntgen en 1895 descubrió los rayos-X. Posteriormente Radón en 1917 describió matemáticamente la reconstrucción de un objeto de estudio. Comenzó el desarrollo de la técnica en ese momento, siendo actualmente muy utilizado, entre otros para diagnosticar. (Lewitt et al, 2003).

En 1979 el ingeniero británico Hounsfield acuñó la TC médica. Se basa en que se emite un haz de Rayos X a través del tubo de rayos X, que atraviesa la muestra de estudio dando lugar a un proceso de absorción, captando los detectores la transmisión de información y que seguidamente será procesada. Consiguiendo una imagen de la muestra de estudio (PIXEL) en la unidad de volumen (VOXEL) y la densidad es expresada en unidades Hounsfield(HU) (Fig. 2)( Hofer, 2001).

Cabe destacar que el espesor de la muestra de estudio, la densidad de la muestra y del número atómico de la sustancia (número de protones o electrones) influye en el proceso de absorción de la muestra de estudio. (Hatcher, 2010).

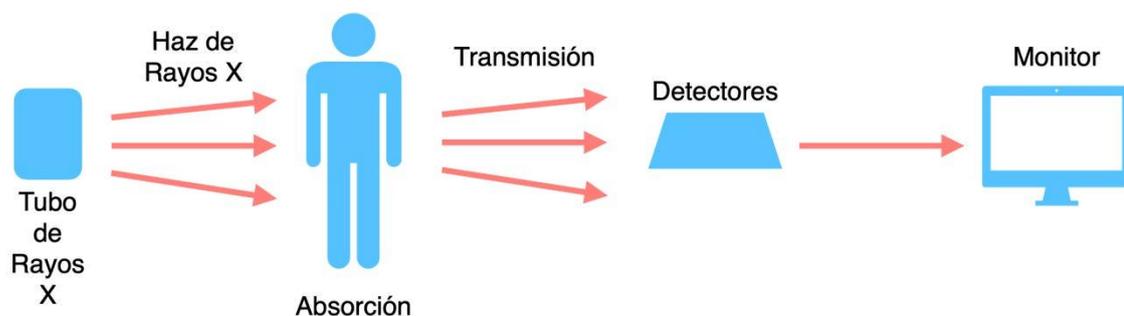


Fig. 2. Funcionamiento TC ( Hofer, 2001).

TC se obtienen datos crudos o DATARAW que deben ser expresados matemáticamente, dando lugar en el monitor a imágenes tridimensionales (pixel) y cada corte de la TC presenta espesor de 0,1 mm, siendo (Voxel) la unidad de volumen (Katsumata et al, 2009). (Fig 3).

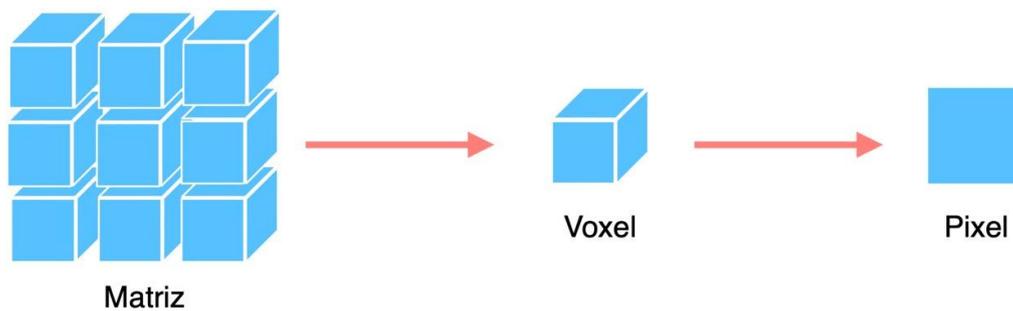


Fig. 3. DATARAW son los datos crudos que se obtienen de TC. Siendo la unidad de volumen el Voxel y la imagen representada en el monitor el pixel (Katsumata et al, 2009).

Por tanto, es diferente la absorción en cada tejido obteniendo distintos DATARAW o datos crudos. Cada píxel (imagen de la muestra) es la representación de un volumen tridimensional. Las unidades Hounsfield (HU) expresan la densidad y es el número asignado para cada píxel de la imagen de la TC. (Hatcher, 2010).

A las HU se les asigna un valor:

- 0: densidad del agua
- Valores negativos: grasa
- Valores positivos: tejidos blandos
- En los extremos de la escala:
  - Hueso (+1000)
  - Aire (-1000)

### 1.3.2 Aplicaciones de la TC

La TC de haz cónico presenta un bajo coste y baja dosis de radiación. Permite medir la densidad ósea gracias a las unidades Hounsfield (HU) de las imágenes de la microtomografía computerizada. Siendo un método predictivo y cuantitativo para evaluar la reabsorción de hueso corticales, esponjosos y tejidos periimplantario (Dougherty, 1996).

La TC permite valorar la densidad ósea alrededor de los implantes o el hueso disponible para su colocación. Siendo de gran utilidad ya que la tasa de éxito aumenta si la colocación de un implante es en un hueso que presenta elevada densidad y es óptima la cantidad de hueso tanto en altura como en anchura (Saavedra et al, 2010).

Por tanto, con la TC permite evaluar: La disponibilidad ósea, altura y grosor. Evaluar la localización de las estructuras conflictivas cercanas a la colocación de implantes (como puede ser el nervio alveolar inferior). Examinar los implantes colocados y la reabsorción ósea. Permite diagnosticar y planificar tratamientos quirúrgicos (Saavedra et al, 2010).

Las imágenes de los escáneres clínicos de tomografía computerizada (TC) presentan un volumen (voxel) de  $1 \text{ mm}^3$ , frente a los sistemas desarrollados con mejor resolución espacial, es decir la tomografía computerizada de rayos X micro (micro-CT o  $\mu$ -CT), que producen vóxeles en el rango de  $5 - 50 \mu\text{m}$ . (Kuhn et al, 1990).

El funcionamiento de los escáneres microCT es similar a TC clínicos, siendo un método para cuantificar hueso (Parfitt, 1988). A pesar de que actualmente el microCT no es aplicable a la práctica clínica rutinaria, forman parte de laboratorios de investigación académica e industrial. En el campo odontológico sería un gran método para el estudio y la evaluación de estructuras, otorgando al clínico información muy valiosa para el diagnóstico y plan de tratamiento (Teo et al, 2006). Los MicroCT permite estudiar numerosas muestras de diferentes densidades: dientes, huesos, tejidos, biomateriales, cerámica... (Swain et al, 2009). Las unidades Hounsfield de mayor a menor densidad hacen referencia al esmalte, dentina y por último a la pulpa. El ligamento periodontal normalmente no aparece en la TC. Siendo

estadísticamente mayores los valores hueso cortical compacto frente al hueso alveolar compacto (Hamdy et al, 2010).

Por ende, el MicroCT es una técnica rápida y precisa, con la cual permite evaluar el hueso trabecular y cortical. Siendo ideal para la predictibilidad del diagnóstico. Permitiendo estudiar el contacto hueso implante y evaluar la osteointegración de manera cualitativa y cuantitativamente (Park et al, 2005).

#### **1.4 INVESTIGACIÓN TRANSLACIONAL IMPLANTOLOGÍA (MODELOS ANIMALES)**

Los humanos comparten características biológicas en morfología y fisiología con los animales mamíferos. La investigación científica con animales comenzó, hace 500 a.C, en la Antigua Grecia, en los experimentos de Hipócrates y Alcmeón. Posteriormente Aristoteles y más tarde Galeno, 129-216 d.C, con el fin de conocer la anatomía realizaron las primeras disecciones Actualmente el Bienestar animal es basado en las "Cinco Libertades y las Tres R": reducir, refinar y reemplazo (Guide for the care and use of laboratory animals, 2011).

- Reducir: limitar el número de modelos de experimentación
- Refinar: realizar las técnicas de la manera más refinada posible con el fin de limitar el sufrimiento del animal antes, durante y después del procedimiento
- Reemplazo: utilización de técnicas alternativas al modelo animal

En el campo de la implantología se plantea una cuestión ética con el fin de extrapolar los resultados de estudios in vitro en modelos vivos semejantes al ser humano (Neyt et al, 1998). Siendo uno de los modelos más utilizado: el perro. Existiendo premisas para incluirlos en los estudios: la raza, edad, tamaño y estatus hormonal gonadal (Salvin et al, 2012).

Las ratas Wistar también muy utilizadas ya que son de fácil adquisición, manutención y bajo coste económico pero el problema es que las ratas tienen un inabordable abordaje intraoral y debido a su tamaño reducido el extraoral es complicado. Las ratas se pueden manipular genéticamente por tanto están más enfocadas a estudios de enfermedades humanas (Rodríguez, 2007).

Los conejos de Nueva Zelanda también son de fácil adquisición, manutención y de bajo coste, aunque mayor que las ratas Wistar. Siendo el abordaje intraoral inviable y el extraoral se puede realizar en la tibia, pero presenta una alta fragilidad ya que no contiene prácticamente zona medular limitando la colocación y el número de implantes. (Coelho et al, 2009). El estándar internacional son conejos de 2x6 mm y el estudio deben participar con máximo seis animales de estudio según la Organización Internacional de Normalización (ISO) (Herring, 2003)

En el perro, la manutención y coste económico es más alto que las ratas y los conejos. Además siendo el de mayor compleja adquisición de los tres modelos y solo se pueden encontrar en centros habilitados con licencias necesarias. La ventaja es que los sitios de colocación de implantes son más amplios. (Aerssens et al, 1998).

Para los estudios con perros se realiza la extracción de premolares y primer molar para la colocación de implantes inmediatos o diferidos. Debido a que los perros poseen una microestructura ósea similar al humano. El inconveniente es que debido a la anatomía de sus raíces presentan susceptibilidad a las fracturas tras las exodoncias, siendo necesario realizar odontosección (Huja et al, 2006)

Los perros Beagle presenta un carácter tranquilo y no suelen presentar problemas de salud congénitos por ello son la raza de elección. (Albuquerque et al, 2012). Para la realización de intervenciones quirúrgicas de los estudios deben pesar 15 kg aproximadamente y la edad debe ser entre  $1.82 \pm 0.63$  años (rango de 1 a 4 años) (Pearce et al, 2007).

Mediante los modelos animales se pretende plantear una hipótesis y seguidamente trasladarlo a ensayos en humanos. Siendo los modelos animales diferentes a los modelos humanos ya que son muy heterogéneos e influyen múltiples factores, edad, sexo, patologías, hábitos nocivos (Morán, 2007).



## **2. JUSTIFICACIÓN Y OBJETIVOS**



## 2.1. JUSTIFICACIÓN

Este estudio trata de desarrollar una metodología mediante la microtomografía computerizada con el fin de conocer el hueso periimplantario y predecir el comportamiento hueso-implante.

El análisis de la información obtenida mediante la microtomografía computerizada presenta capacidad diagnóstica para valorar el tejido óseo alrededor de los implantes. Por tanto, ofrece ventajas en la toma de decisiones en la práctica clínica diaria ya que permite con los valores obtenidos una mayor precisión y predictibilidad frente al clásico estudio visual de la muestra. Por ende, se pretende valorar la capacidad diagnóstica y predictiva del microCT mediante datos que se pueden cuantificar en la cicatrización del tejido óseo.

## 2.2. OBJETIVOS

### 2.2.1. Objetivo principal

El objetivo del presente estudio fue evaluar la capacidad descriptiva y diagnóstica del microCT con el fin de establecer un método predictivo para estudiar la dinámica de cicatrización ósea alrededor de las zonas periimplantarias.

### 2.2.2. Objetivos específicos

Para lograr dicho propósito fueron planteados los siguientes objetivos específicos:

1. Definir un protocolo descriptivo visual para valorar la estabilidad y/o viabilidad de los dos implantes a estudiar a partir de los datos obtenidos del mTC.
2. Establecer un protocolo de cuantificación mediante la realización de trazados lineales para valorar el comportamiento del hueso en apical, medial y coronal del contacto hueso implante expresado en HU.
3. Establecer un protocolo de cuantificación mediante la realización de ROIs para valorar los valores medios en HU, equivalentes al tipo de tejido, que hay alrededor de los de implantes.
4. Valorar el grado de correlación de los distintos protocolos definidos.

### **3. MATERIAL Y METODOS**



### 3. MATERIAL Y MÉTODOS

#### 3.1 MATERIAL

##### 3.1.1. Modelo de estudio

Para el estudio de los voxels del microCT del hueso periimplantario fueron utilizadas las muestras extraídas del banco de imágenes de microCT de la Universidad de Murcia las cuales fueron obtenidas de animales de experimentación, en concreto de perros Beagle, de 1,5 años y los cuales presentaban un peso de 14-15kg cada uno aproximadamente. Los animales presentaban buena salud general y sin enfermedad periodontal. Fueron seleccionados 7 modelos de estudio nombrados con la siguiente numeración: 4087; 6331; 8574; 8907; 8659; 4087 y 2987.

Los modelos de estudio como requisito debían de presentar implantes inmediatos colocados en ambas hemiarcadas mandibulares colocados en segundos premolares, terceros premolares, cuartos premolares y molares mandibulares (2P2, 3P3, 4P4, 1M1). El tamaño muestral correspondió a 34 implantes y todos de Titanio Grado IV y presentaban un diseño cónico. Fueron seleccionados para el estudio de forma aleatoria implantes con diseño en bloque o en dos fases, con diámetros de 3,5x10mm en premolares y 4x10mm en molares.

### 3.1.2. Equipo de MicroCT

Escáner multimodal SPECT/CT Albira II ARS perteneciente a la Universidad de Murcia. (Fig. 4), que permite obtener imágenes topográficas cuantitativas tanto de huesos como de tejidos blandos.



Fig.4. Escáner multimodal

### 3.2 MÉTODOS

#### 3.2.1. Estudio mediante mTC

Las muestras fueron analizadas mediante un escáner multimodal SPECT/CT Albira II ARS perteneciente a la Universidad de Murcia. Los parámetros de adquisición fueron 45 Kv, 0,2 mA, voxel de 0.05 mm. Los cortes de adquisición fueron axiales de 0,05 mm de espesor y de cada pieza se obtuvieron de 800 a 1000 imágenes a través de un detector digital flat panel 2400 x 2400 pixels y un FOV de 70 x 70 mm.

#### 3.2.2. Protocolo de Adquisición y Reconstrucción de las imágenes

Con la ayuda del microCT se obtuvieron imágenes, las cuales fueron reconstruidas mediante un algoritmo FBT (Filtered Back Projection) o programa de retroproyección filtrada, seguidamente se analizaron con el programa de análisis de imagen Amide (AMIDE, UCLA University, LA, USA).

Antes de comenzar el análisis en el programa de análisis de imagen Amide, todas las imágenes se calibraron y se colocaron en la misma posición y se establecieron siempre los mismos parámetros y la misma escala de colorimétrica, fue seleccionada la opción NIH. Se asignó un Zoom de 0,6, un umbral mínimo de 200 y un umbral máximo de 1500. (Fig.5). Con el objetivo de estudiar la remodelación ósea alrededor de los implantes mediante el análisis de los datos aportados por microCT.

Todas las imágenes fueron analizadas mediante diferentes protocolos, buscando un estudio próximo a la práctica clínica diaria, con fin de extrapolar el método de estudio con el microCT a estudios con un TAC clínico convencional.

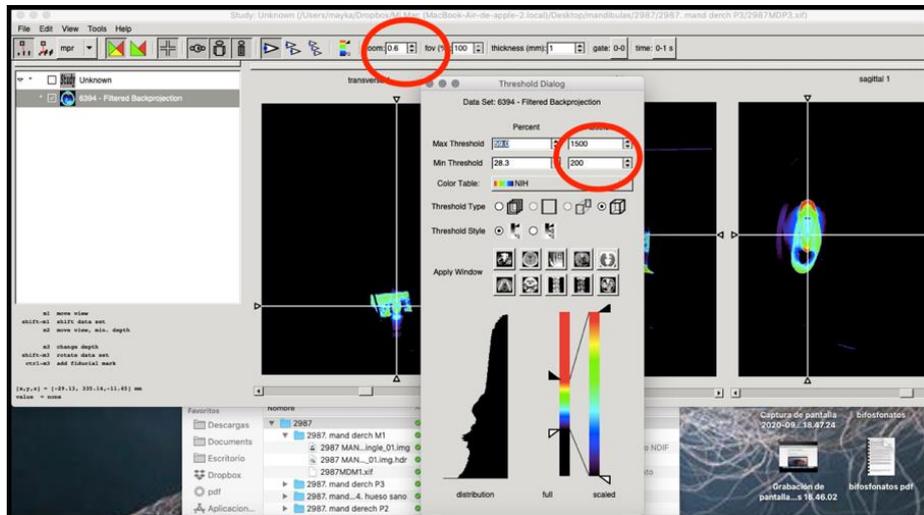


Fig 5. Parámetros establecidos en el programa Amide

Los datos crudos o DATARAW son diferentes en función de la absorción de cada tejido. Cada píxel es la representación en el monitor de un volumen tridimensional (Voxel). La densidad de cada píxel de la TC es representada mediante las unidades Hounsfield (HU). (Fig. 6) (Hatcher, 2010).

A las HU se les asigna un valor:

- O: densidad del agua
- Valores negativos: grasa
- Valores positivos: tejidos blandos
- En los extremos de la escala:
  - Hueso cortical (+1000)
  - Aire (-1000)

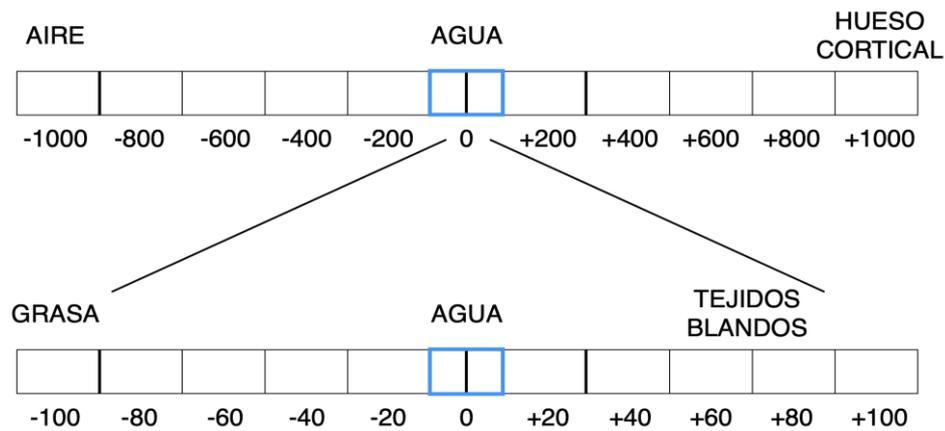


Fig.6. Representación numérica de HU en TC.

El termino de unidad Hounsfield (HU) hace referencia a la densidad de la muestra y cada píxel de la imagen de una tomografía computarizada. Por ende, permite averiguar la densidad ósea alrededor de los implantes de estudio. Fue utilizada la clasificación de Norton y Gamble que se realizó mediante tomografía computarizada presentando correlación entre las UH y los valores de densidad subjetiva según la clasificación de Lekholm y Zarb (Tabla 2). Cuando menor sea el valor correspondiendo con signo negativo hace referencia al aire, es una zona con defecto óseo. En cambio, cuanto mayor sean las unidades Hounsfield, más densidad y más cortical será el hueso. Por tanto, un valor bajo de unidades Hounsfield corresponderá con un hueso medular.

Tabla 2. Clasificación de Norton y Gamble en 2001 mediante la TC y HU (Norton y Gamble 2001)

|                     |                |
|---------------------|----------------|
| Hueso tipo I        | > + 850 HU     |
| Hueso tipo II / III | + 500 - 850 HU |
| Hueso tipo IV       | 0 - 500 HU     |
| Hueso tipo V        | < 0 HU         |

Las imágenes obtenidas de las muestras fueron nombradas mediante el número de la muestra de estudio y la posición de la colocación del implante de estudio. Siendo su significado: (P2): segundo premolar; (P3): tercer premolar; (P4): cuarto premolar; (M1) primer molar; (MD): mandíbula derecha y (MI): mandíbula izquierda. Fueron colocados dos tipos de implantes: Implante monobloque e implantes en dos partes.

### 3.2.3. Protocolo de Valoración visual y semicuantitativa de la imagen de microCT

Todas las imágenes fueron analizadas visualmente siendo un estudio muy similar a la práctica clínica diaria pero no fueron analizadas cuantitativamente. Cabe destacar que de forma visual hay cierta cantidad de información que el clínico no es capaz de visualizar, en cambio toda esa información se encuentra en los valores crudos o primarios o DATARAW.

Con el programa de análisis de imagen Amide, con todos los parámetros fijados, se estableció un protocolo visual que consistía en dividir el implante en cuatro partes y cada una de esas zonas se le daba una puntuación (Fig. 7):

- Trazando una línea transversal por la mitad del implante a estudiar, dividiéndolo en dos zonas: coronal y apical
- Trazando una línea sagital pasando por el centro del implante, dividiéndolo en: anterior y posterior

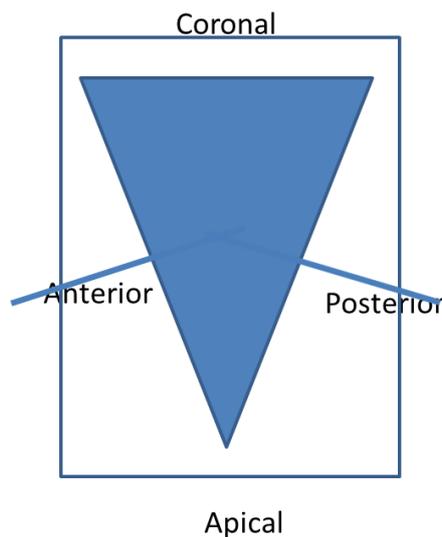


Fig. 7. Protocolo para valoración visual

Se establecieron unas puntuaciones para poder cuantificar a nivel visual las cuatro áreas y seguidamente sumando todas estas puntuaciones se obtendrá como resultado el total de la valoración que puede ser: nulo, pésimo, bueno, muy bueno y optimo (Fig. 8 y Tabla 3):

- 0: no hay contacto hueso-implante
  
- Anterior y posterior:
  - 1.1: contacto hueso-implante menor del 50%
  
  - 1.2: contacto hueso-implante mayor del 50%
  
- Coronal y apical:
  - 0: no hay contacto hueso-implante
  
  - 1: si hay contacto hueso-implante

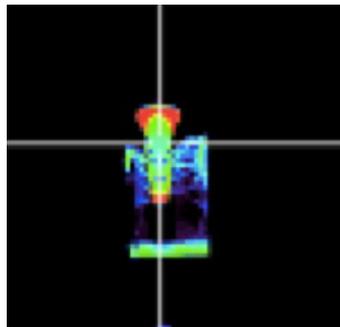


Fig. 8: Protocolo visual para cuantificar el hueso periimplantario

Tabla 3. Puntuaciones para cuantificar el hueso a nivel visual

| Muestra   | Lado 1 (ant) | Lado 2 (post) | Coronal | Apical | Total |
|-----------|--------------|---------------|---------|--------|-------|
| P3MD-4087 | 1.2          | 1.2           | 1       | 0      | 3.4   |

El valor contacto anterior y posterior debido a que tiene mayor longitud el contacto hueso implante, se establece como 1.1 y 1.2. Además, que en la zona latero-apical generalmente hay más hueso que en la zona latero-coronal donde la reabsorción suele ser más acentuada. En cambio, el contacto apical y coronal, se establece como un numero dicotómico debido a la menor área de estudio

La suma de la puntuación del protocolo de valoración visual de cada una de las zonas se estableció como (Tabla 4):

- 0: Nula, si no existe contacto
- 1.1 - 2.2: Pésimo, existen entre 1 y 2 semicontactos
- 2.3 – 2.4: Bueno, existen más de 2 semicontactos
- 3 – 4: Muy bueno, contacto apical o coronal
- > 4: Óptimo, contacto en las 4 zonas

Tabla 4. Suma protocolo de valoración visual

| Pieza                                 | Lado 1<br>(ant) | Lado 2<br>(post) | Coronal | Apical | Total   |
|---------------------------------------|-----------------|------------------|---------|--------|---------|
| Nula (no existe contacto)             | 0               | 0                | 0       | 0      | 0       |
| Pésimo (entre 1 y 2 semicontactos)    | 0-1.1           | 0-1.1            | 0       | 0      | 1.1-2.2 |
| Bueno (más de 2 semicontactos)        | 1.1-1.2         | 1.1-1.2          | 0-1     | 0-1    | 2.3-2.4 |
| Muy Bueno (contacto apical o coronal) | 1.1-1.2         | 1.1-1.2          | 0-1     | 0-1    | 3-4     |
| Óptimo (contacto en los 4 bordes)     | 1.2             | 1.2              | 0-1     | 0-1    | Mayor 4 |

### 3.2.4. Protocolo de Cuantificación mediante realización de líneas

Se trazaron tres líneas en cada una de las muestras: línea coronal, línea medial y línea apical en la imagen del microCT en el corte coronal ya que era el corte que más información aportaba. En el corte sagital y transversal visualmente no se observaba con claridad el contacto hueso implante. Se obtuvieron valores numéricos

en unidades Hounsfield (HU) de los Voxeles que atraviesan de un lado a otro el área de estudio.

Por ende, estas tres líneas trazadas a mano alzada tenían como objetivo realizar un estudio analítico promedio atravesando el implante y el tejido óseo adyacente. Dicho protocolo de cuantificación analítico mediante líneas fue realizado en todas las imágenes de microCT correspondiente a cada implante con la reabsorción ósea correspondiente (Fig. 9-15)



Fig. 9. Colocación de la línea perpendicular en la zona coronal de la muestra

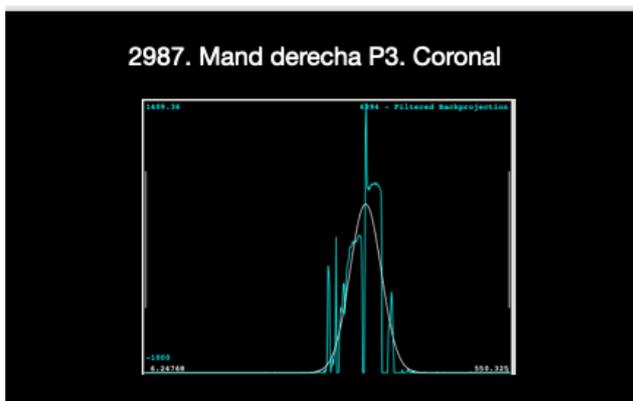


Fig.10. La gráfica corresponde a la disponibilidad ósea que rodea a la muestra de estudio en la zona coronal.

Se aprecia como las unidades Hounsfield son bajas en el inicio de la campana de Gauss, correspondiendo con la baja disponibilidad ósea que se observó alrededor del implante, la curva comienza a ascender correspondiendo el punto más alto con el implante, siendo de Titanio presentando unas unidades Hounsfield altas. La curva comienza a descender en la izquierda, siendo más baja que en la derecha, describiendo la disminución de la disponibilidad ósea.

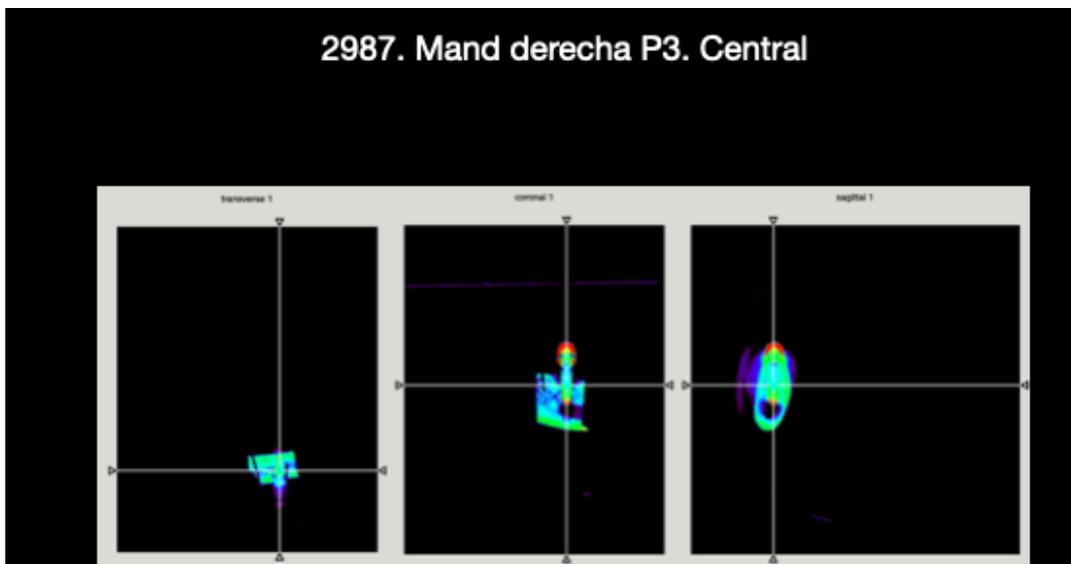


Fig. 11. Fue analizada la colocación de la línea perpendicular en la zona central del implante.

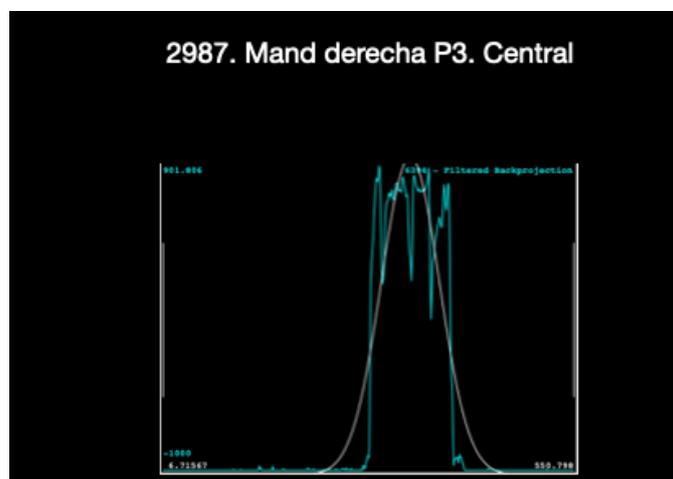


Fig.12. La gráfica corresponde a la disponibilidad ósea que rodea a la muestra en la zona central.

Se observaron las unidades Hounsfield reflejadas en la campana de Gauss, correspondiendo con la baja disponibilidad ósea que se observó alrededor del implante y se observaron elevadas unidades Hounsfield únicamente en la zona del implante.

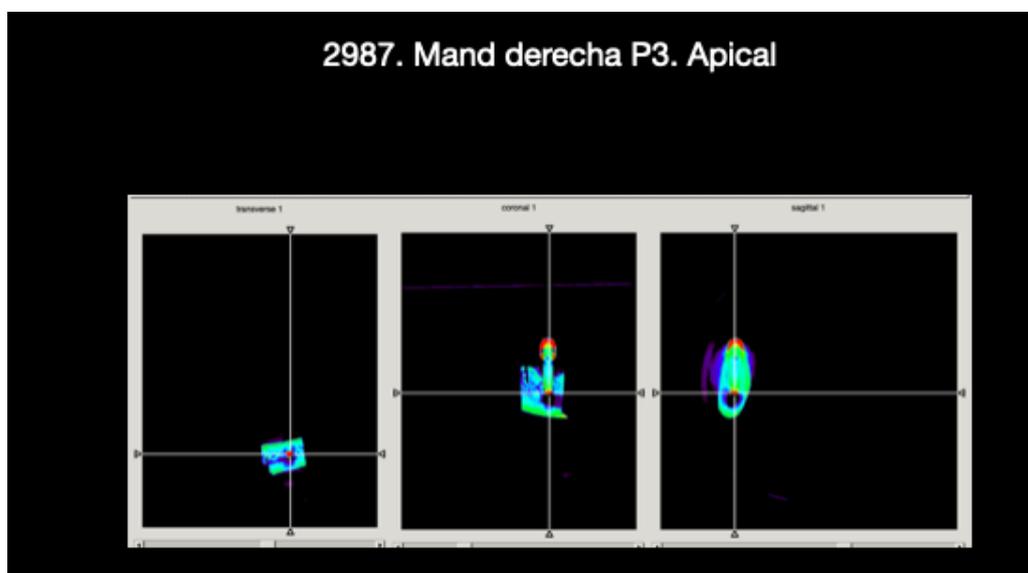


Fig. 13. Fue analizada la colocación de la línea perpendicular en la zona apical del implante.

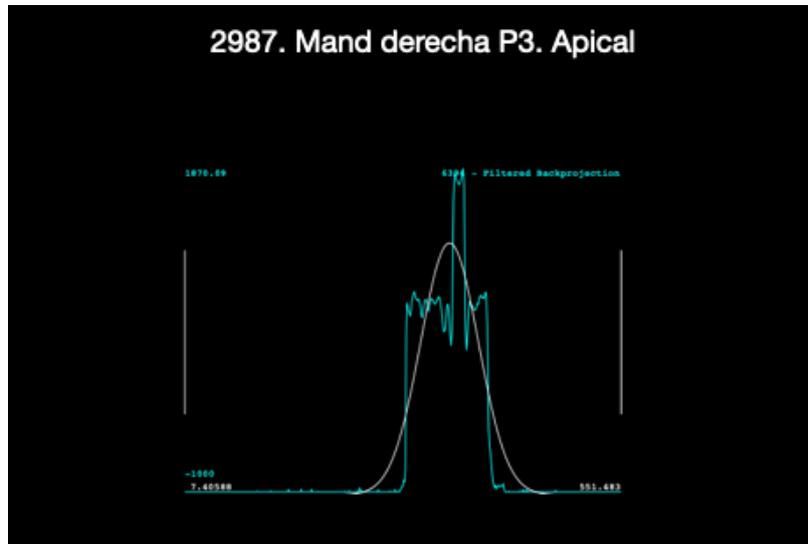


Fig. 14. La gráfica corresponde a la disponibilidad ósea que rodea al implante en la zona apical.

Se observaron las unidades Hounsfield reflejadas en la campana de Gauss, correspondiendo con la baja disponibilidad ósea que se observó alrededor del implante.

### 3.2.5. Protocolo de Cuantificación mediante realización de ROIs

Con la imagen de microCT se obtiene datos crudos o DATARAW, los cuales representan el valor de absorción en cada zona o Voxel de la muestra. Según el glosario de términos de tomografía computarizada y publicado en la Sociedad Española de Radiología Médica (SERAM), el concepto de ROI es “Una parte de la imagen seleccionada por el operador que en un momento concreto presenta un interés en particular”.

Para el estudio de los DATARAW en cada una de las muestras de estudio fueron seleccionados 7 áreas de interés o ROI en los cuales fue medida la absorción en cada una de las zonas o voxeles. Con el fin de obtener datos que representen la evolución de la reabsorción ósea alrededor del implante de muestra basándonos en

la medición de las unidades Hounsfield, siendo la medición de todos los voxeles que comprenden los ROIs.

Antes de comenzar el análisis se estableció a mano alzada el volumen de cada área elegida o ROI, fueron utilizados los mismos parámetros para cada una de las muestras de estudio. Para establecer las dimensiones de cada ROI es necesario considerar que cada punto de la imagen o cada Voxel está situado en el espacio en tres coordenadas: X, Y, Z. Por tanto, se elaboró una caja tridimensional en el plano coronal con las coordenadas de 10x10x10mm (eje x,y,z). Abarcando la zona de reabsorción ósea que rodea el implante con el fin de obtener los valores que se encuentran en dicha área. (Fig. 15).

Se elaboraron siete ROI (cajas) que se obtendrán los datos estadísticos los cuales serán trasladados a una tabla Excel para su posterior estudio:

1. ROI situado en la zona anterior en coronal
2. ROI situado en la zona posterior en coronal
3. ROI situado en la zona anterior en medial
4. ROI situado en la zona posterior en medial
5. ROI situado en la zona anterior en apical
6. ROI situado en la zona posterior en apical
7. ROI en la zona apical

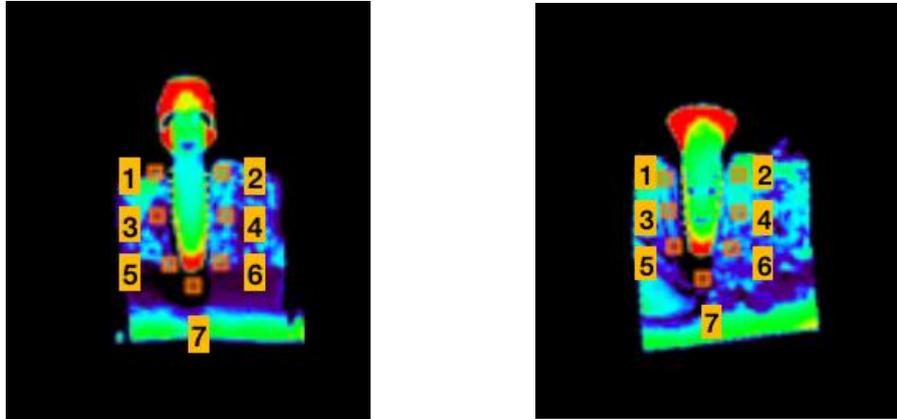


Fig. 15. En la imagen se reflejaron los 7 ROIs

### 3.2.6. Correlación entre el análisis de la valoración visual de ROIs

El análisis de las imágenes de microCT se hace con la intención de establecer un método predictivo reproducible para estudiar la dinámica de cicatrización ósea alrededor de las zonas periimplantarias pero sin centrarse en los resultados del procedimiento quirúrgico. Siendo el análisis visual una interpretación de las imágenes no cuantitativa, al igual que la práctica clínica. En cambio, siendo cuantitativo el análisis de los datos en el caso de las líneas y las cajas. Determinando con los datos obtenidos las unidades Hounsfield (HU) de cada píxel contenido en la línea o en la caja. Los valores se trasladan a hojas de Excel, Microsoft y se comparan. De esta manera se obtuvo información relevante y cuantificable.

## **4. RESULTADOS**



## 4. RESULTADOS

### 4.1 Resultados de valoración visual

Como se comentó anteriormente se establecieron unas puntuaciones para poder cuantificar a nivel visual las cuatro áreas y después sumando todas estas puntuaciones se obtendrá como resultado el total de la valoración que puede ser: nulo, pésimo, bueno, muy bueno y óptimo:

- 0: no hay contacto hueso-implante
- Anterior y posterior:
  - 1.1: contacto hueso-implante menor del 50%
  - 1.2: contacto hueso-implante mayor del 50%
- Coronal y apical:
  - 0: no hay contacto hueso-implante
  - 1: si hay contacto hueso-implante

La suma de la puntuación del protocolo de valoración visual de cada una de las zonas se estableció como:

- 0: Nula, si no existe contacto
- 1.1 - 2.2: Pésimo, existen entre 1 y 2 semicontactos
- 2.3 – 2.4: Bueno, existen más de 2 semicontactos
- 3 – 4: Muy bueno, contacto apical o coronal
- > 4: Óptimo, contacto en las 4 zonas

Por tanto, la valoración visual del tejido óseo periimplantario mediante microCT consistió en trazar una línea vertical recorriendo la mitad del implante y otra línea horizontal pasando por el cuello del implante. Seguidamente a cada zona se le asignó un valor numérico y la suma de dichas cifras corresponde con la valoración visual total. Dicha cifra refleja el contacto hueso implante y es catalogada como nulo, pésimo, bueno, muy bueno y óptimo. Por lo cual, la valoración visual es semisubjetiva ya que son valores protocolarizados influyendo la opinión del visualizador. Como ocurre en la práctica clínica siendo la valoración visual el método estandarizado para tomar decisiones.

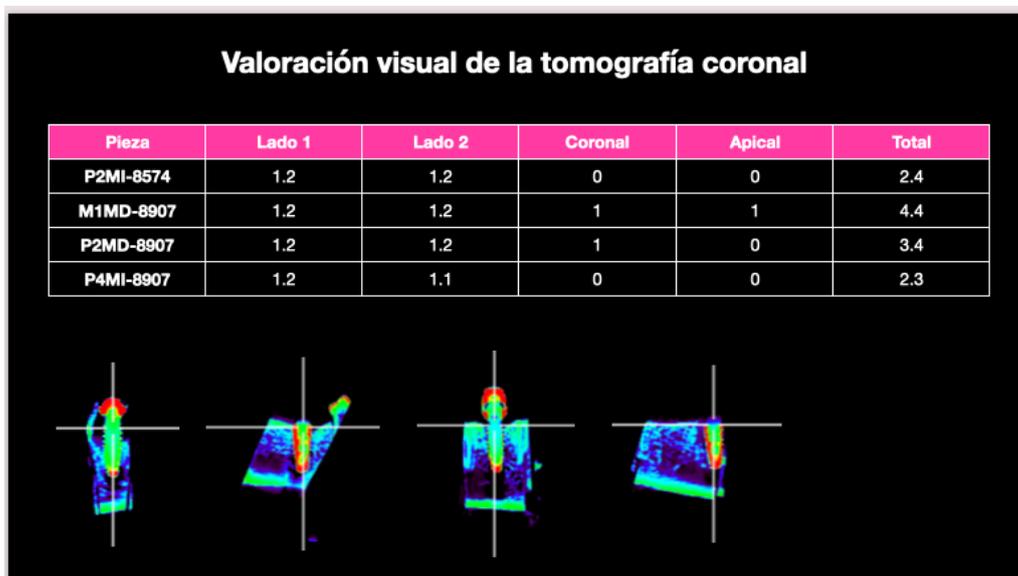


Fig. 16. Valoración visual de la tomografía coronal I.

a) Se observó en la primera figura, imagen de muestra número: M1MD-2987, la mayor pérdida ósea correspondiendo con una puntuación de 2.2, catalogando la valoración visual como pésima, existiendo únicamente entre 1 y 2 semicontactos. En la zona coronal y apical la puntuación de 0 es decir no hay contacto hueso implante y en anterior y posterior la puntuación es de 1.1 lo que significa que el contacto hueso implante es menor del 50%.

b) En la segunda imagen de muestra número: P3MD-2987 presenta una puntuación total de 2.4, es decir en la valoración visual el resultado es bueno. En anterior y posterior se asigna un valor de 1.2 debido a que presenta un contacto hueso-implante mayor del 50%, en cambio apical y coronal no hay contacto óseo con el implante por lo cual la puntuación de ambas zonas es 0. La puntuación final es la misma que en la tercera (c) y quinta (e) imagen.

c) La cuarta imagen de muestra número: M1MI-2987 presenta una puntuación de 2.3, es decir que la suma de todas las puntuaciones presenta un valor bueno. En anterior presenta un contacto hueso implante menor del 50% por ello se puntúa como 1.1 y en posterior el contacto hueso implante es mayor al 50% por ende se puntúa como 1.2. En la zona apical y coronal no hay contacto hueso implante correspondiendo con un valor de 0.

d) En la quinta imagen de muestra número: P4MI-2987 presenta un contacto hueso implante mayor al 50% correspondiendo al valor de 1.2, y en posterior el contacto hueso implante mayor al 50% por tanto la puntuación es de 1.2. Al igual que el resto de las imágenes de muestra el valor apical y coronal es 0. Como resultado la valoración visual de la tomografía es de 2.4 considerado como bueno.

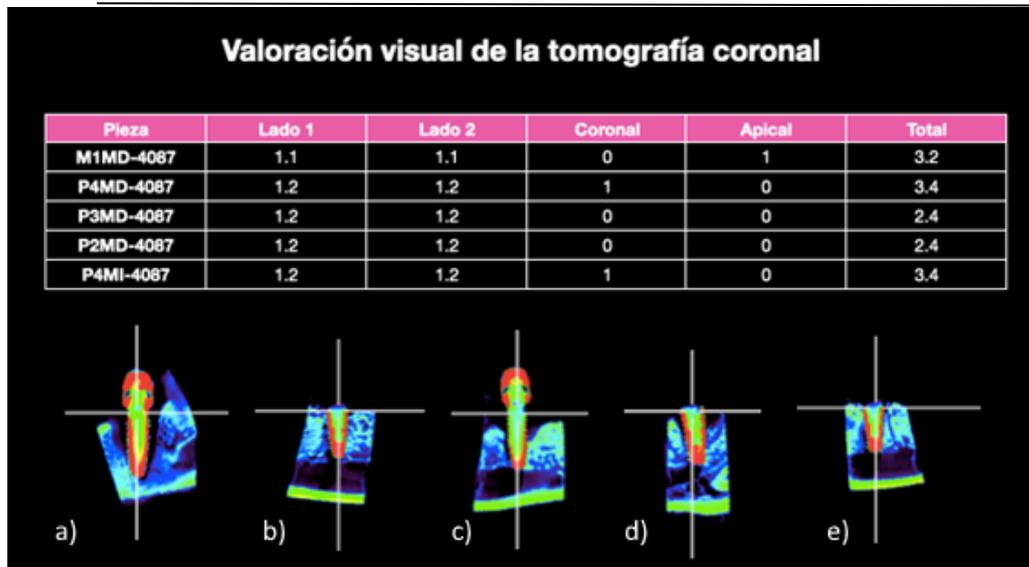


Fig. 17. Valoración visual de la tomografía coronal II

a) Se observó en la primera figura, imagen de muestra número: M1MD-4087 en anterior y posterior contacto hueso implante menor del 50% con puntuación ambos de 1.1. En la zona coronal no hay contacto hueso implante y en la zona apical si presenta contacto. Por ello la valoración total es de 3.2 catalogado como muy bueno

b) En la imagen de muestra número: P4MD-4087 presenta una puntuación de 3.4 catalogado como muy bueno, cabe resaltar que presenta contacto en coronal puntuado con 1. Y en anterior y posterior mayor del 50% pero en apical no presenta contacto hueso implante por ello el valor es de 0, debido a la presencia del canal mandibular.

c) En la imagen de muestra número: P3MD-4087 siendo el total de la valoración visual buena, con una puntuación de 2.4. Correspondiendo en anterior y posterior con un contacto hueso implante mayor del 50%. Y en apical y coronal la valoración es 0, es decir no hay contacto hueso implante. La valoración de la imagen de muestra (c) es la misma que la imagen de muestra (d) con los mismos valores numéricos

d) En la imagen de muestra número: P2MD-4087 se observó una valoración buena. Correspondiendo la zona anterior y posterior con una puntuación de 1.2, contacto hueso implante mayor del 50%. En el área apical y coronal no hay contacto hueso implante, por tanto, el valor es de 0.

e) La imagen de muestra número: P4MI-4087 presenta en anterior y posterior contacto de hueso implante más del 50%, con puntuación de 1.2. En apical debido al canal mandibular la puntuación es 0, es decir no hay contacto hueso implante. Cabe destacar el buen contacto hueso implante en coronal catalogándolo con un valor numérico de 1. Obtenido la imagen (e) el mismo valor numérico que la imagen (b). Es decir  $1.2 + 1.2 + 1 = 3.4$ , siendo el valor total de la valoración visual del tejido óseo periimplantario, siendo muy bueno el contacto hueso implante

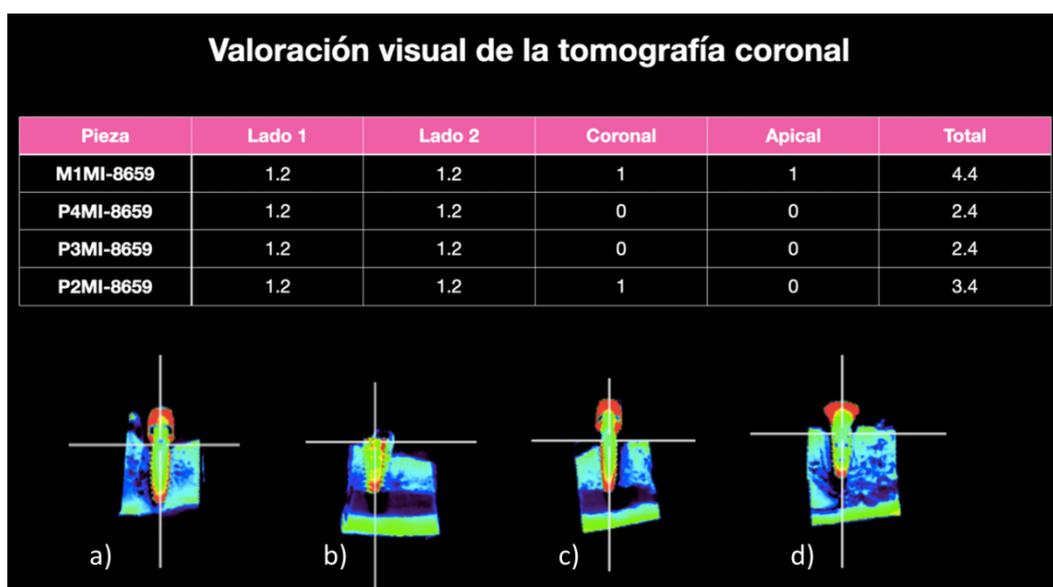


Fig. 18. Valoración visual de la tomografía coronal III

a) En la imagen de muestra número: M1MI-8659 presenta una valoración de 4.4 siendo un contacto hueso implante óptimo, es decir el implante presenta contacto óseo en las 4 zonas, siendo el resultado más favorable. Es decir, hay contacto hueso implante en coronal y apical. Además, en anterior y posterior el contacto hueso implante es mayor del 50%.

Únicamente se observó un contacto hueso implante óptimo, de las 4 zonas en: imagen de muestra: M1MI-8659; P2MD-6331; M1MD-8907; M1MD-8659; P3MD-8659.

b) En la imagen de muestra número: P4MI-8659 el contacto hueso implante en anterior y posterior de más del 50% y no presenta presencia ósea periimplantaria en coronal y apical. Por tanto, la valoración visual es de 2.4, es decir un resultado bueno. Siendo el mismo resultado que en la imagen de muestra (c) colocado en el tercer premolar en el mismo modelo experimental.

c) En la imagen de muestra número: P3MI-8659 presenta presencia ósea en apical y coronal. En anterior y posterior presenta más del 50% contacto hueso-implante. Por tanto, la valoración visual es buena con una puntuación de 2.4

d) En la imagen de muestra número: P2MI-8659 presenta contacto anterior y posterior mayor del 50%. En coronal se observó contacto de hueso implante en cambio en apical no presenta hueso periimplantario. Siendo la valoración visual total muy bueno de 3.4

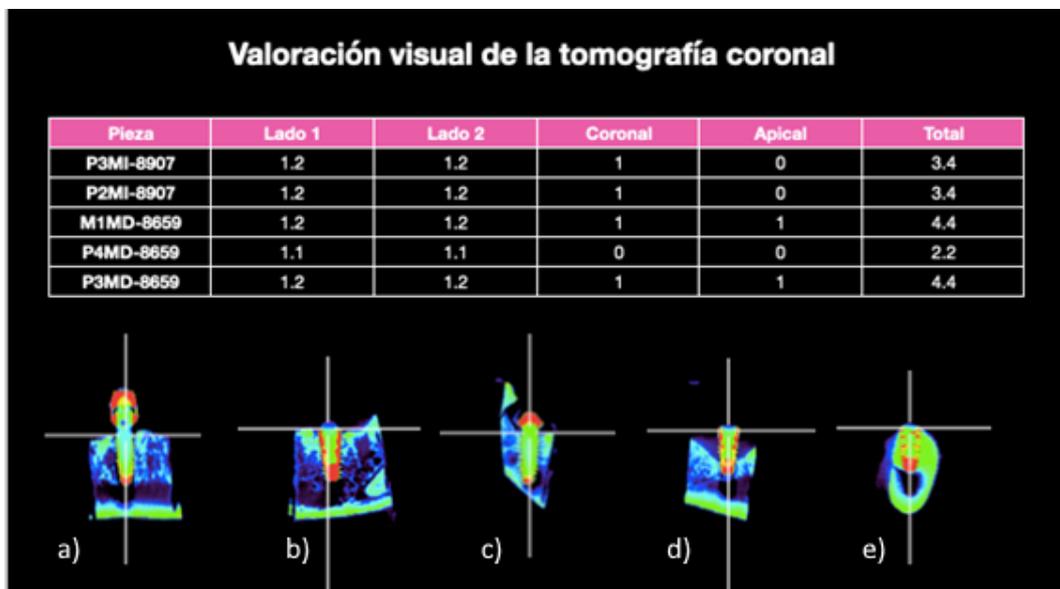


Fig. 19. Valoración visual de la tomografía coronal IV

a) En la imagen de muestra número: P3MI-8907 siendo la valoración visual total de 3.4, muy bueno presentando contacto hueso implante en el área coronal y más del 50% de contacto anterior y posterior. Pero no presenta hueso periimplantario en la zona apical a nivel del canal mandibular

b) En la imagen de muestra número: P2MI-8907 correspondiendo la valoración visual total muy buena de 3.4, al igual que la imagen de muestra (a). Presentando hueso periimplantario en coronal en cambio en apical no se observó contacto hueso implante. En el área anterior y posterior el contacto hueso implante es mayor del 50%.

c) En la imagen de muestra número: M1MD-8659 siendo la valoración visual óptima de 4.4, con contacto en los cuatros zonas. En apical y coronal presenta contacto hueso implante. Y en anterior y posterior el hueso periimplantario es mayor del 50%.

d) En la imagen de muestra número: P4MD-8659 correspondiendo el valor visual total de 2.2, siendo clasificado como contacto hueso implante pésimo. Siendo el valor más bajo de la figura. No se observó contacto periimplantario en coronal y apical y menos del 50% en las zonas anterior y posterior.

e) En la imagen de muestra número: P3MD-8659 la valoración visual óptima de 4.4 debido a que presenta contacto en las 4 zonas. En coronal y apical el implante se encuentra rodeado de tejido óseo y en anterior y posterior el contacto hueso implante es mayor del 50%.

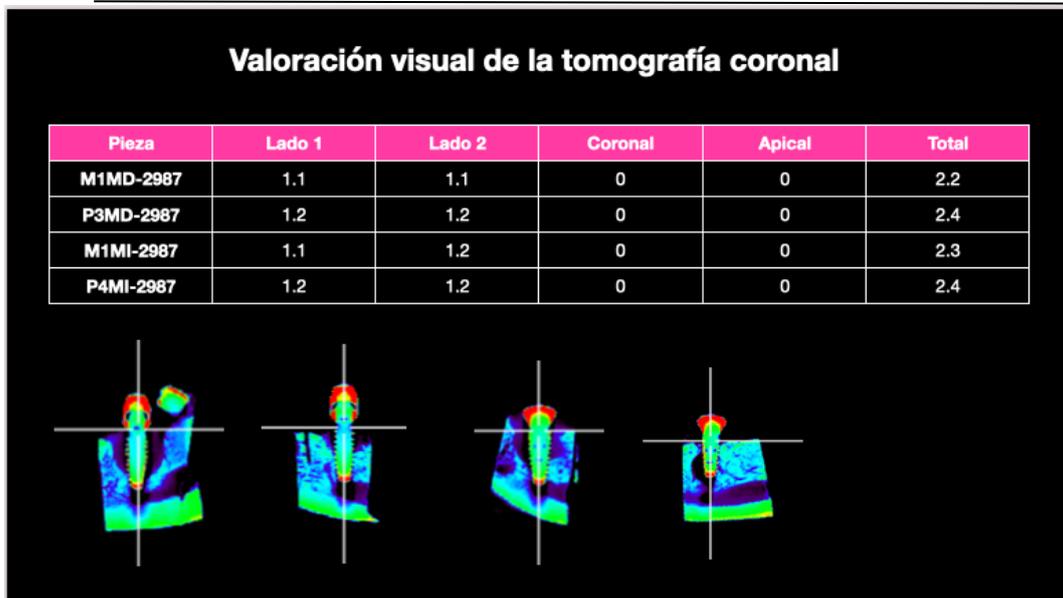


Fig. 20. Valoración visual de la tomografía coronal V.

a) En la imagen de muestra número: P2MI-8574 se observó ausencia ósea en coronal y apical. En anterior el contacto hueso implante menor al 50% y en posterior el contacto periimplantario es mayor al 50%. Correspondiendo con una valoración visual total buena de: 2.3.

b) En la imagen de muestra número: M1MD-8907 la valoración visual óptima, con puntuación 4.4, del implante en dos fases en primer molar mandíbula derecha del Beagle 8907. Por tanto, hay contacto óseo alrededor del implante en las cuatro zonas: apical, coronal, anterior y posterior.

c) En la imagen de muestra número: P2MD-8907. Con valoración numérica de 3.4, siendo el contacto hueso-implante muy bueno. Presentando contacto periimplantario de más del 50% en anterior, posterior y contacto en coronal. Con ausencia de contacto hueso implante en la zona apical.

d) La última figura, la imagen de muestra número: P4MI-8907 correspondiendo con un contacto hueso implante menor del 50% en posterior y contacto hueso implante mayor al 50% en anterior. Con ausencia de contacto

periimplantario en coronal y apical. Siendo la valoración visual 2.3, es decir el contacto hueso implante es bueno.

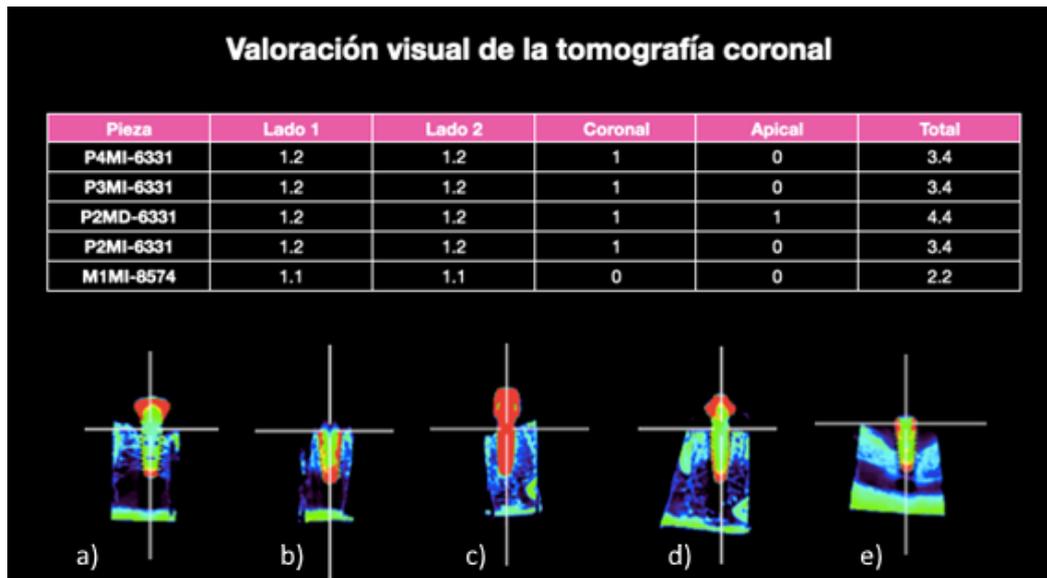


Fig. 21. Valoración visual de la tomografía coronal VI

a) En la imagen de muestra número: P4MI-6331, Presento una valoración total visual de 2.4 correspondiendo a la evaluación contacto hueso bueno existiendo contacto periimplantario en anterior y posterior más del 50%, en coronal y apical no existe contacto hueso-implante.

b) En la imagen de muestra número: P3MI-6331, la suma de las puntuaciones de las cuatro zonas se estableció como 3.4 es decir existe muy buen contacto hueso implante, en apical no hay hueso pero en coronal si hay presencia ósea alrededor del implante. En anterior y posterior se observó contacto hueso implante mayor del 50%

c) En la imagen de muestra número: P2MD-6331 presentando contacto en las 4 zonas siendo el total de la valoración visual 4.4, es decir contacto hueso implante óptimo. Se observó hueso alrededor del implante en coronal, apical, anterior y posterior.

d) En la imagen de muestra número: P2MI-6331 correspondiendo con un contacto hueso implante en anterior y posterior más del 50%. En apical no existe contacto y en coronal si se observó hueso periimplantario. Siendo el valor total a 3.4, es decir contacto hueso implante muy bueno.

e) En la imagen de muestra número: M1MI-8574, la suma de los valores numéricos de las cuatro zonas corresponde a 2.2, siendo pésimo el contacto hueso implante. Ya que existe contacto en anterior y posterior menor del 50%. Además, se observó ausencia ósea en coronal y apical.

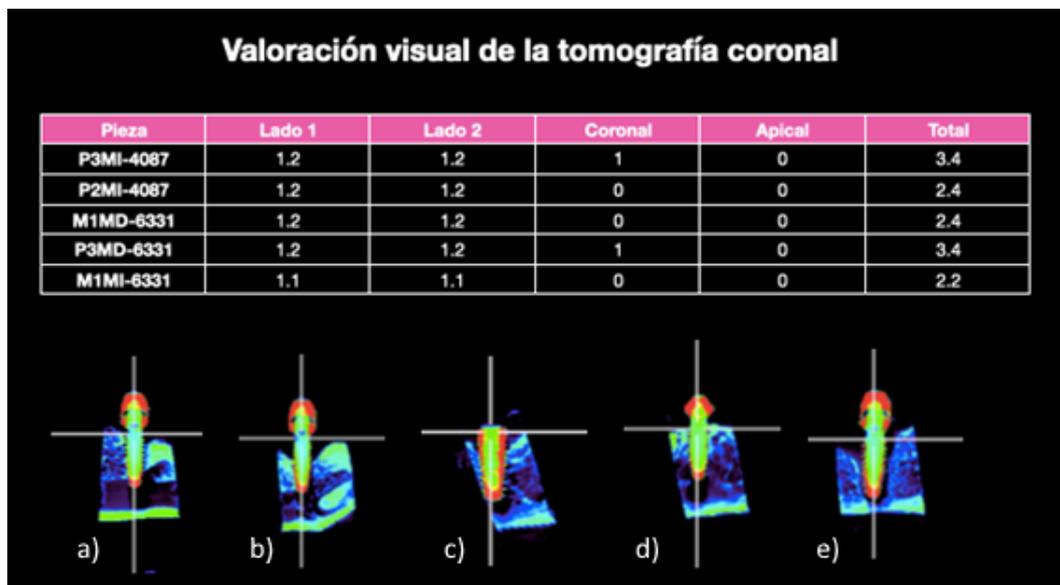


Fig. 22. Valoración visual de la tomografía coronal VII

a) En la imagen de muestra número: P3MI-4087, presento una valoración visual de 3.4 que corresponde a un contacto hueso implante muy bueno, es decir el hueso alrededor del implante en apical es nula, pero si se observó en coronal contacto hueso implante. Y el contacto hueso implante en anterior y posterior es mayor del 50%.

b) En la imagen de muestra número: P2MI-4087. Siendo la suma de las puntuaciones 2.4, siendo contacto hueso implante bueno existiendo contacto mayor del 50% en anterior y posterior. En cambio, en coronal y apical no existe contacto.

c) En la imagen de muestra número: M1MD-6331. No se observó tejido óseo en apical y coronal. Sendo el contacto hueso implante en anterior y posterior mayor del 50%. Por tanto, el valor total es: 2.4 puntuado como bueno el contacto hueso implante.

d) En la imagen de muestra número: P3MD-6331. Se observó en la zona coronal, en anterior y posterior más del 50% del implante se encuentra rodeado de hueso. Y ausencia ósea en apical debido al canal mandibular. Correspondiendo la suma de la valoración visual al valor numérico de 3.4, siendo muy bueno el contacto hueso-implante.

e) En la imagen de muestra número: M1MI-6331. Se observó ausencia ósea en apical y coronal. Y anterior y posterior el contacto hueso implante menor del 50%. Siendo la valoración total pésima.

## 4.2 Resultados de valoración de líneas

### 4.2.1. Imagen de muestra número: M1MD-2987

#### 4.2.1.1. Coronal

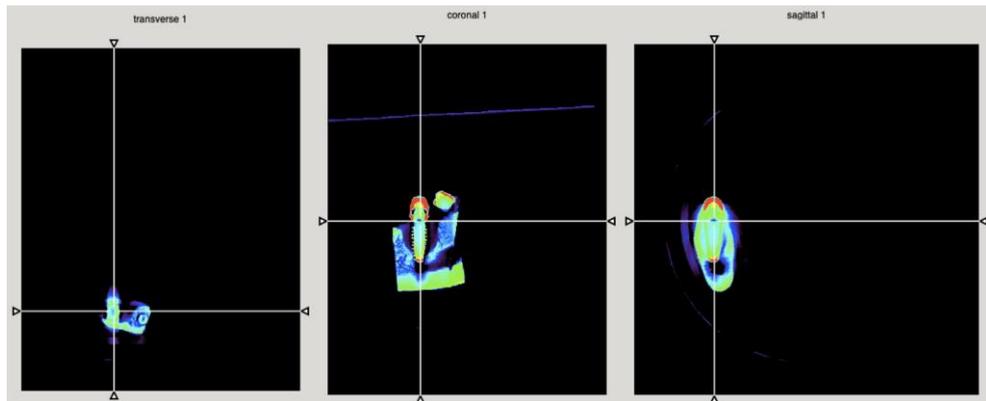


Fig. 23: Colocación de la línea perpendicular en la zona coronal de la muestra

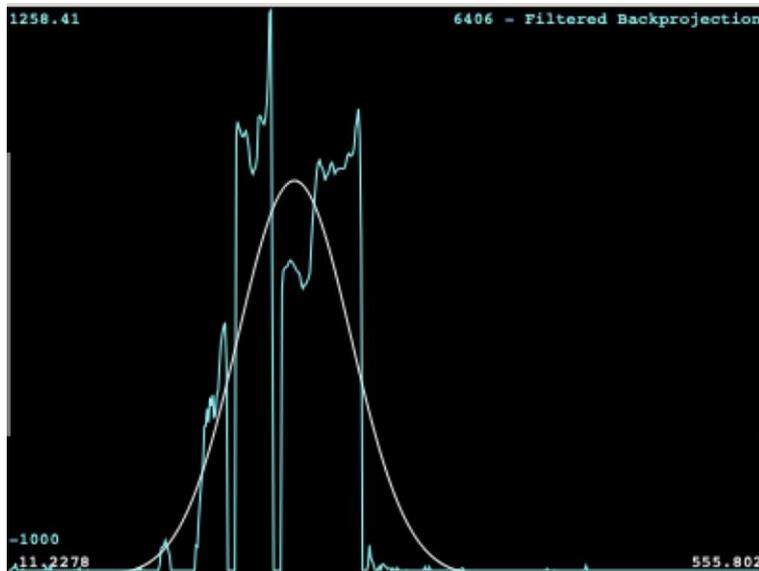


Fig.24: Gráfica que corresponde a la disponibilidad ósea que rodea a la muestra de estudio en la zona coronal

Los valores densitométricos en la línea trazada en coronal del implante, en la zona izquierda los valores numéricos son negativos debido a la ausencia contacto

hueso implante, a continuación, aparece una zona de transición con subida de los valores numéricos en UH correspondiendo al implante para volver a bajar en la zona del defecto.

#### 4.2.1.2. Central

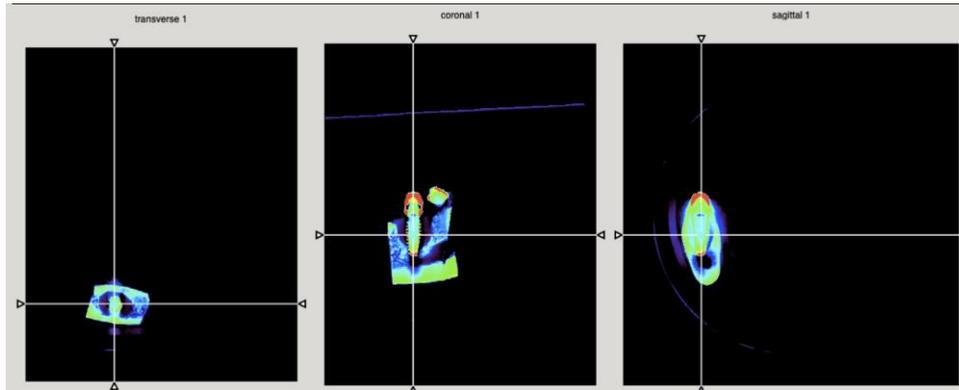


Fig. 25: Colocación de la línea perpendicular en la zona central de la muestra

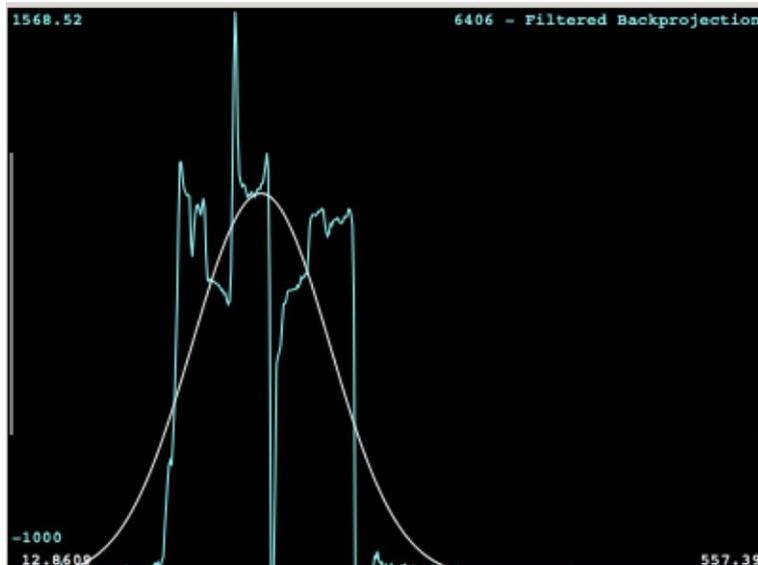


Fig. 26: Gráfica que corresponde a la disponibilidad ósea que rodea a la muestra de estudio en la zona central

En la línea que recorre el centro del cuerpo del implante, la línea central, se observaron picos de subida y bajada, a continuación, aparece una caída de los valores numéricos en UH en la zona sin contacto hueso implante en la izquierda para

volver a subir las UH en la zona del implante. Seguidamente se observó una bajada de UH debido al defecto óseo en la derecha y vuelven a ascender las HU debido al tejido óseo homolateral.

#### 4.2.1.3. Apical

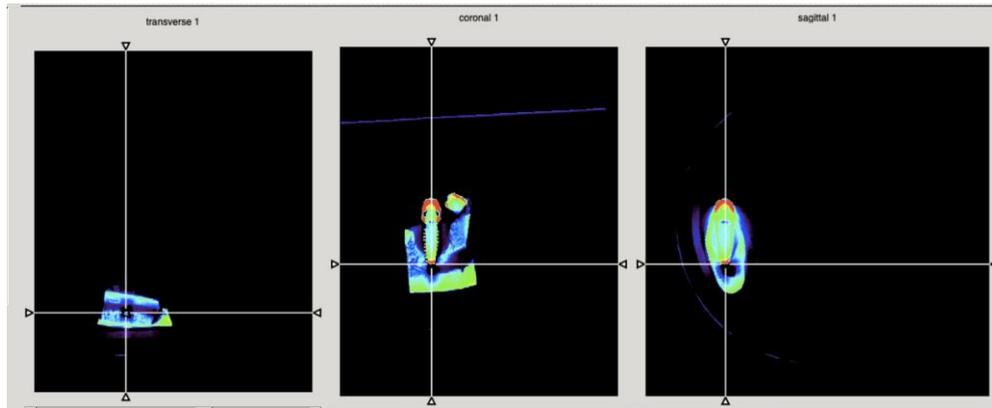


Fig. 27: Colocación de la línea perpendicular en la zona apical de la muestra



Fig. 28. Gráfica que corresponde a la disponibilidad ósea que rodea a la muestra de estudio en la zona apical

En la línea apical se observó una subida de las UH debido al tejido óseo en la zona izquierda, seguidamente comienza a descender llegando a -1000 HU

aproximadamente, es decir no hay contacto hueso implante en la zona apical del implante debido al canal mandibular, seguidamente vuelve a subir al terminar el defecto.

#### 4.2.2. Imagen de muestra número: P3MD-2987

##### 4.2.2.1. Coronal

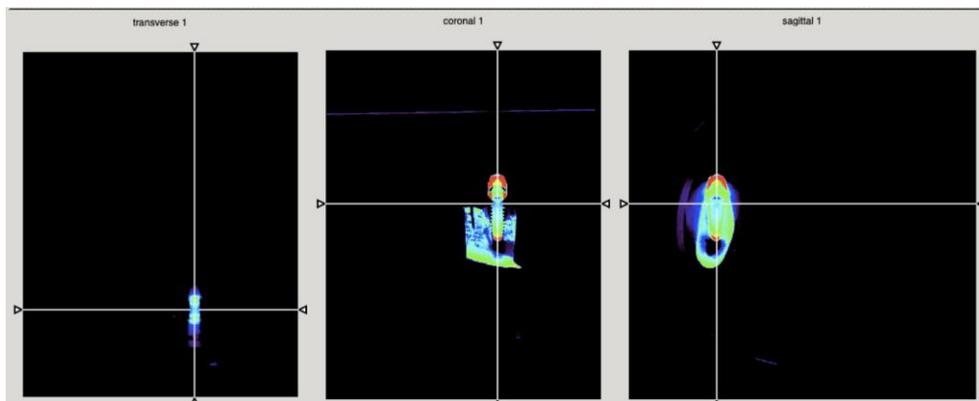


Fig. 29: Colocación de la línea perpendicular en la zona coronal de la muestra

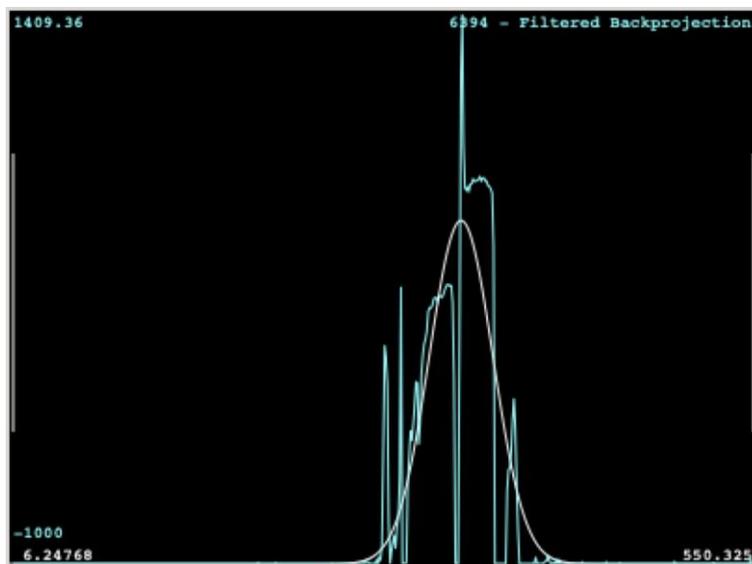


Fig. 30: Gráfica que corresponde a la disponibilidad ósea que rodea a la muestra de estudio en la zona coronal

En la línea que atraviesa el implante en coronal los valores numéricos son negativos debido al defecto que se encuentra alrededor del implante por la ausencia de hueso alrededor del implante, la subida que aparece de las UH es debido al implante.

#### 4.2.2.2 Central

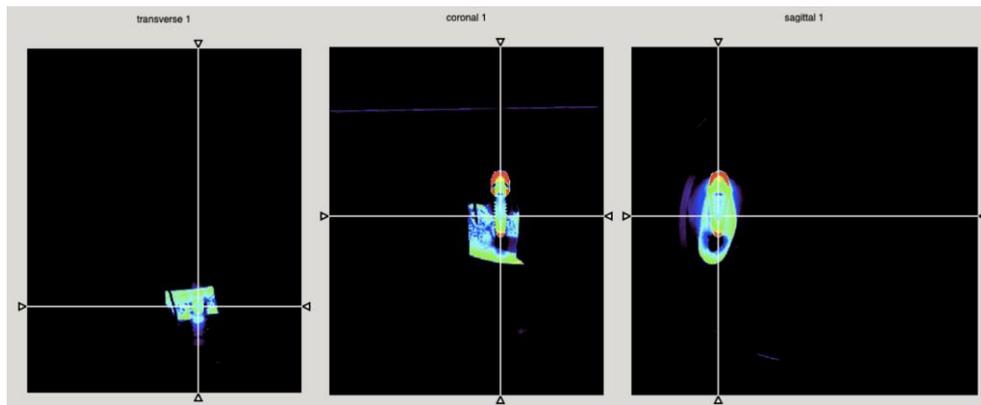


Fig. 31: Colocación de la línea perpendicular en la zona central de la muestra

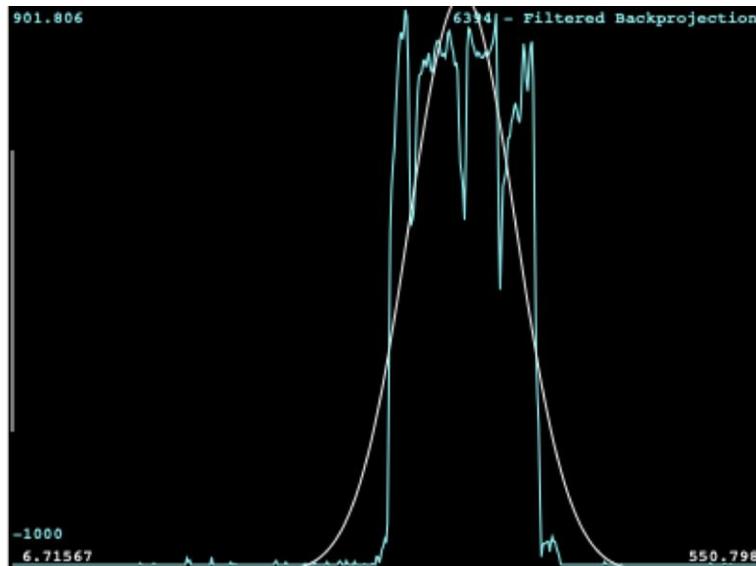


Fig. 32: Gráfica que corresponde a la disponibilidad ósea que rodea a la muestra de estudio en la zona central

En línea trazada en la zona central aumentan las UH debido al contacto hueso implante, tras una breve caída de las UH en la zona más cercana al implante para volver a subir en el implante y vuelven a descender las UH paulatinamente.

#### 4.2.2.3 Apical

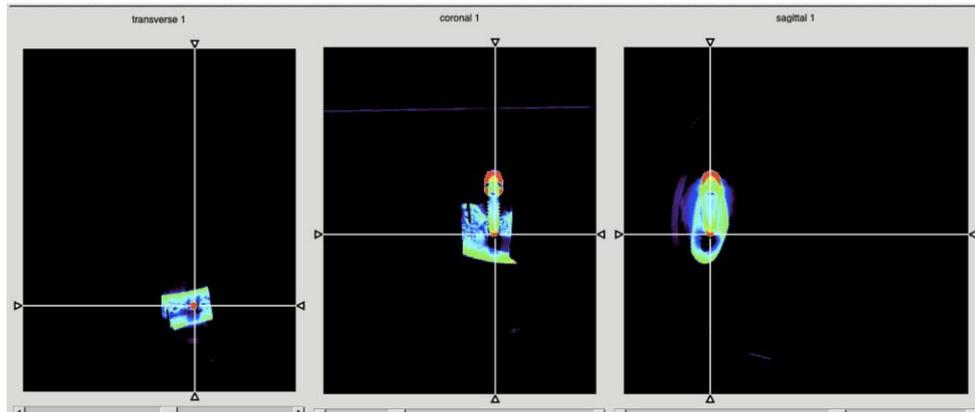


Fig. 33: Gráfica que corresponde a la disponibilidad ósea que rodea a la muestra de estudio en la zona apical

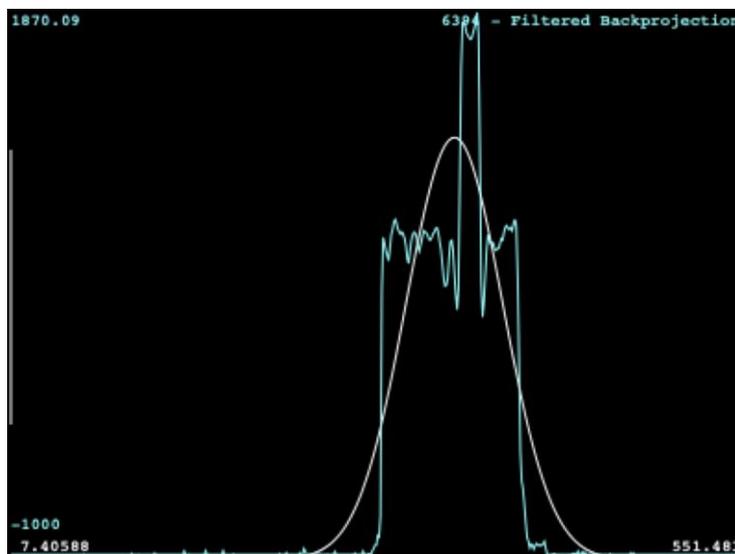


Fig. 34: Gráfica que corresponde a la disponibilidad ósea que rodea a la muestra de estudio en la zona apical

En la zona apical hay una subida de las UH, pero comienza a descender llegando a valores negativos ya que no hay contacto hueso implante por la presencia del canal mandibular, la subida de las UH es debido a la presencia del implante seguidamente las UH vuelven a descender por la ausencia del defecto.

#### 4.2.4. Imagen de muestra número: M1MI-2987

##### 4.2.4.1. Coronal

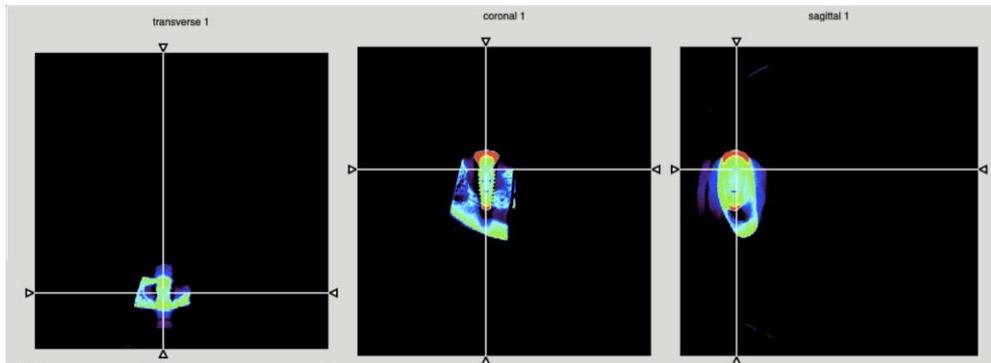


Fig. 35: Colocación de la línea perpendicular en la zona coronal de la muestra

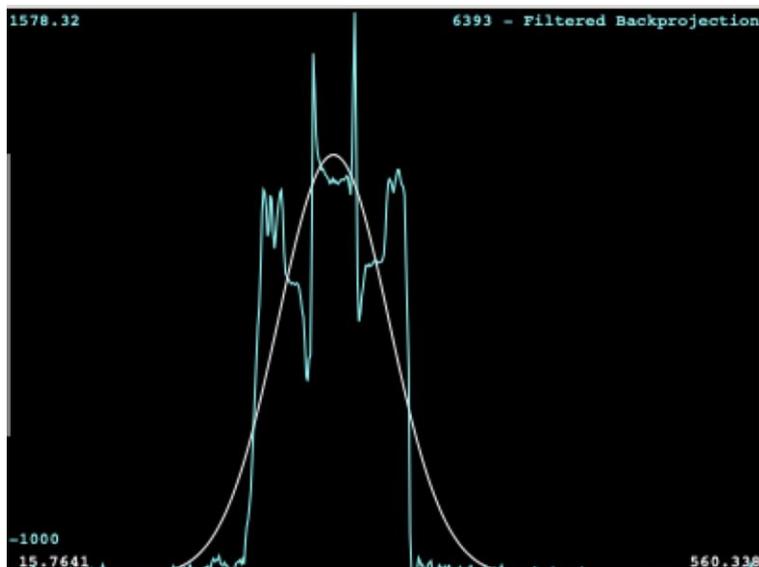


Fig. 36: Gráfica que corresponde a la disponibilidad ósea que rodea a la muestra de estudio en la zona coronal

En la línea trazada en coronal del implante se observaron varias líneas discontinuas con picos altos y bajos. En la izquierda se observó una subida de los valores, los cuales descienden en la zona más cercana al implante. Vuelven a subir las UH debido a la presencia del implante y seguidamente vuelven a disminuir los valores en el tejido óseo más cercano al implante, se apreció otra subida de los valores para finalmente caer paulatinamente.

#### 4.2.4.2. Central

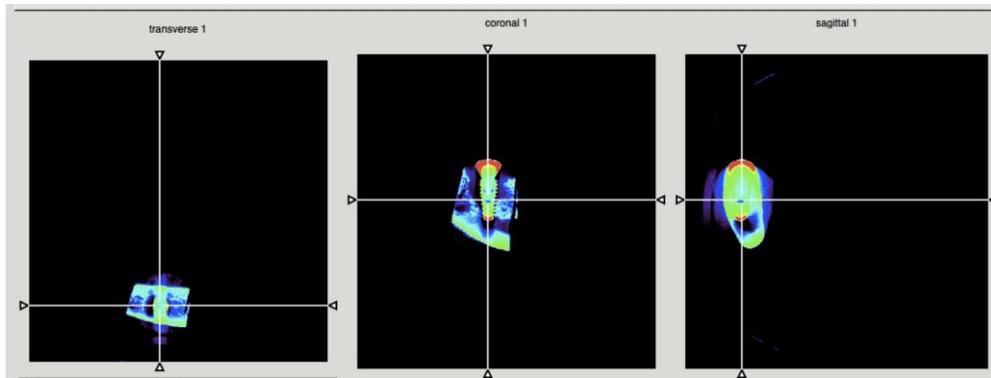


Fig. 37: Colocación de la línea perpendicular en la zona central de la muestra

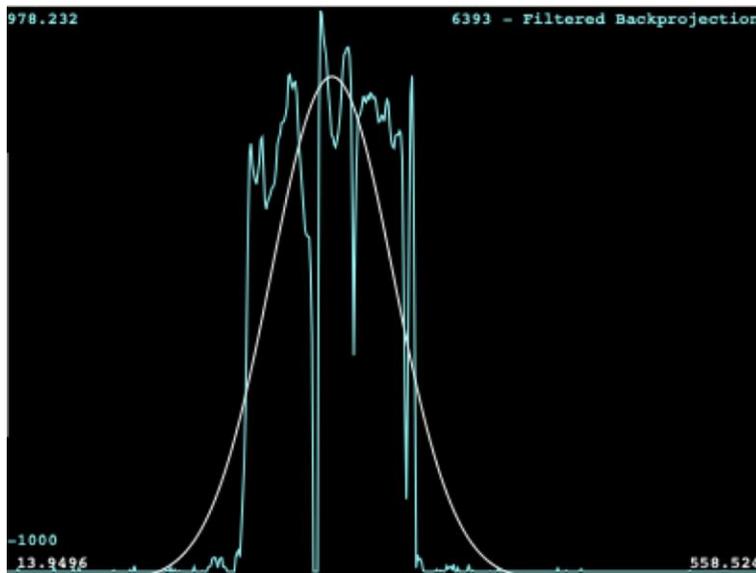


Fig. 38: Gráfica que corresponde a la disponibilidad ósea que rodea a la muestra de estudio en la zona central

En la línea que recorre la zona central del implante, la línea central, se observaron picos de subida y bajada, aparece una caída de los valores numéricos en la zona sin contacto hueso implante en la izquierda para volver a subir las UH en la zona del implante. Seguidamente se observó una bajada en la derecha de UH menor que la contralateral y vuelven a ascender las HU debido al tejido óseo.

#### 4.2.4.3. Apical

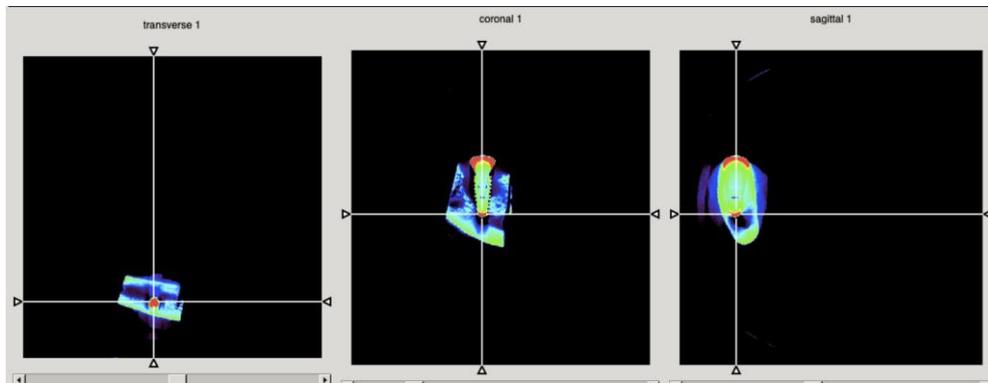


Fig. 39: Colocación de la línea perpendicular en la zona apical de la muestra

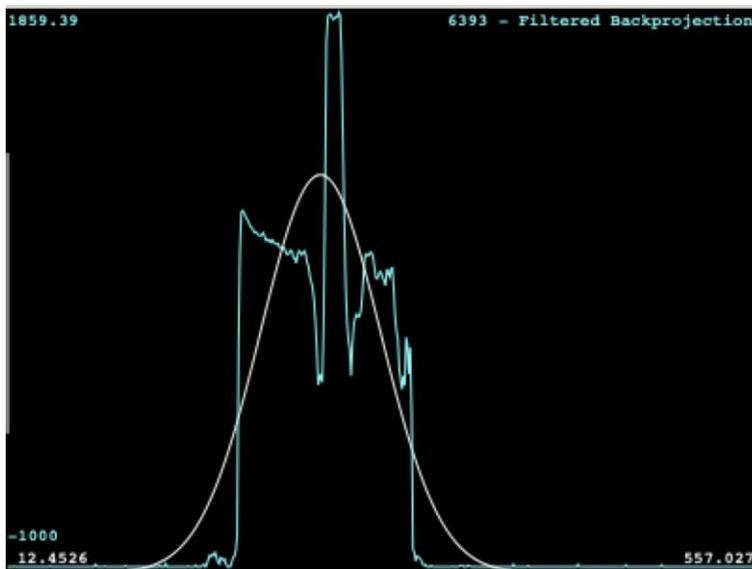


Fig. 40: Gráfica que corresponde a la disponibilidad ósea que rodea a la muestra de estudio en la zona apical

En la línea trazada en la parte apical no se observó presencia ósea alrededor del implante, la subida de las UH corresponde a los valores positivos del titanio del implante.

#### 4.2.5. Imagen de muestra número: P4MI-2987

##### 4.2.5.1. Coronal

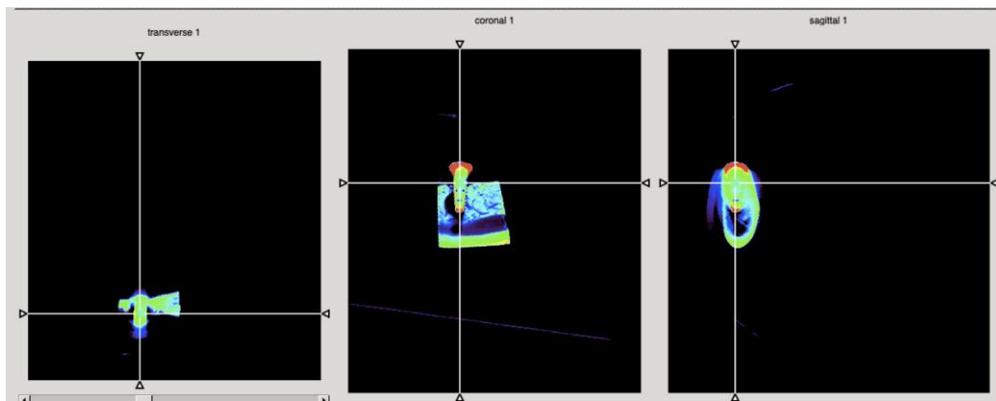


Fig. 41: Colocación de la línea perpendicular en la zona coronal de la muestra

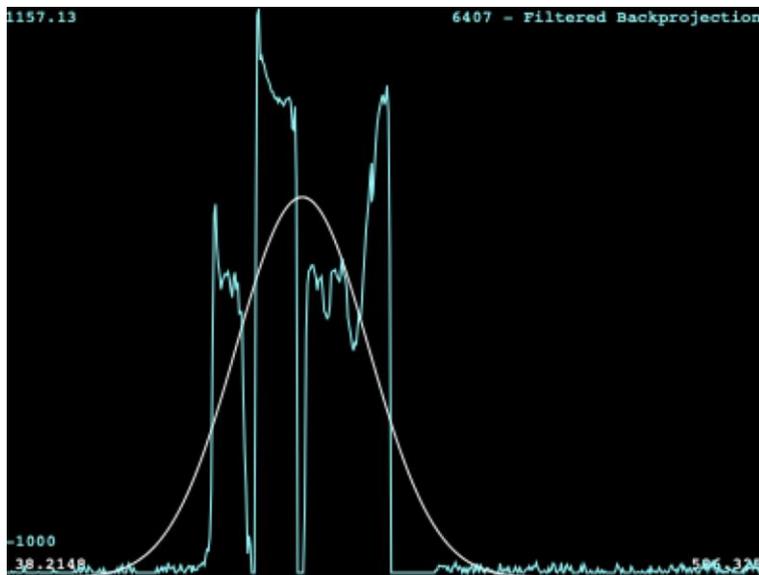


Fig. 42: Gráfica que corresponde a la disponibilidad ósea que rodea a la muestra de estudio en la zona coronal

Los valores densitométricos en la línea trazada en coronal del implante se observó en primer lugar en la izquierda valores numéricos negativos es decir ausencia contacto hueso implante, seguidamente aparece una zona de transición correspondiendo al implante con valores numéricos altos en UH para volver a bajar en la zona del defecto.

#### 4.2.5.2. Central

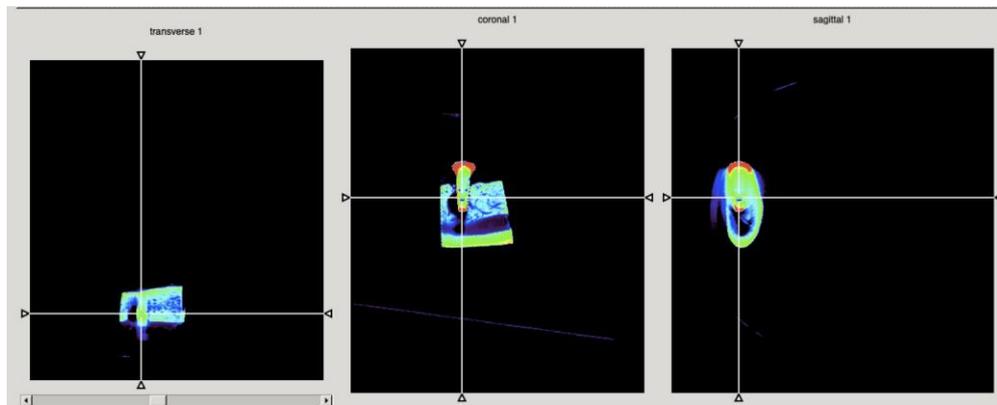


Fig. 43: Colocación de la línea perpendicular en la zona central de la muestra

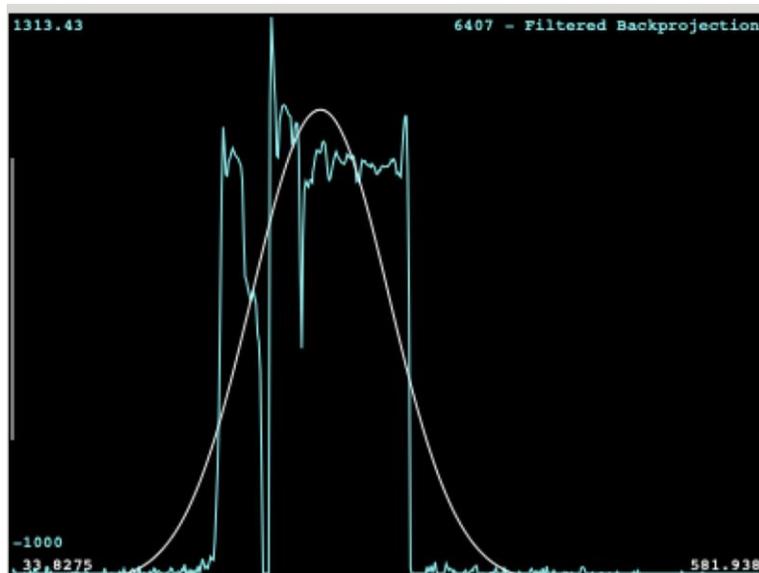


Fig. 44: Gráfica que corresponde a la disponibilidad ósea que rodea a la muestra de estudio en la zona central

En la línea trazada en el centro del implante se observaron valores negativos en la zona de la izquierda del implante, una subida de los valores correspondiendo con el implante y una bajada de las UH menos pronunciada en zona de la derecha debido a que se observó mayor contacto hueso implante que en la zona contralateral.

#### 4.2.5.3. Apical

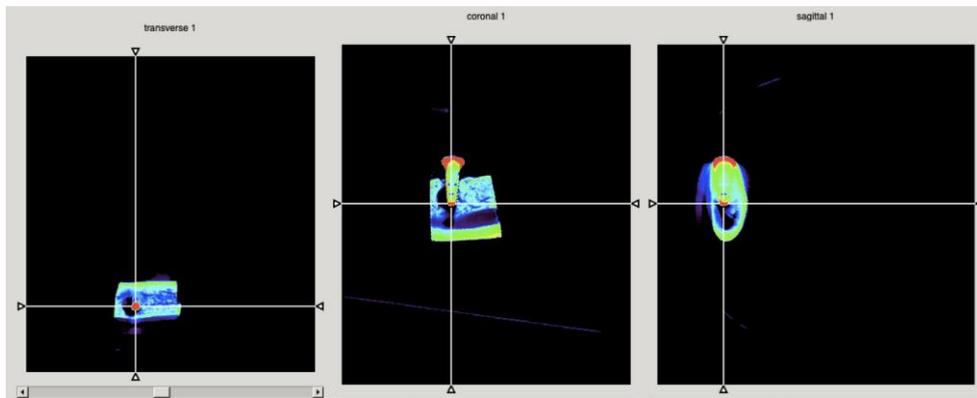


Fig. 45: Colocación de la línea perpendicular en la zona apical de la muestra

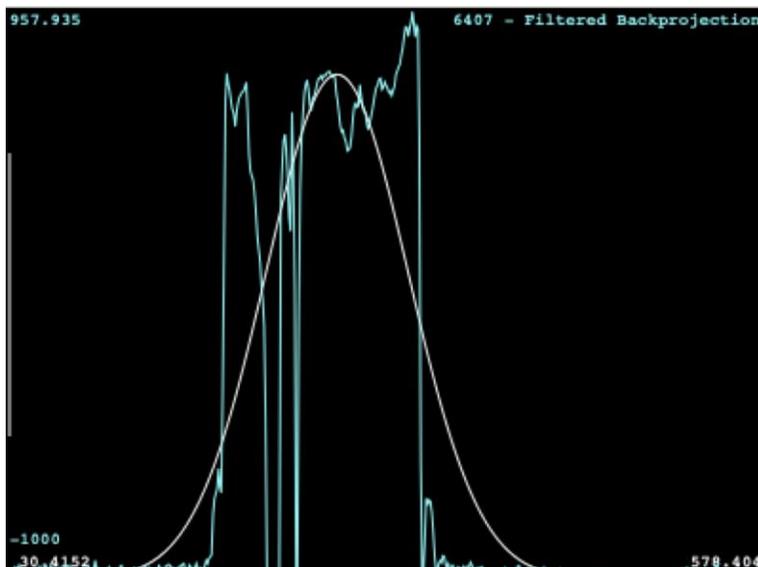


Fig. 46: Gráfica que corresponde a la disponibilidad ósea que rodea a la muestra de estudio en la zona apical

En la línea trazada en apical, alrededor del implante en ambos lados no se observó tejido óseo alrededor del implante debido a la presencia del canal mandibular.

#### 4.2.6. Imagen de muestra número: M1MD-4087

##### 4.2.6.1. Coronal

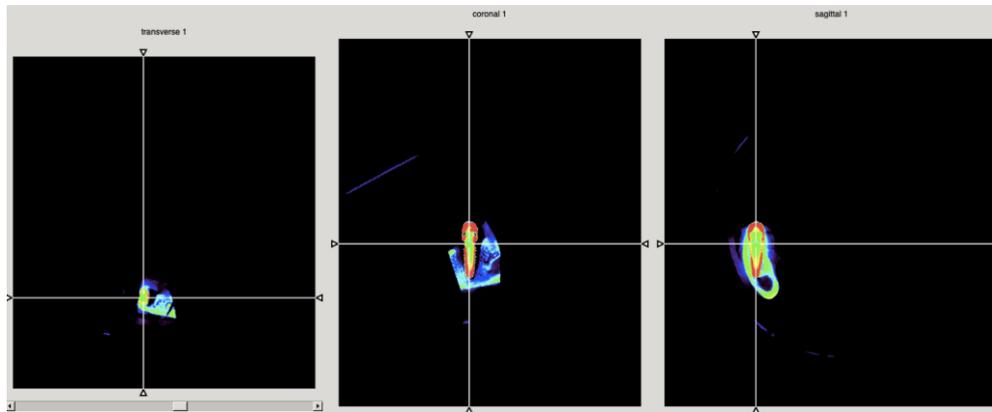


Fig. 47: Colocación de la línea perpendicular en la zona coronal de la muestra

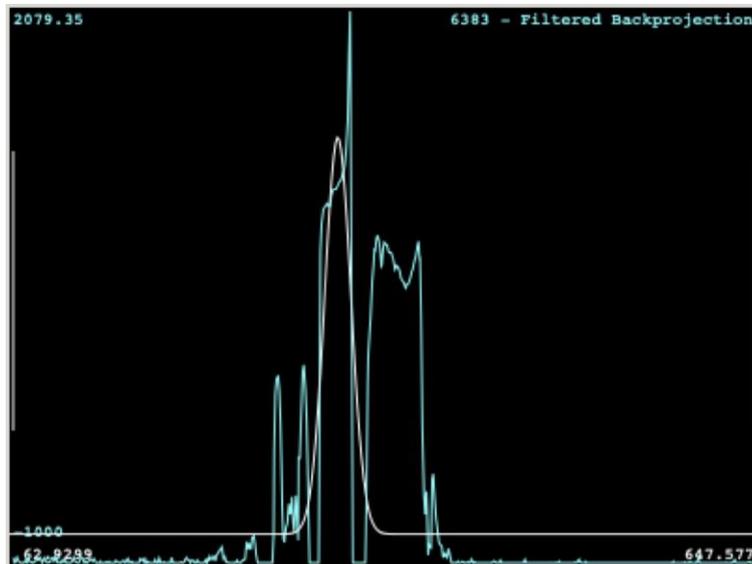


Fig. 48: Gráfica que corresponde a la disponibilidad ósea que rodea a la muestra de estudio en la zona coronal

En la línea trazada en coronal se observó la presencia del defecto alrededor del implante con ausencia de contacto hueso implante y valores negativos. El pico alto en la zona central corresponde con el implante.

#### 4.2.6.2. Central

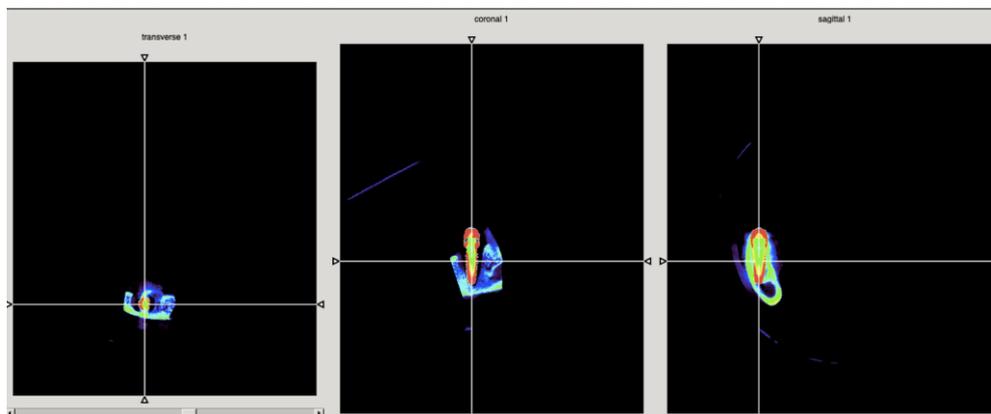


Fig. 49: Colocación de la línea perpendicular en la zona central de la muestra

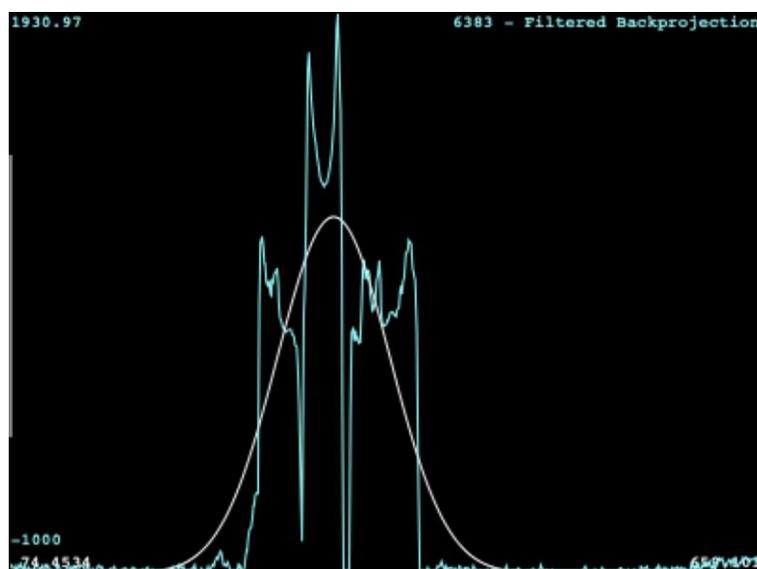


Fig. 50: Gráfica que corresponde a la disponibilidad ósea que rodea a la muestra de estudio en la zona central

En la línea trazada en central se observaron varias líneas discontinuas con picos altos y bajos. En la izquierda se observó una subida de los valores, los cuales descienden bruscamente en la zona más cercana al implante. Vuelven a subir las UH debido a la presencia del implante y seguidamente vuelven a caer los valores en la zona más cercana al implante.

#### 4.2.6.3. Apical

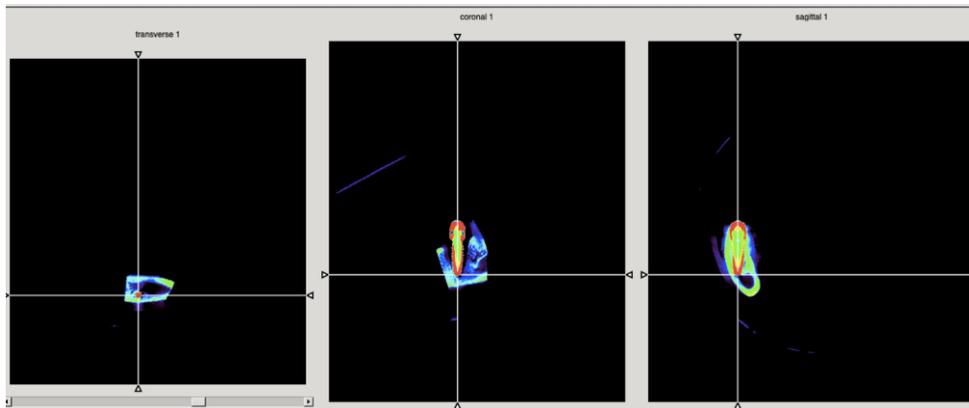


Fig. 51: Colocación de la línea perpendicular en la zona apical de la muestra

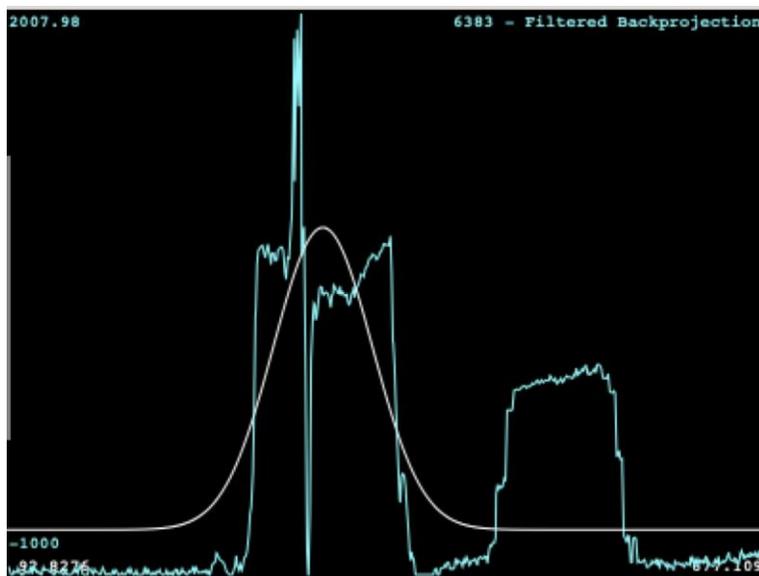


Fig. 52: Gráfica que corresponde a la disponibilidad ósea que rodea a la muestra de estudio en la zona apical

En la línea trazada en apical, a la izquierda aumentan las UH pero la zona ósea más cercana al implante presenta valores UH bajos, aumentan las UH en la zona del implante y en la zona de la derecha los valores caen en picado hasta llegar a valores negativos debido a la ausencia ósea en la zona de contacto hueso implante, a continuación los valores vuelven a ascender para seguidamente bajar las UH

#### 4.2.7. Imagen de muestra número: P4MD-4087

##### 4.2.7.1. Coronal

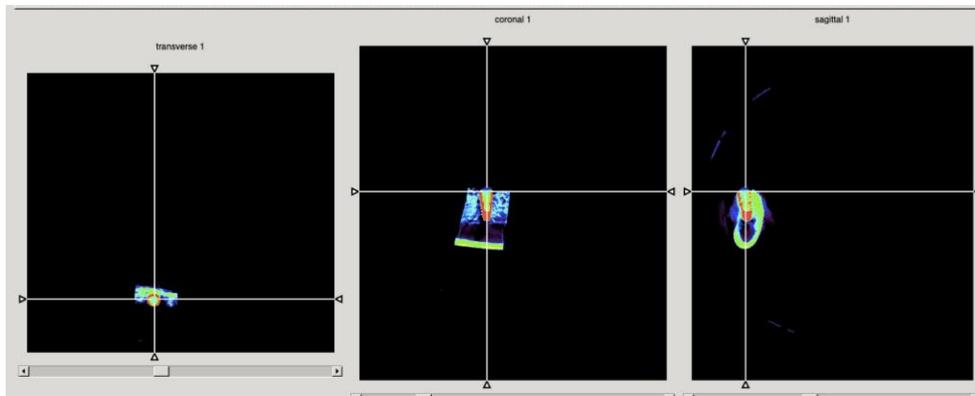


Fig. 53: Colocación de la línea perpendicular en la zona coronal de la muestra

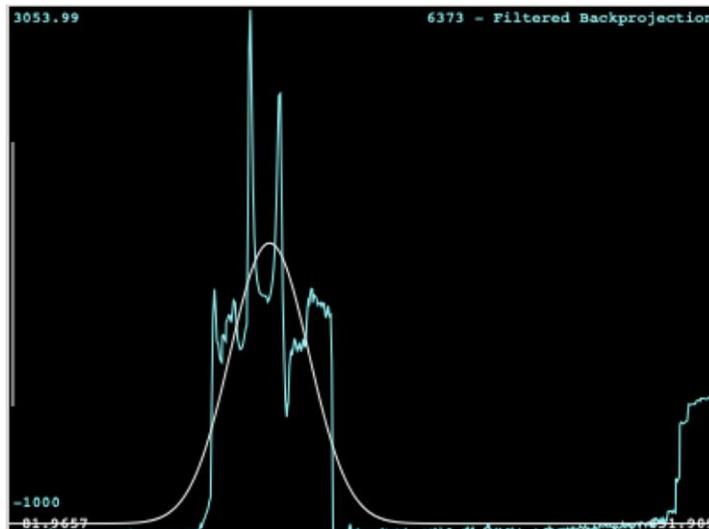


Fig. 54: Gráfica que corresponde a la disponibilidad ósea que rodea a la muestra de estudio en la zona coronal

En la línea coronal se observaron picos numéricos altos que luego caen los valores para volver a subir y caer más pronunciadamente.

#### 4.2.7.2. Central

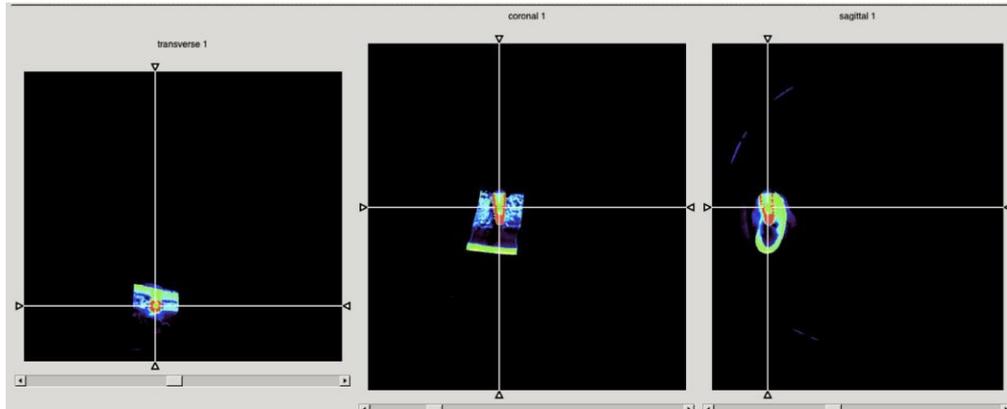


Fig. 55: Colocación de la línea perpendicular en la zona central de la muestra

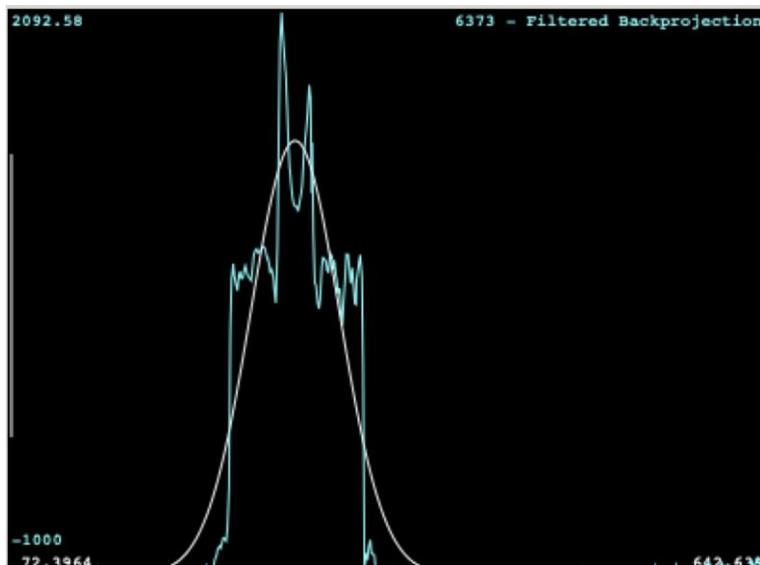


Fig. 56: Gráfica que corresponde a la disponibilidad ósea que rodea a la muestra de estudio en la zona central

La línea trazada en central a la izquierda aumenta los valores de densidad hasta llegar a un altísimo valor numérico, a continuación, caen los valores para volver a subir y finalmente descender.

#### 4.2.7.3. Apical

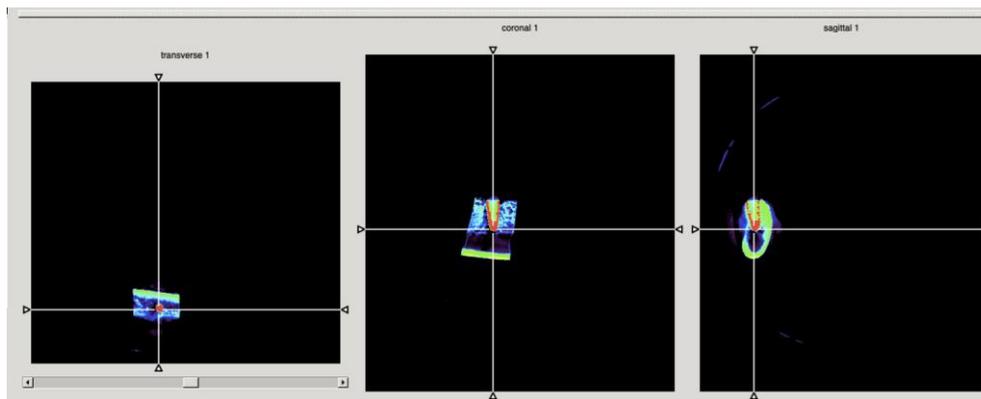


Fig. 57: Colocación de la línea perpendicular en la zona apical de la muestra

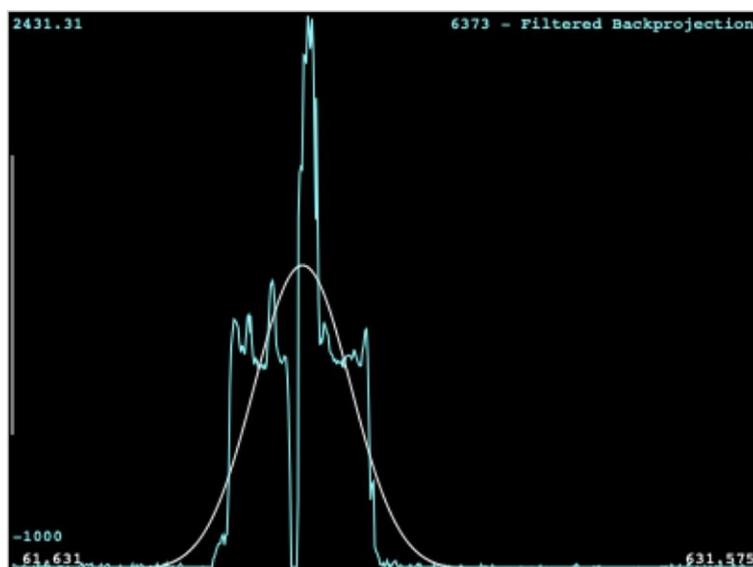


Fig. 58: Gráfica que corresponde a la disponibilidad ósea que rodea a la muestra de estudio en la zona apical

En la línea trazada en apical, a la zona izquierda los valores son muy negativos, no hay hueso, aumentan bruscamente las UH en la zona del implante y en la zona de la derecha los valores caen, pero en menor medida que en la izquierda.

#### 4.2.8. Imagen de muestra número: P3MD-4087

##### 4.2.8.1. Coronal

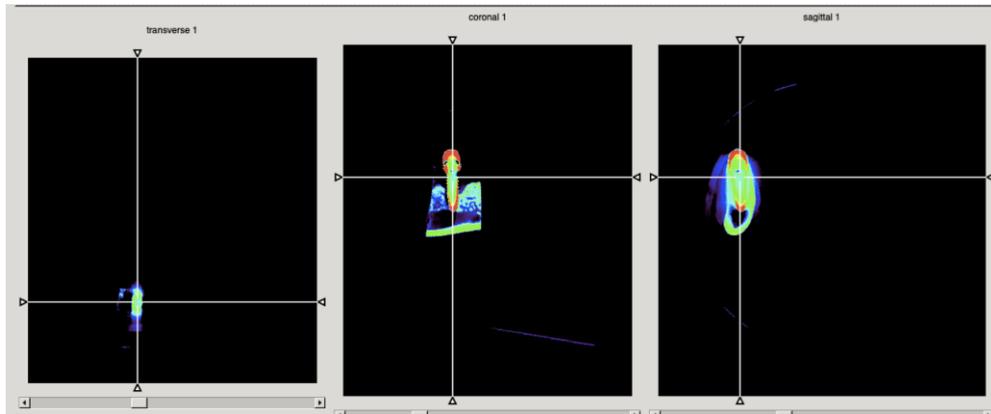


Fig. 59: Colocación de la línea perpendicular en la zona coronal de la muestra

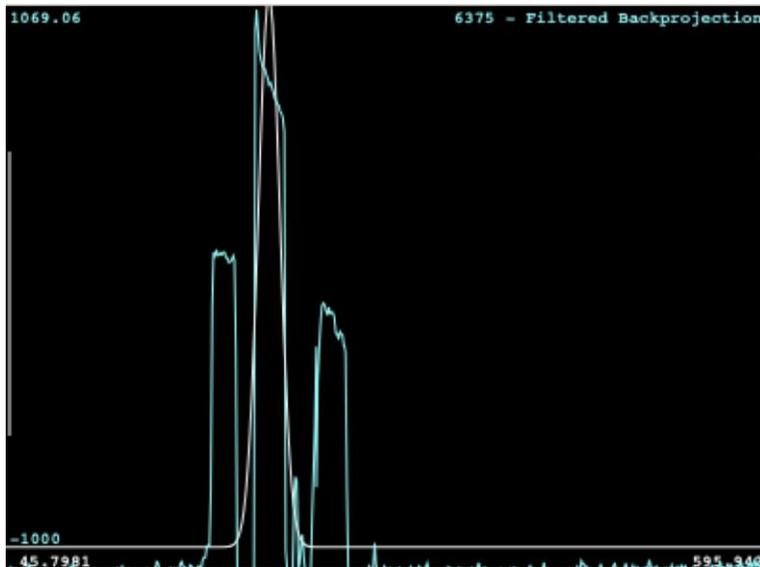


Fig. 60: Gráfica que corresponde a la disponibilidad ósea que rodea a la muestra de estudio en la zona coronal

En la línea trazada en coronal se observó un gran defecto alrededor implante, con valores negativos debido a que no hay contacto hueso implante.

#### 4.2.8.2 Central

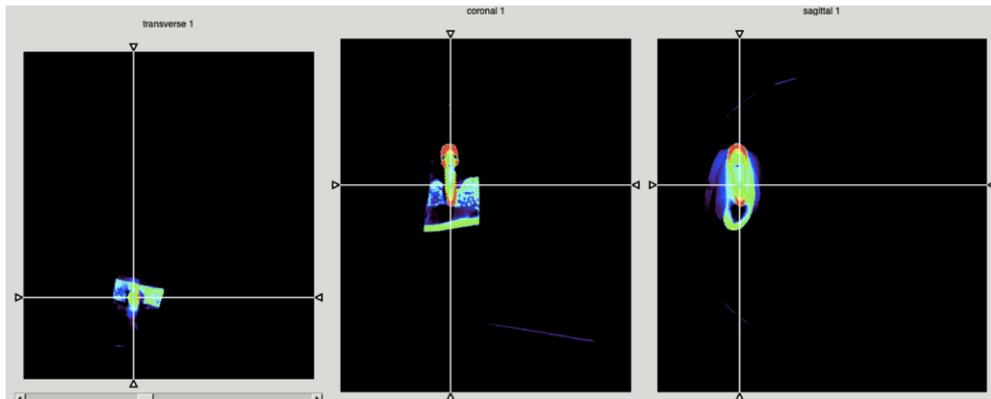


Fig. 61: Colocación de la línea perpendicular en la zona central de la muestra

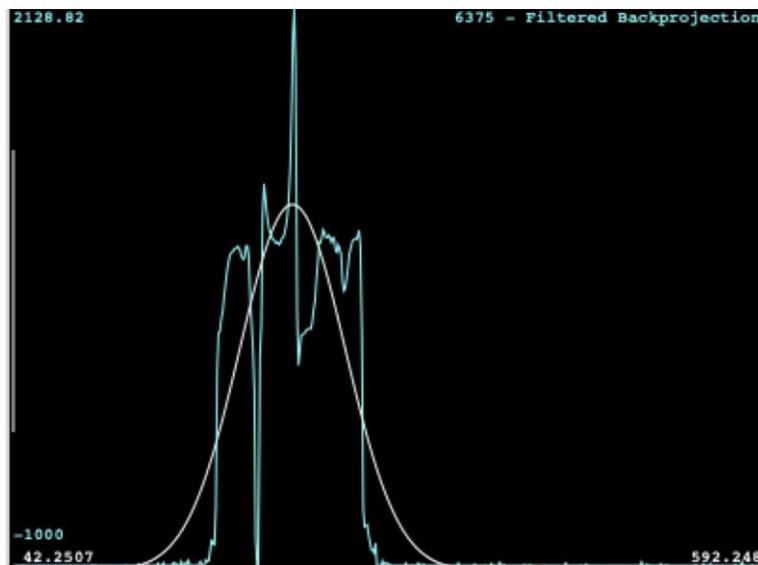


Fig. 62: Gráfica que corresponde a la disponibilidad ósea que rodea a la muestra de estudio en la zona central

En la línea trazada en el centro del implante, en la zona de la izquierda aumentan los valores y en la zona más cercana al implante desciende los valores de

densidad, seguidamente aumentan debido a la presencia del implante para volver a descender, pero menos que en la izquierda, a continuación, aumentan brevemente para volver a descender paulatinamente.

#### 4.2.8.3 Apical

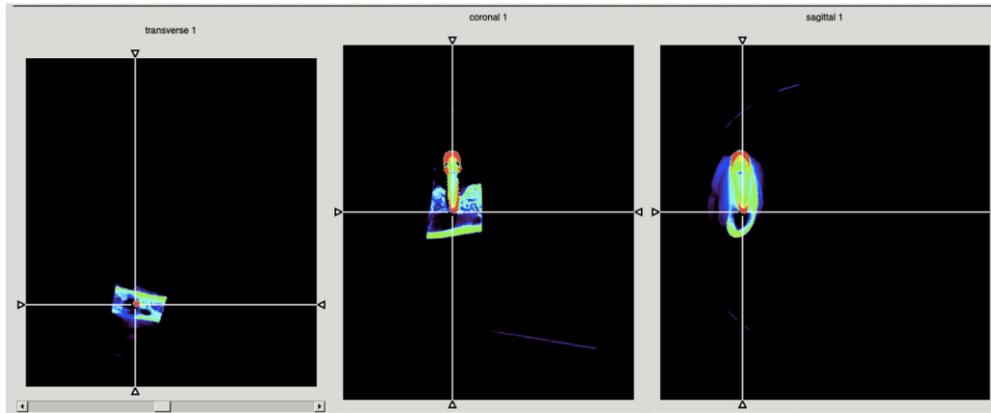


Fig. 63: Colocación de la línea perpendicular en la zona apical de la muestra

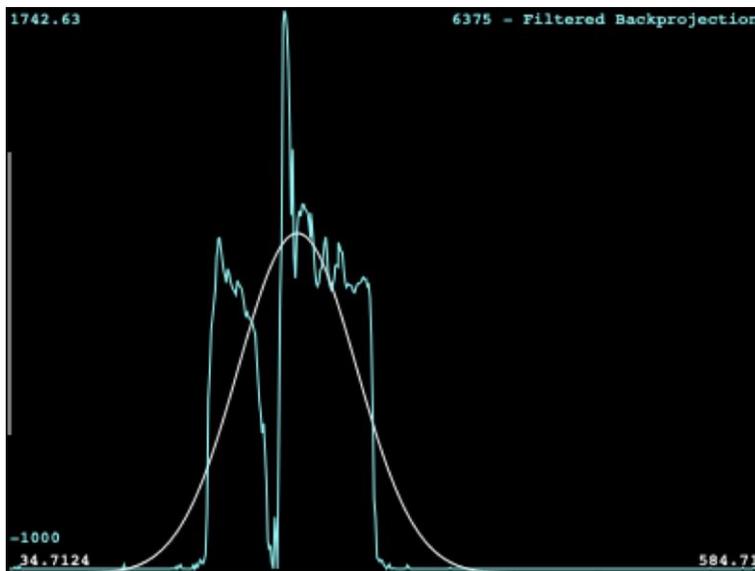


Fig. 64: Gráfica que corresponde a la disponibilidad ósea que rodea a la muestra de estudio en la zona apical

En la línea trazada en apical, alrededor del implante en ambos lados se observaron valores negativos debido a la presencia del canal mandibular.

## 4.2.9. Imagen de muestra número: P2MD-4087

## 4.2.9.1. Coronal

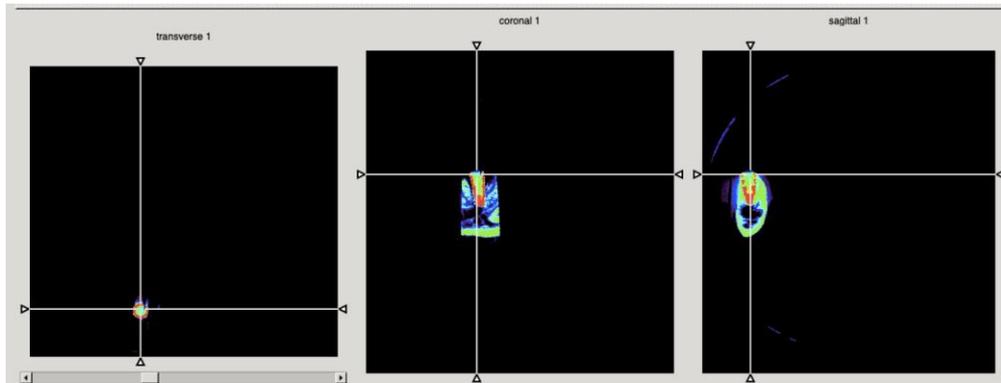


Fig. 65: Colocación de la línea perpendicular en la zona coronal de la muestra

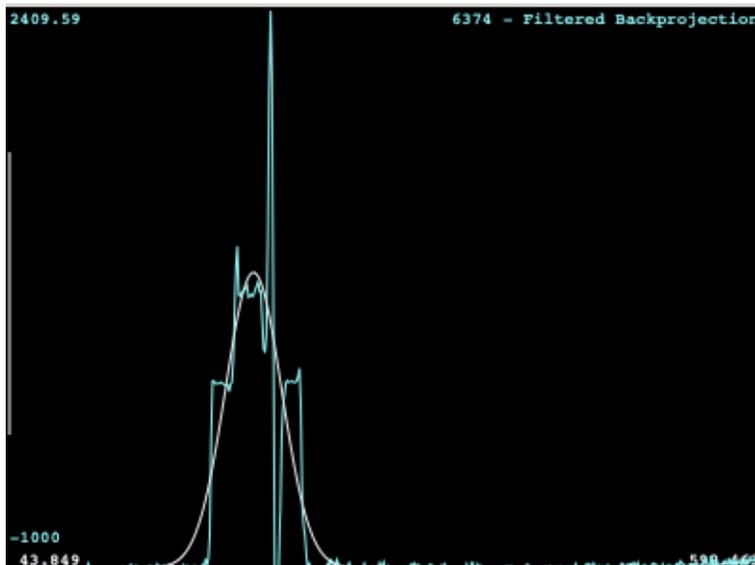


Fig. 66: Gráfica que corresponde a la disponibilidad ósea que rodea a la muestra de estudio en la zona coronal

En la línea coronal se observó un valor numérico altísimo que corresponde con la presencia del implante de muestra, siendo bajos el resto de los valores densitométricos.

## 4.2.9.2. Central

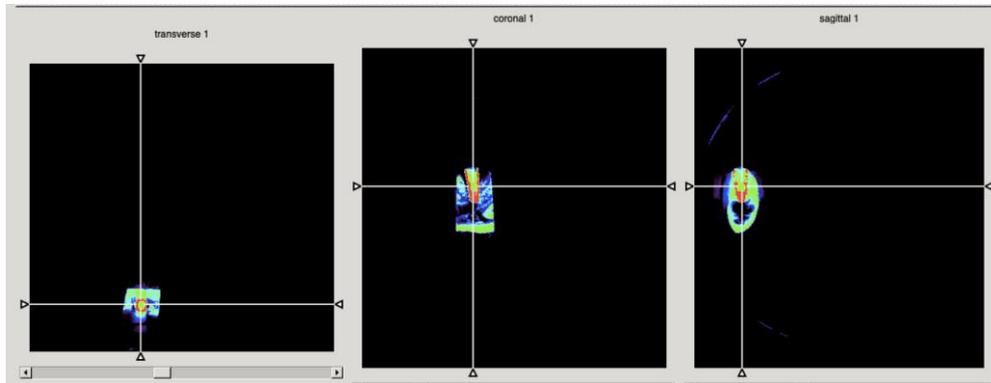


Fig.67: Colocación de la línea perpendicular en la zona central de la muestra

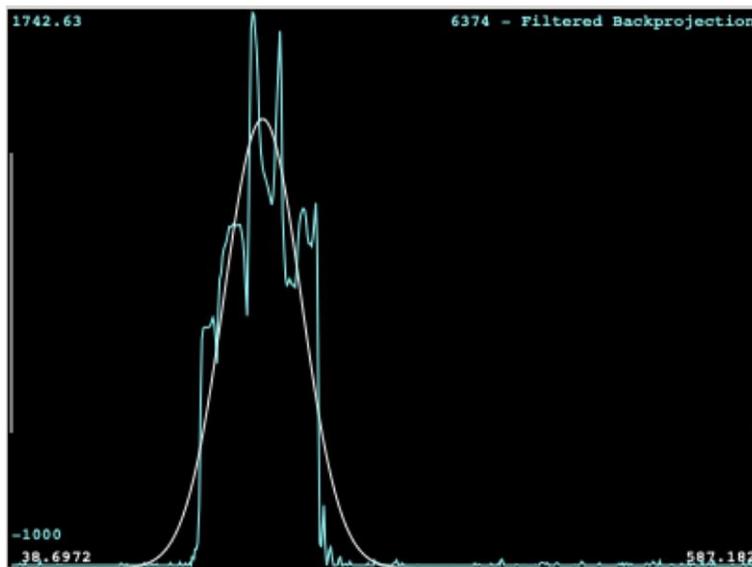


Fig. 68: Gráfica que corresponde a la disponibilidad ósea que rodea a la muestra de estudio en la zona central

En la línea trazada en el centro del implante se observó una fuerte subida llegando a altos niveles que luego bajar para volver a subir bruscamente y luego decae.

## 4.2.9.3. Apical

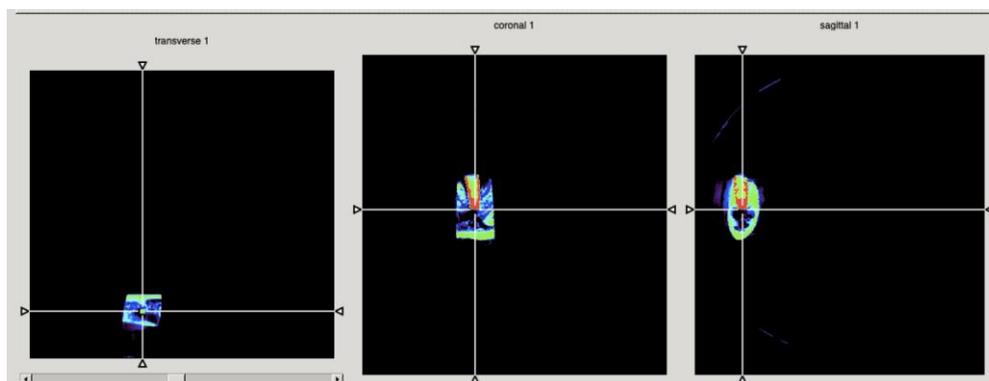


Fig. 69: Colocación de la línea perpendicular en la zona apical de la muestra

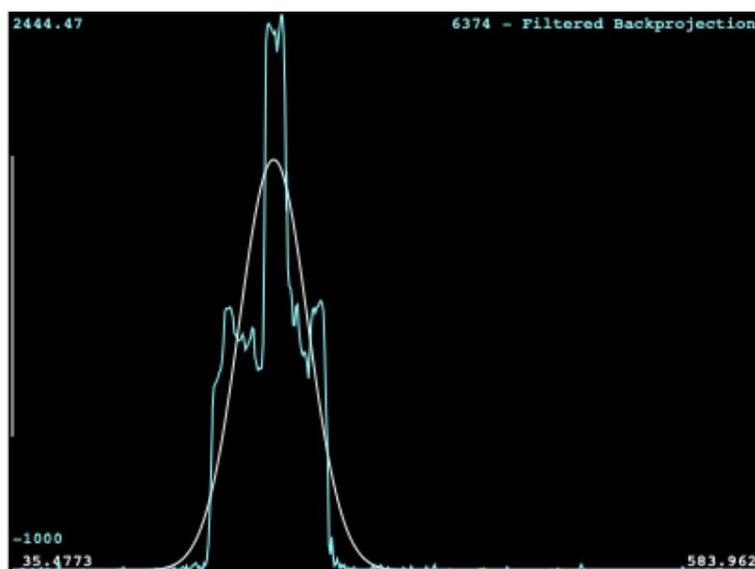


Fig. 70: Gráfica que corresponde a la disponibilidad ósea que rodea a la muestra de estudio en la zona apical

En la línea trazada en la parte apical no se observó presencia ósea alrededor del implante, la subida de las UH corresponde a los valores positivos del titanio del implante.

## 4.2.10. Imagen de muestra número: P4MI-4087

## 4.2.10.1. Coronal

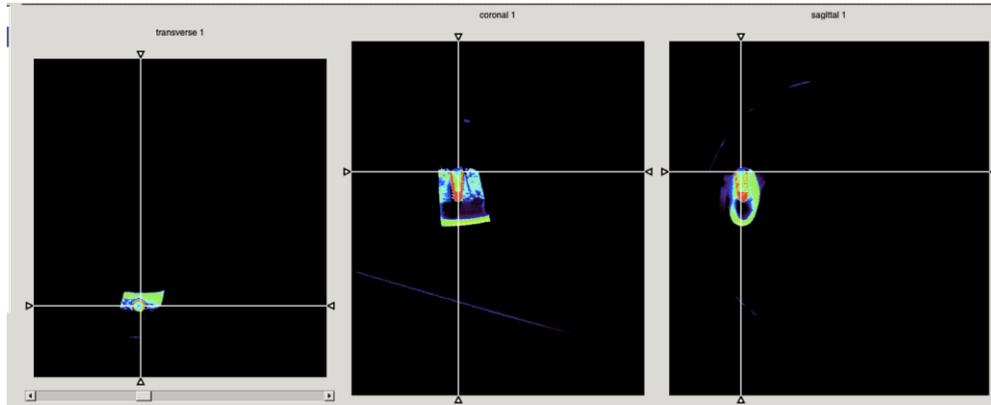


Fig. 71: Colocación de la línea perpendicular en la zona coronal de la muestra

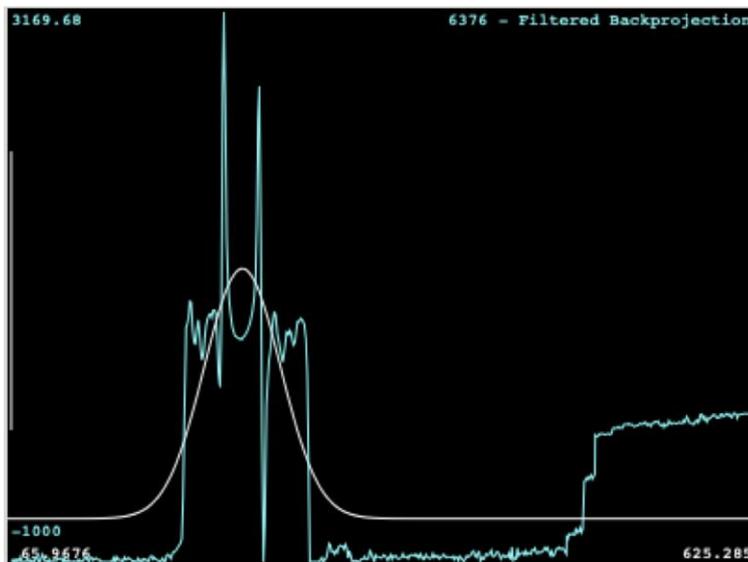


Fig. 72: Gráfica que corresponde a la disponibilidad ósea que rodea a la muestra de estudio en la zona coronal

En la línea trazada en coronal se observó una subida en la izquierda de las UH debido a la presencia ósea que decae y vuelve a subir, a continuación, baja fuertemente hasta valores negativos que refleja la ausencia ósea, seguidamente vuelven a aumentar los niveles y finalmente descienden.

## 4.2.10.2. Central

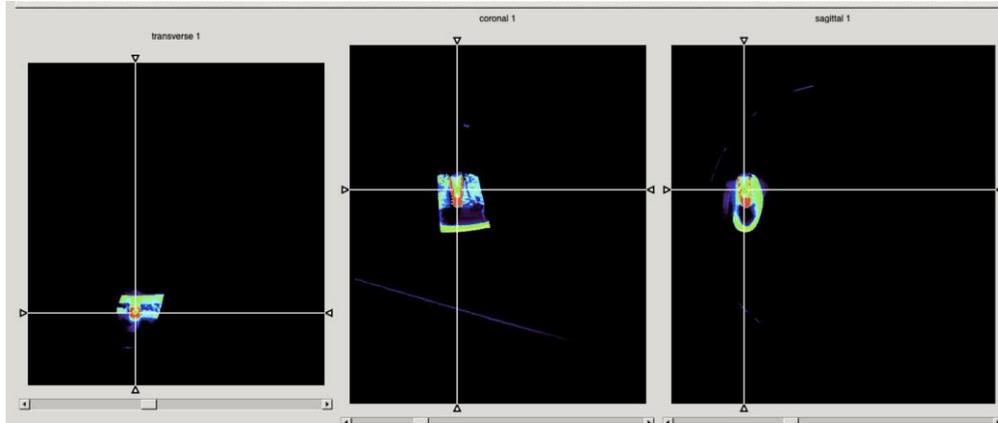


Fig. 73: Colocación de la línea perpendicular en la zona central de la muestra

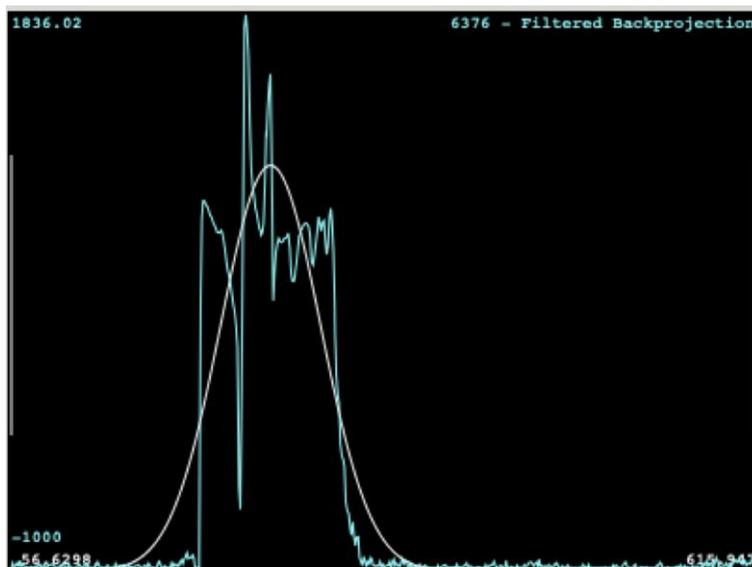


Fig. 74: Gráfica que corresponde a la disponibilidad ósea que rodea a la muestra de estudio en la zona central

En la línea trazada en el centro del implante, en la zona de la izquierda aumentan los valores y en la zona más cercana al implante desciende los valores de densidad, seguidamente aumentan debido a la presencia del implante para volver a descender, pero menos que en el lado contralateral.

## 4.2.10.3. Apical

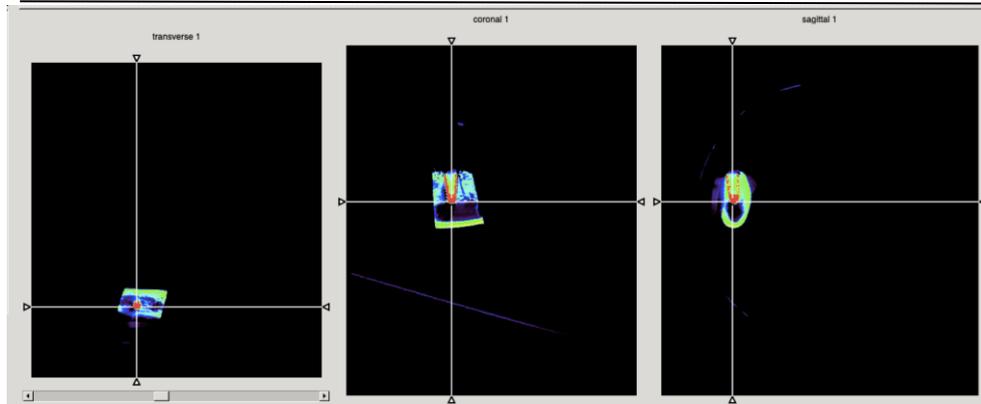


Fig. 75: Colocación de la línea perpendicular en la zona apical de la muestra

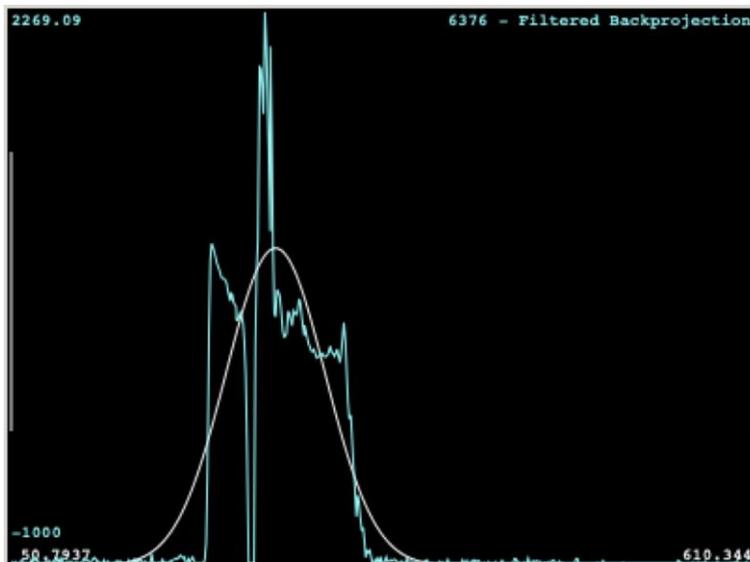


Fig. 76: Gráfica que corresponde a la disponibilidad ósea que rodea a la muestra de estudio en la zona apical

En apical se observaron valores bajos, destacando la zona izquierda más cercana al implante con valores muy negativos. Se observó un pico de subida que corresponde con el implante.

#### 4.2.11. Imagen de muestra número: P3MI-4087

##### 4.2.11.1. Coronal

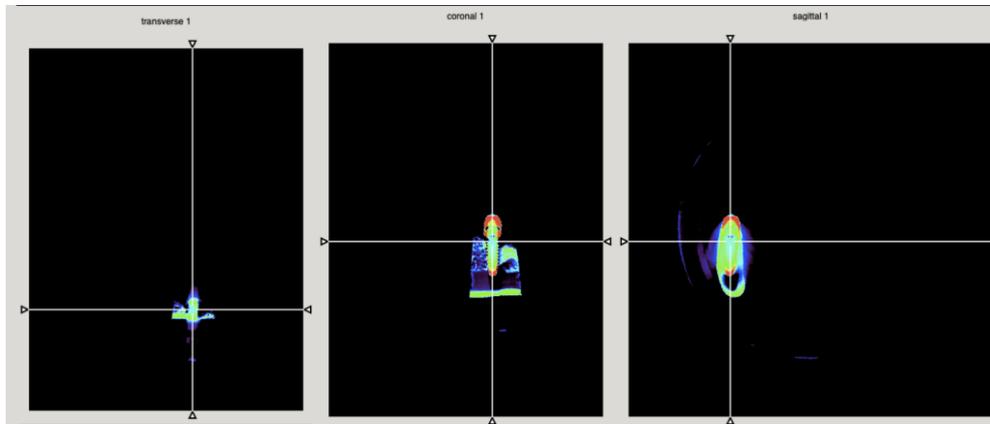


Fig. 77: Colocación de la línea perpendicular en la zona coronal de la muestra

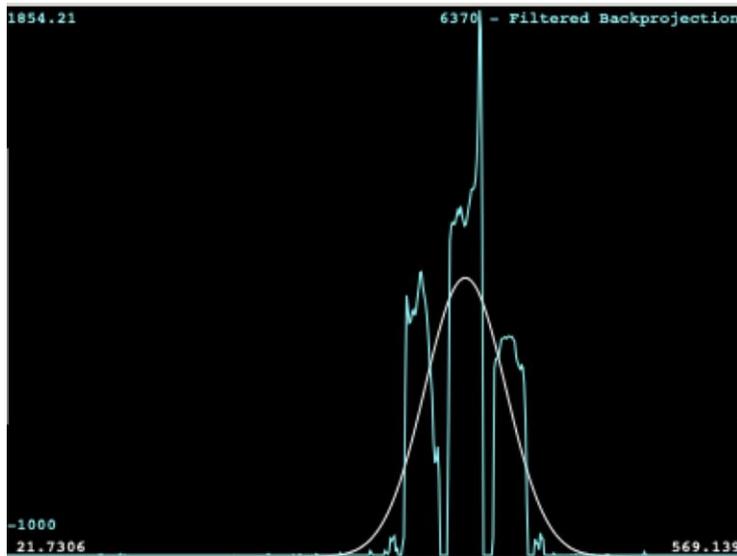


Fig. 78: Gráfica que corresponde a la disponibilidad ósea que rodea a la muestra de estudio en la zona coronal

En la línea coronal los valores suben y bajan hasta tres veces, destacando un pico de subida central correspondiendo por los altos valores de densidad del implante y dos picos de bajada con ausencia nula de tejido ósea en esas zonas.

## 4.2.11.2. Central

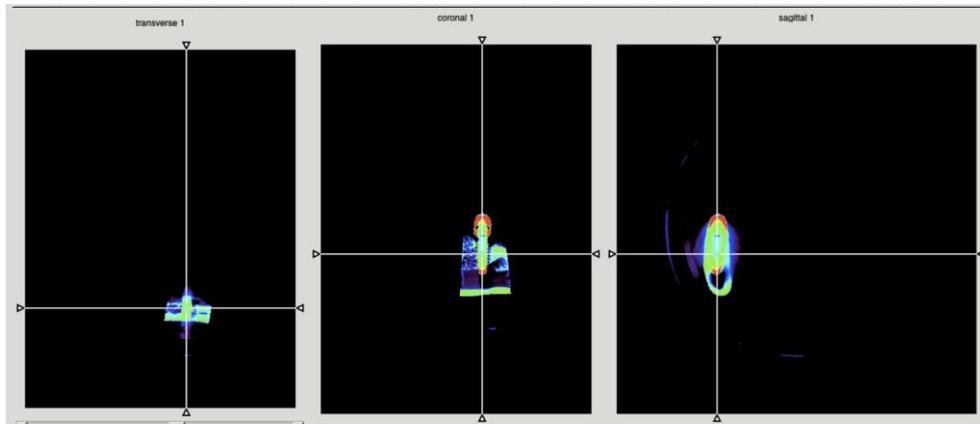


Fig. 79: Colocación de la línea perpendicular en la zona central de la muestra

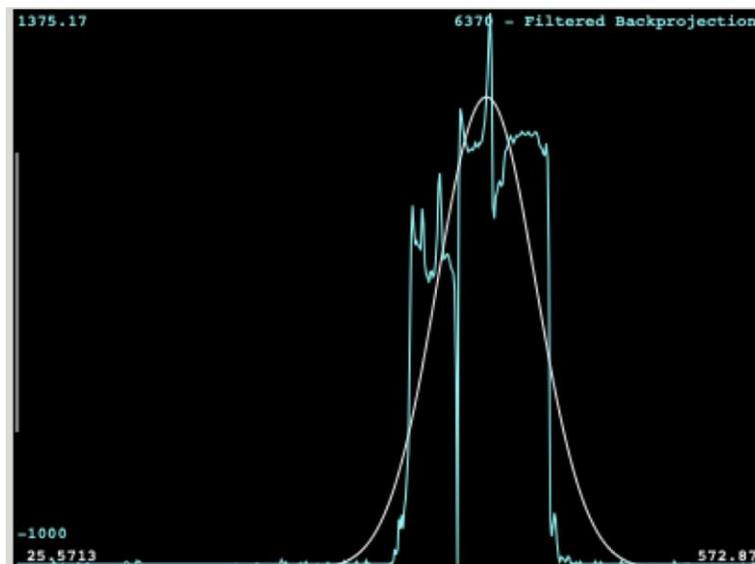


Fig. 80: Gráfica que corresponde a la disponibilidad ósea que rodea a la muestra de estudio en la zona central

Línea trazada en central muestra la subida de los valores, a continuación, descienden bruscamente hasta valores negativos para volver a ascender y mantenerse relativamente estable y volver a descender los valores.

## 4.2.11.3. Apical

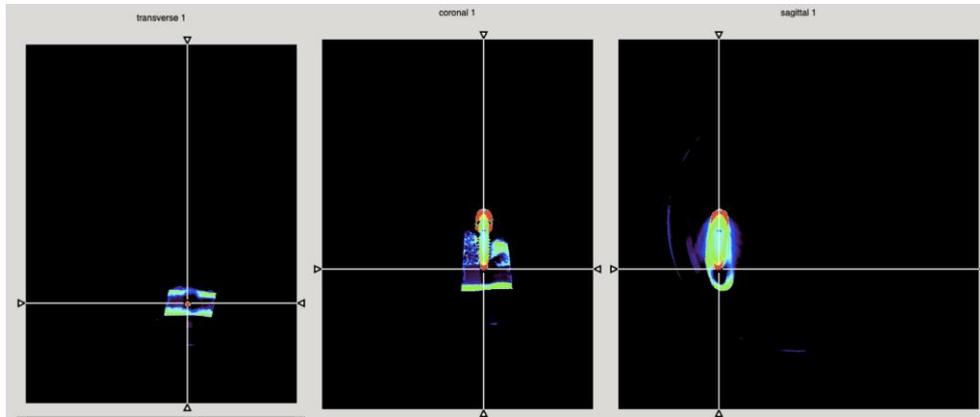


Fig. 81: Colocación de la línea perpendicular en la zona apical de la muestra

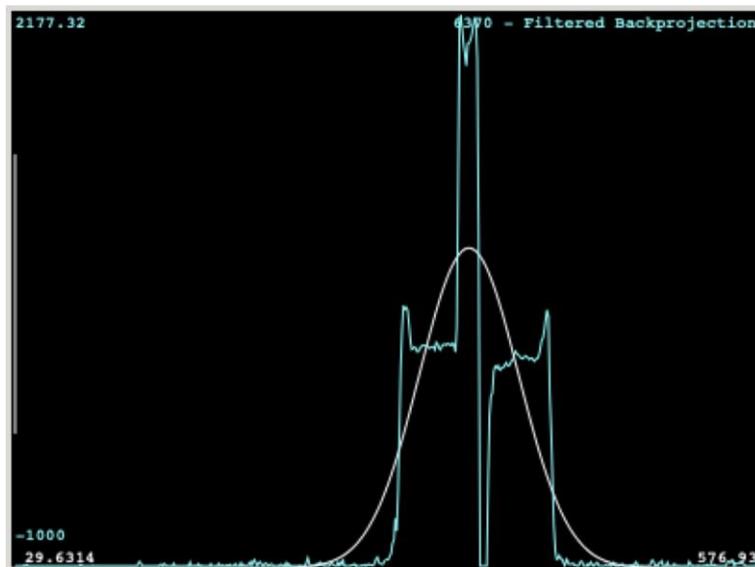


Fig. 82: Gráfica que corresponde a la disponibilidad ósea que rodea a la muestra de estudio en la zona apical

En la línea trazada en apical se observaron bajos valores, destacando un aumento brusco de las unidades de densidad correspondiendo a la muestra y a continuación un marcado pico de bajada.

## 4.2.12. Imagen de muestra número: P2MI-4087

## 4.2.12.1. Coronal

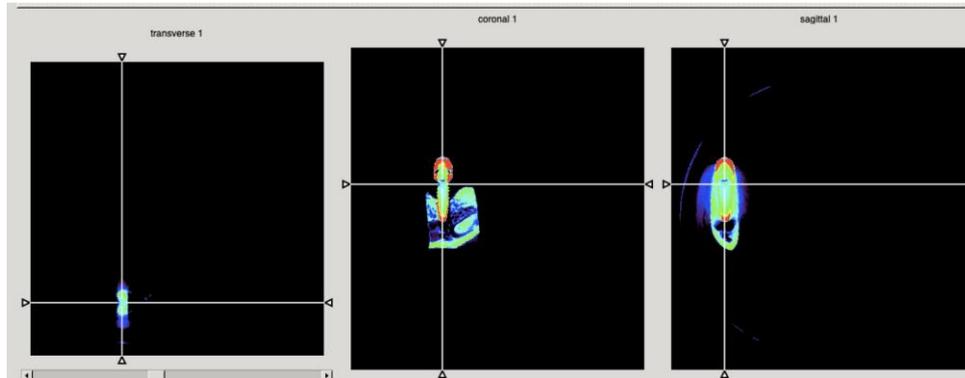


Fig. 83: Colocación de la línea perpendicular en la zona coronal de la muestra

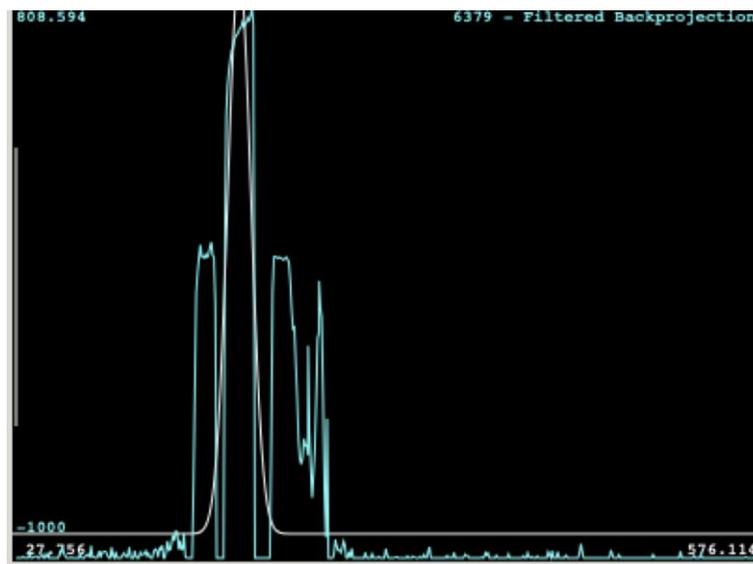


Fig. 84: Gráfica que corresponde a la disponibilidad ósea que rodea a la muestra de estudio en la zona coronal

En la línea trazada en coronal se observó un gran defecto alrededor implante, con valores muy negativos debido a que no se observó contacto hueso implante.

## 4.2.12.2. Central

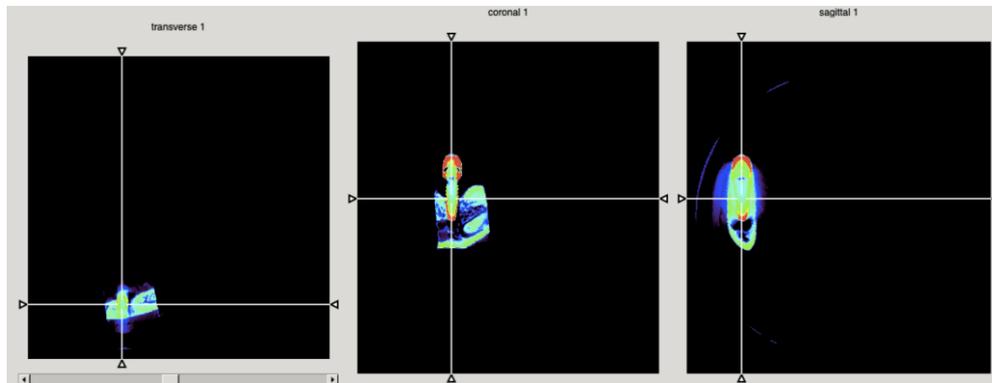


Fig. 85: Colocación de la línea perpendicular en la zona central de la muestra

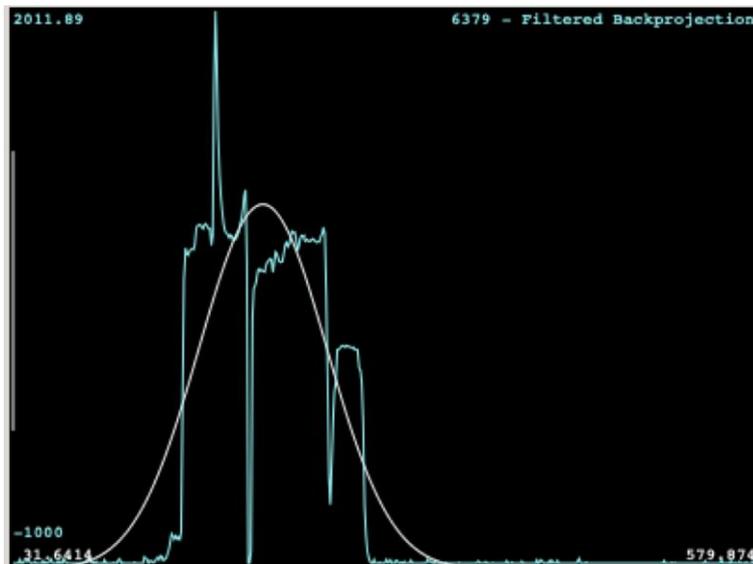


Fig. 86: Gráfica que corresponde a la disponibilidad ósea que rodea a la muestra de estudio en la zona central

En la línea central se observó un aumento de los valores destacando un pico de subida y a continuación una bajada brusca correspondiendo con valores negativos y ausencia ósea, seguidamente vuelven a ascender los valores

## 4.2.12.3. Apical

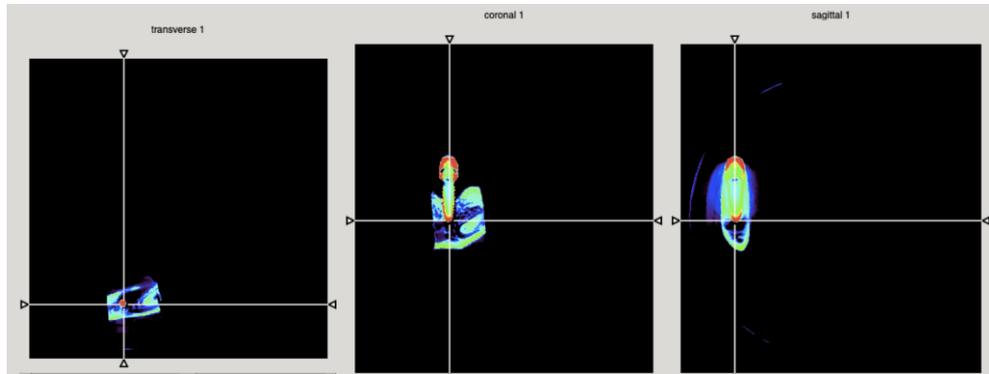


Fig. 87: Colocación de la línea perpendicular en la zona apical de la muestra

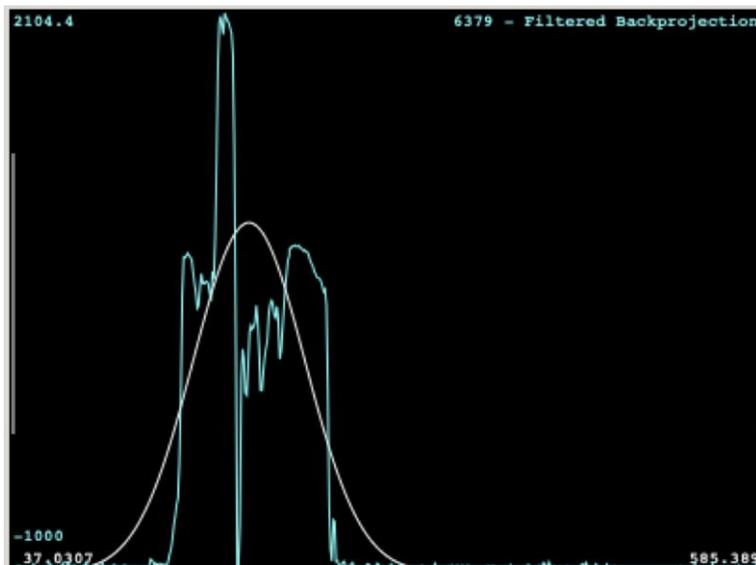


Fig. 88: Gráfica que corresponde a la disponibilidad ósea que rodea a la muestra de estudio en la zona apical

Línea apical aumentan los valores densitométricos se mantienen estables y a continuación hay una subida de los valores y seguidamente se observó un pico de descenso debido a la ausencia hueso-implante para finalmente volver a ascender mantenerse estables y volver a descender levemente.

## 4.2.13. Imagen de muestra número: M1MD-6331

## 4.2.13.1. Coronal

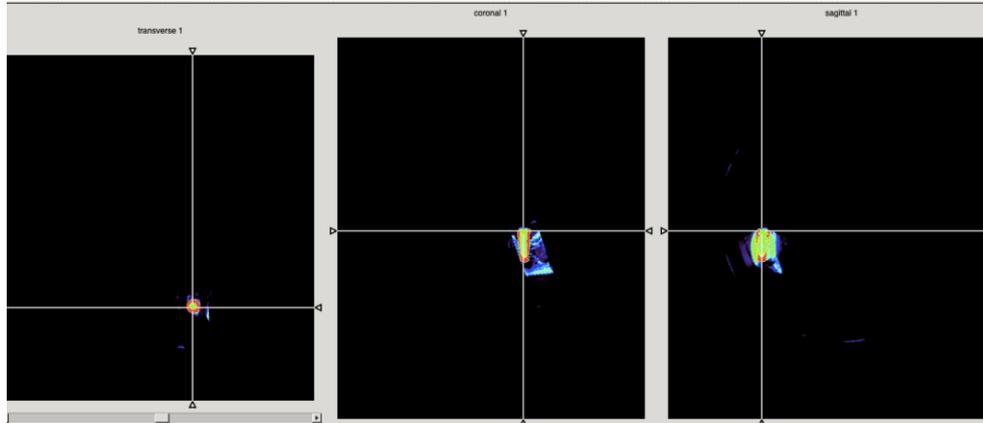


Fig. 89: Colocación de la línea perpendicular en la zona coronal de la muestra

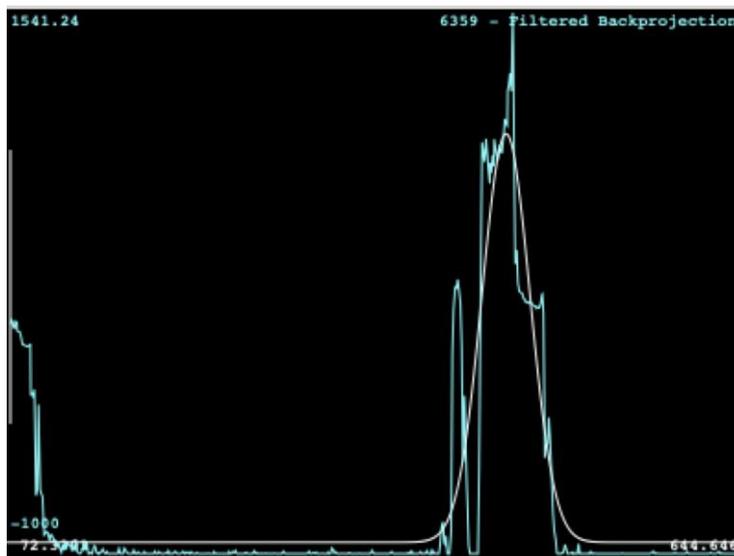


Fig. 90: Gráfica que corresponde a la disponibilidad ósea que rodea a la muestra de estudio en la zona coronal

La línea coronal muestra valores bajos de densidad debido al defecto alrededor del implante y se observó un pico de ascenso correspondiendo a la muestra.

## 4.2.13.2. Central

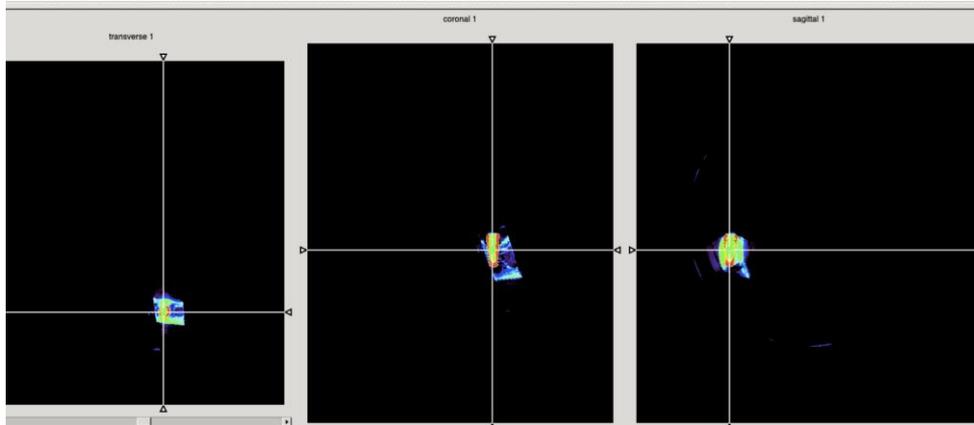


Fig.91: Colocación de la línea perpendicular en la zona central de la muestra

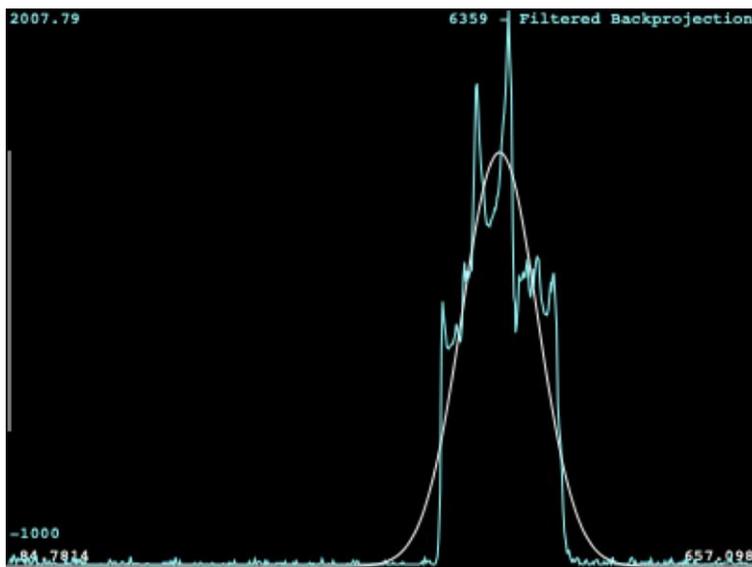


Fig. 92: Gráfica que corresponde a la disponibilidad ósea que rodea a la muestra de estudio en la zona central

En la línea central se observó una fuerte subida llegando a altos niveles que luego desciende para volver a subir bruscamente y a continuación decae.

## 4.2.13.3. Apical

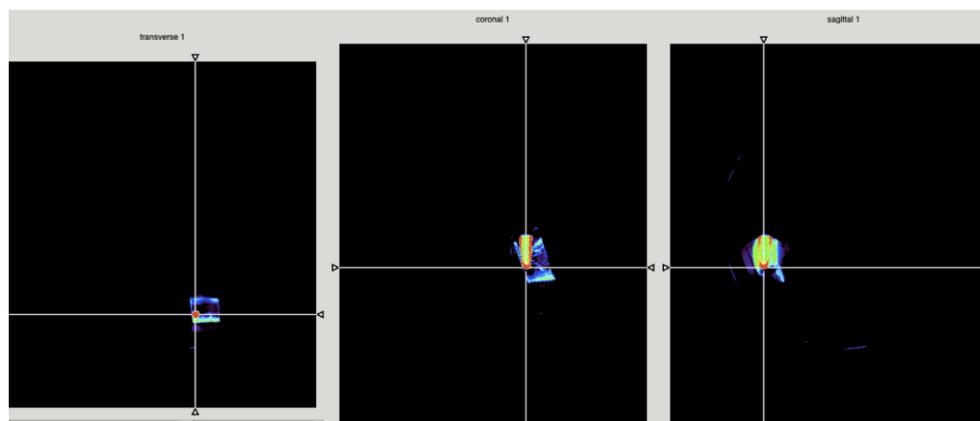


Fig. 93: Colocación de la línea perpendicular en la zona apical de la muestra

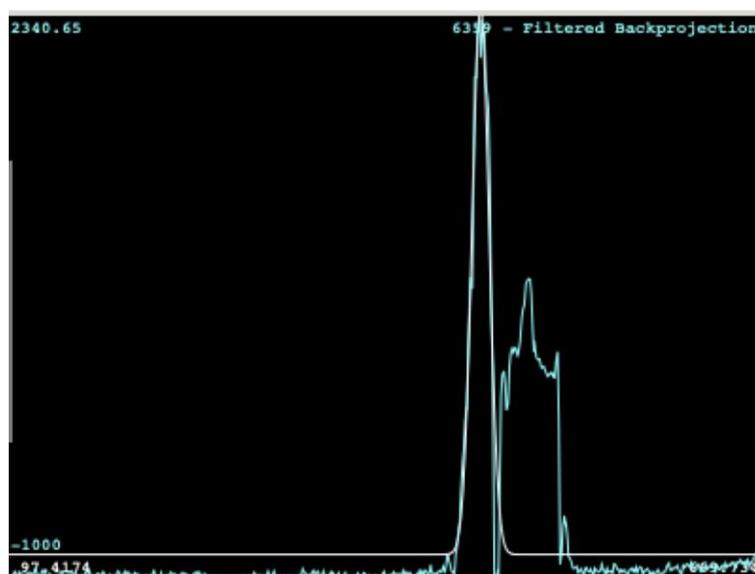


Fig. 94: Gráfica que corresponde a la disponibilidad ósea que rodea a la muestra de estudio en la zona apical

En la línea apical los valores numéricos son negativos debido al defecto que se encuentra alrededor del implante, la subida que aparece de las UH es debido al implante.

## 4.2.14. Imagen de muestra número: P3MD-6331

## 4.2.14.1. Coronal

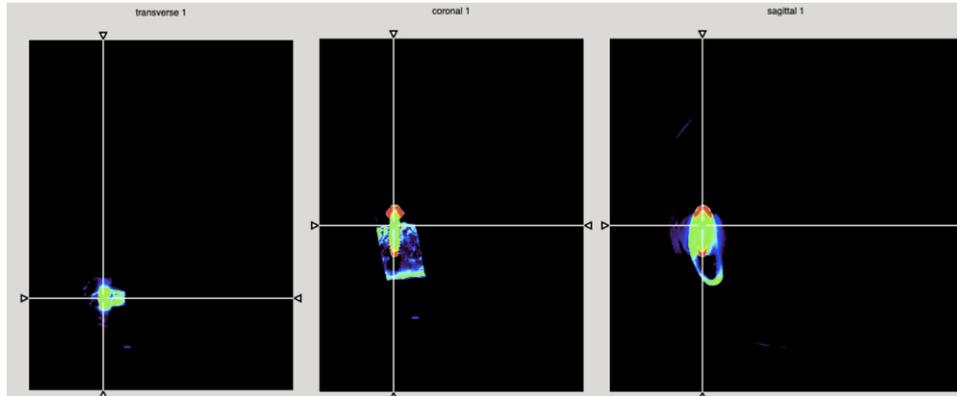


Fig. 95: Colocación de la línea perpendicular en la zona coronal de la muestra

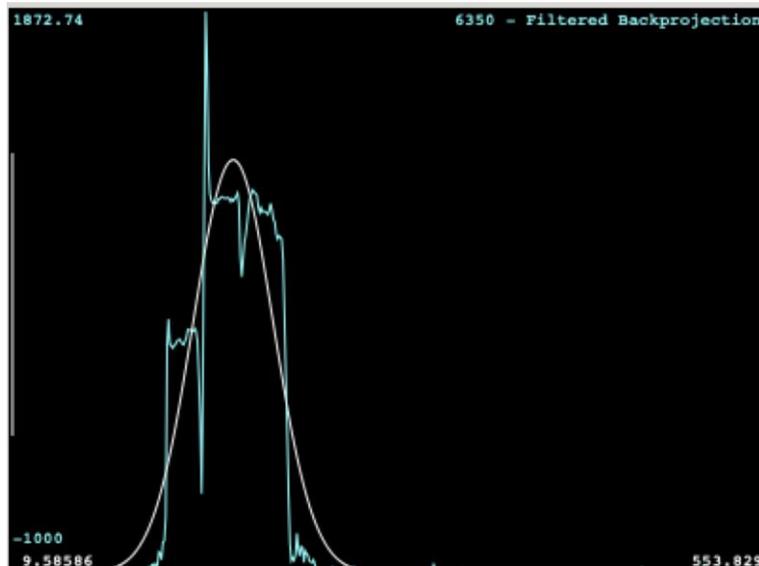


Fig. 96: Gráfica que corresponde a la disponibilidad ósea que rodea a la muestra de estudio en la zona coronal

Línea en coronal muestra la subida de los valores, a continuación, desciende bruscamente hasta valores negativos, seguidamente se observó un pico ascendente y vuelve a descender manteniéndose relativamente estable.

## 4.2.14.2. Central

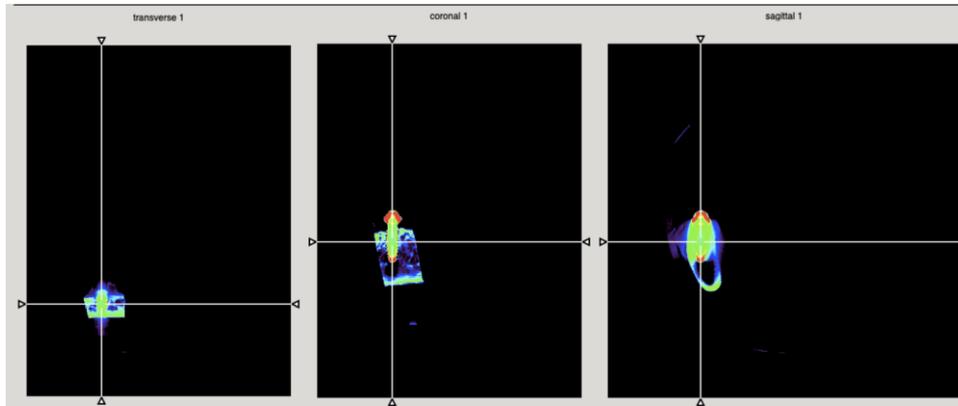


Fig. 97: Colocación de la línea perpendicular en la zona central de la muestra

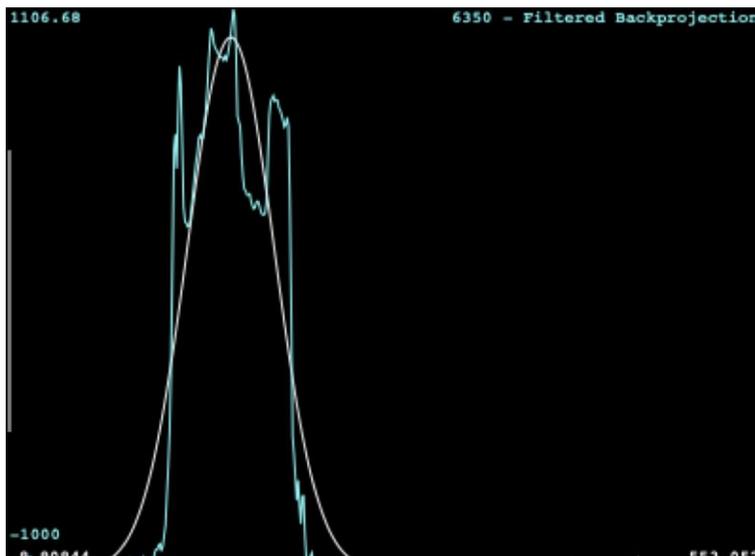


Fig. 98: Gráfica que corresponde a la disponibilidad ósea que rodea a la muestra de estudio en la zona central

En la línea trazada en la zona central se observó un aumento de los valores referenciando la presencia de tejido óseo, a continuación, bajan brevemente la UH para volver a ascender, luego bajan y finalmente suben similar al otro lado.

## 4.2.14.3. Apical

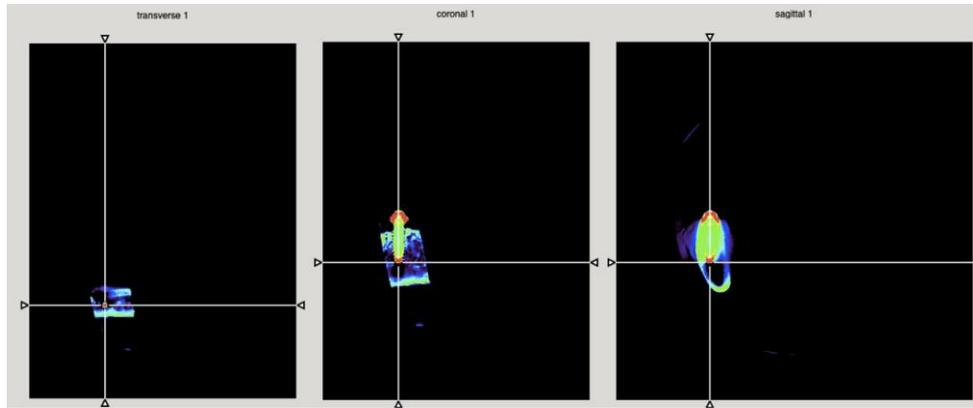


Fig. 99: Colocación de la línea perpendicular en la zona apical de la muestra

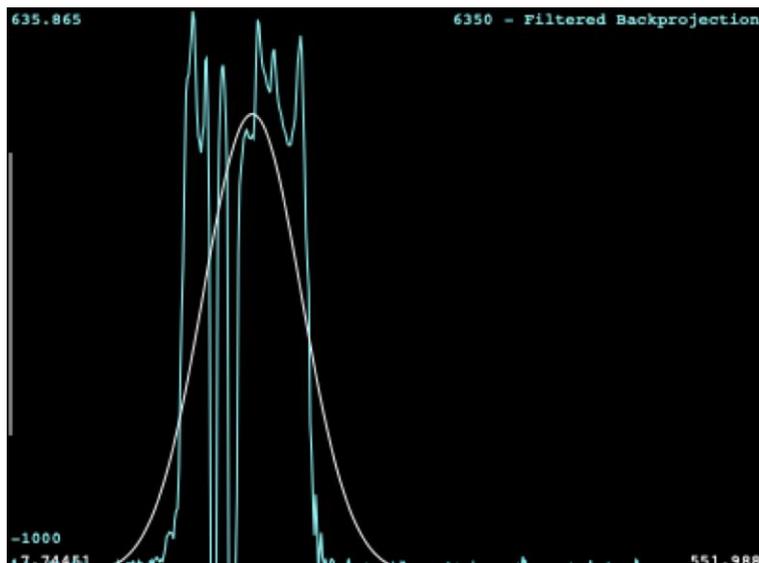


Fig. 100: Gráfica que corresponde a la disponibilidad ósea que rodea a la muestra de estudio en la zona apical

En la línea trazada en apical se observaron picos descendentes muy marcados haciendo referencia al defecto óseo y una ausencia de contacto hueso-implante.

## 4.2.15. Imagen de muestra número: M1MI-6331

## 4.2.15.1. Coronal

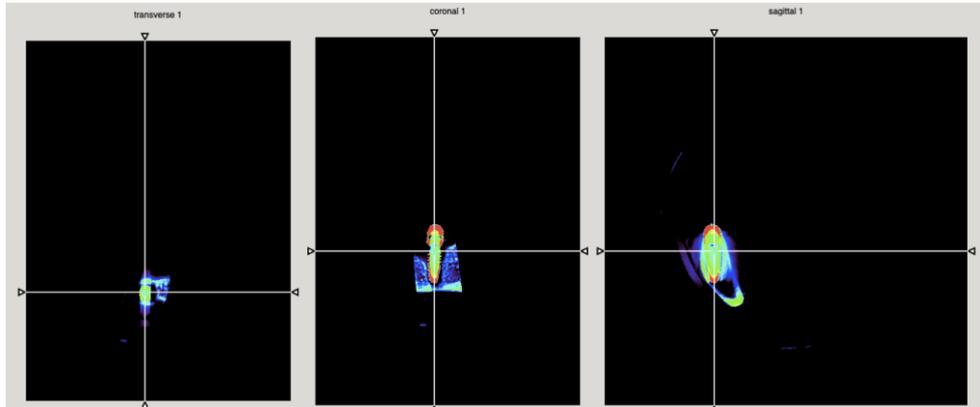


Fig. 101: Colocación de la línea perpendicular en la zona coronal de la muestra

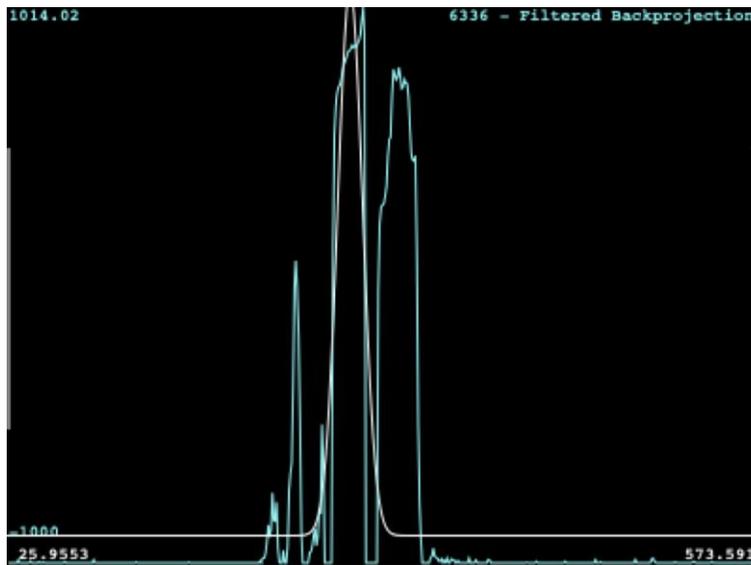


Fig. 102: Gráfica que corresponde a la disponibilidad ósea que rodea a la muestra de estudio en la zona coronal

La línea trazada en coronal mostró un pico de subida menos pronunciado que los otros dos, luego una bajada brusca, luego sube, seguidamente vuelve a descender y se observó otro pico de subida y bajada.

## 4.2.15.2. Central

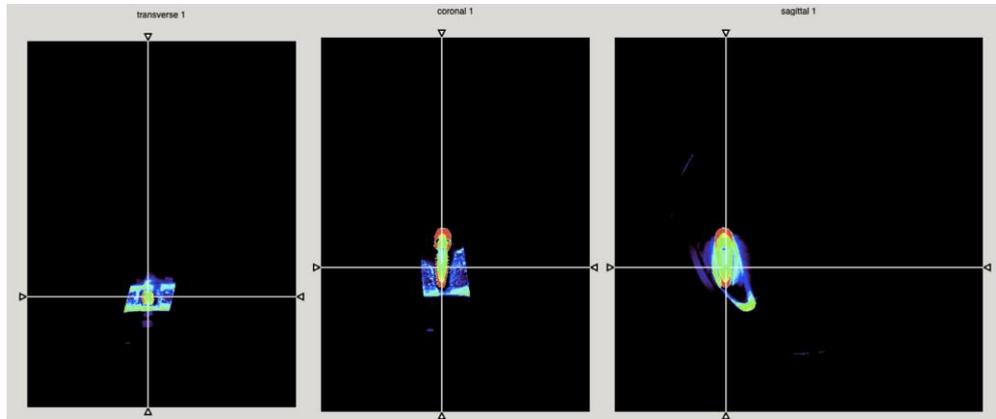


Fig. 103: Colocación de la línea perpendicular en la zona central de la muestra

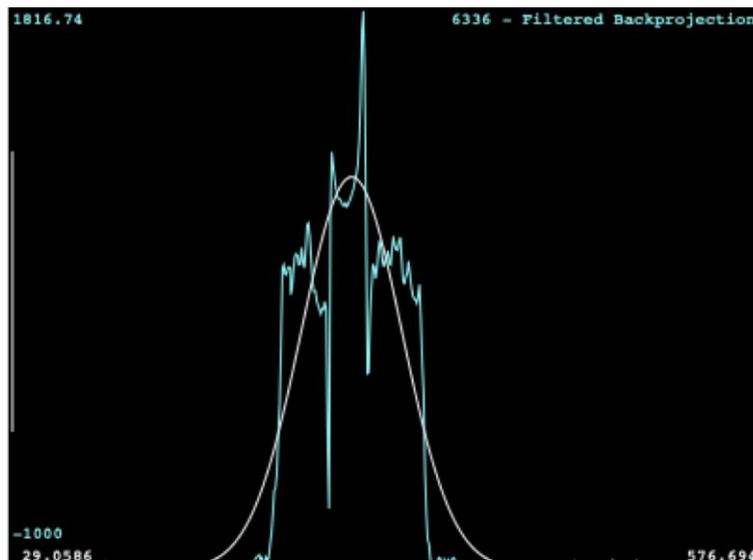


Fig. 104: Gráfica que corresponde a la disponibilidad ósea que rodea a la muestra de estudio en la zona central

En la línea trazada en central del implante se observó una subida en la izquierda de las UH debido a la presencia ósea que decae hasta valores negativos que refleja la ausencia ósea, vuelve a subir, a continuación, baja y seguidamente vuelven a aumentar los niveles. Finalmente descienden.

## 4.2.15.3. Apical

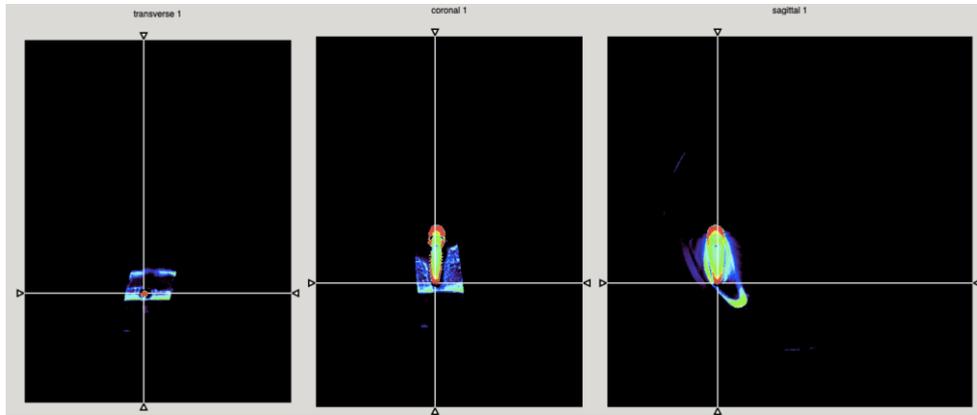


Fig. 105: Colocación de la línea perpendicular en la zona apical de la muestra

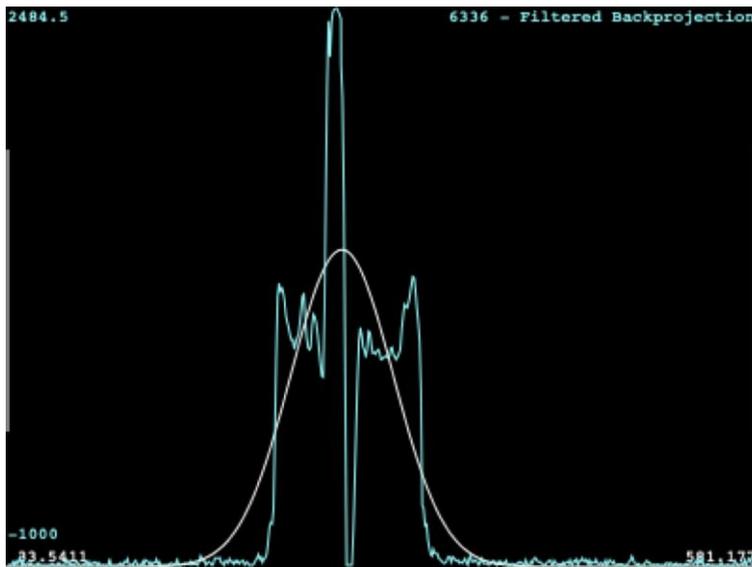


Fig. 106: Gráfica que corresponde a la disponibilidad ósea que rodea a la muestra de estudio en la zona apical

En la línea apical se observó un pico subido y un pico de bajada debido a que no hay contacto hueso implante en la zona apical del implante debido al canal mandibular.

## 4.2.16. Imagen de muestra número: P4MI-6331

## 4.2.16.1. Coronal

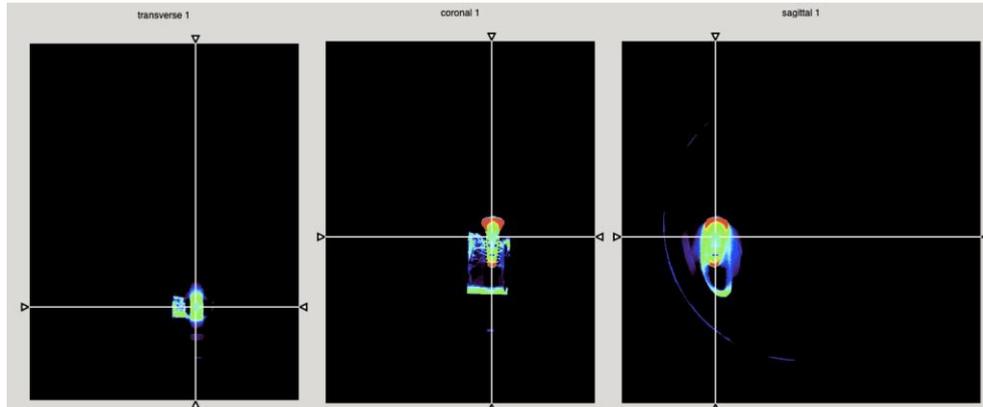


Fig. 107: Colocación de la línea perpendicular en la zona coronal de la muestra

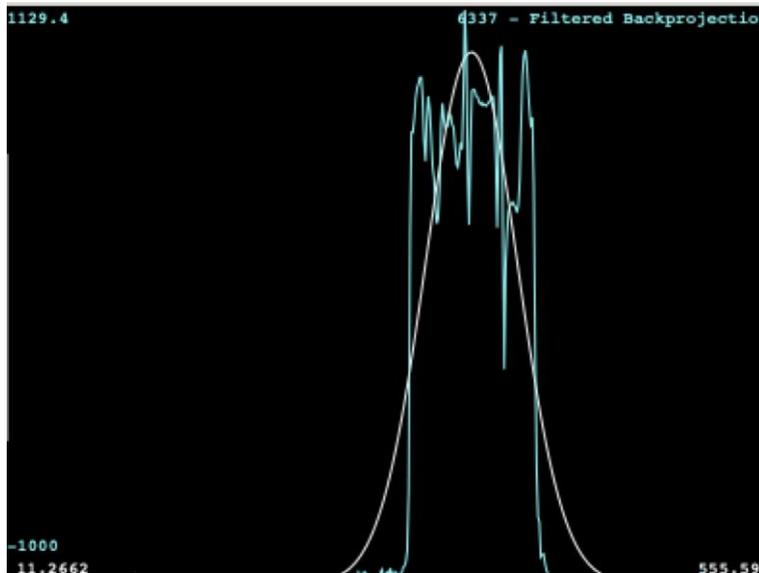


Fig. 108: Gráfica que corresponde a la disponibilidad ósea que rodea a la muestra de estudio en la zona coronal.

En la línea trazada en coronal se observó una subida de la densidad que se mantiene estable con ligeros picos de subida y bajada, destacando un pico de descenso en la zona de la derecha.

## 4.2.16.2. Central

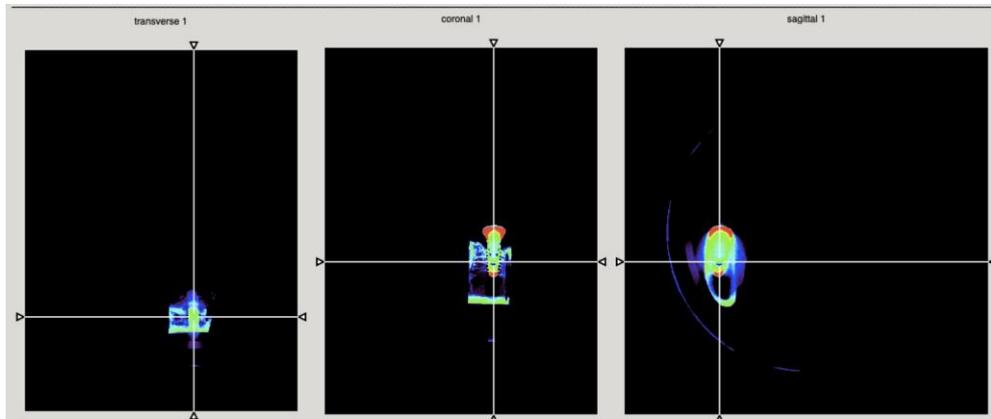


Fig. 109: Colocación de la línea perpendicular en la zona central de la muestra

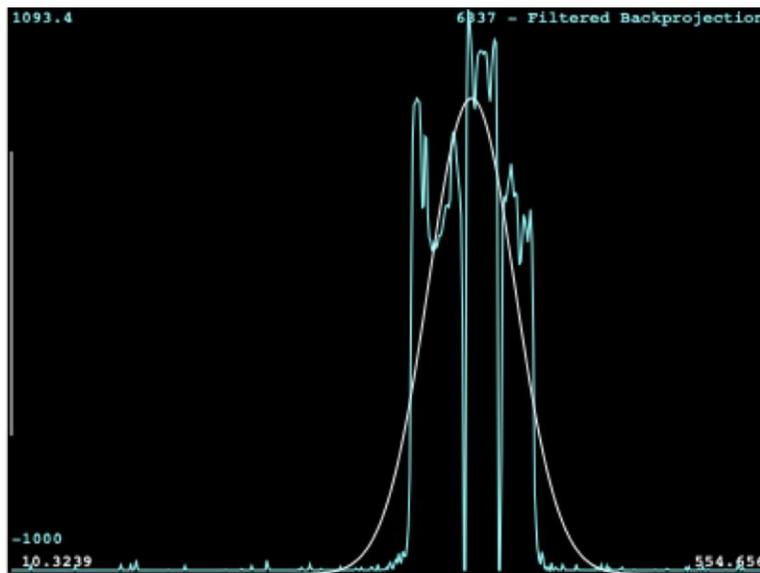


Fig. 110: Gráfica que corresponde a la disponibilidad ósea que rodea a la muestra de estudio en la zona central

En la línea trazada en la zona central del implante destacan dos picos marcados de bajada y subida llegando a valores negativos debido al nulo contacto hueso-implante.

## 4.2.16.3. Apical

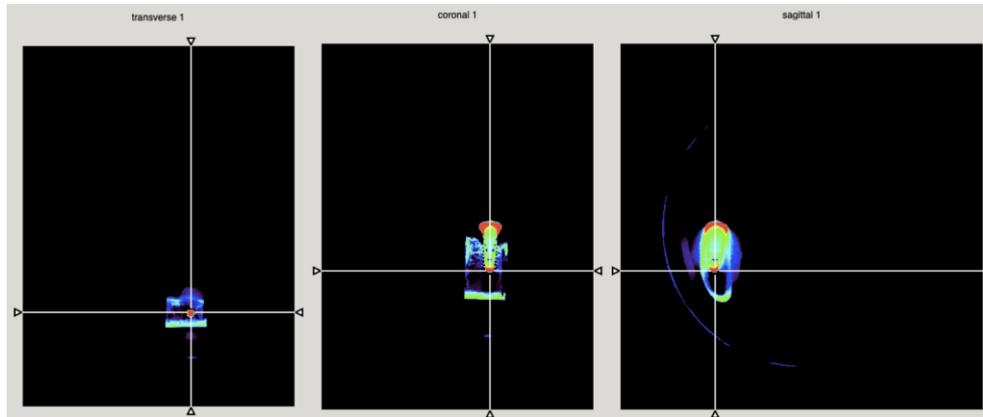


Fig. 111: Colocación de la línea perpendicular en la zona apical de la muestra

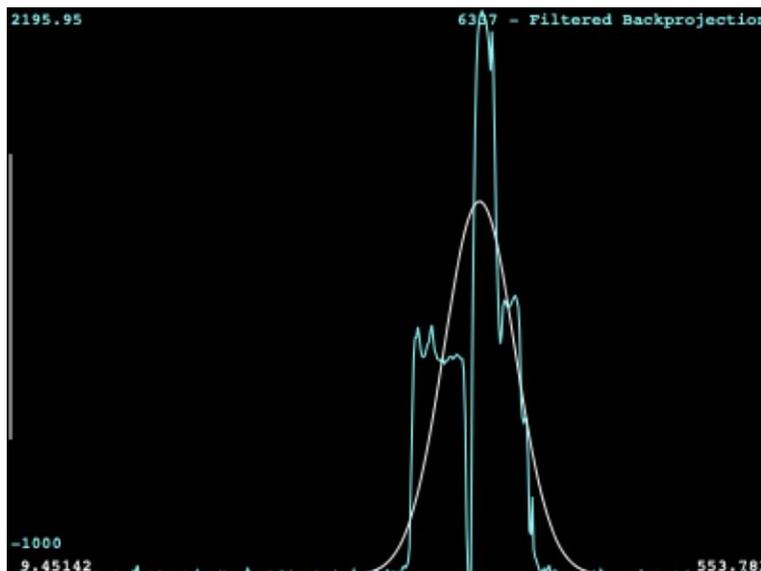


Fig. 112: Gráfica que corresponde a la disponibilidad ósea que rodea a la muestra de estudio en la zona apical

En la línea apical se observaron valores densitométricos bajos, destacando un pico de bajada debido a que no hay tejido óseo y un pico de subida que corresponde con el implante.

## 4.2.17. Imagen de muestra número: P3MI-6331

## 4.2.17.1. Coronal

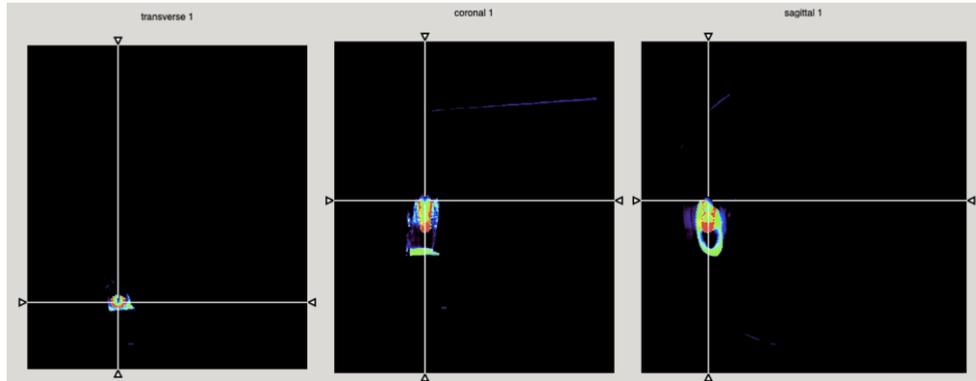


Fig. 113: Colocación de la línea perpendicular en la zona coronal de la muestra

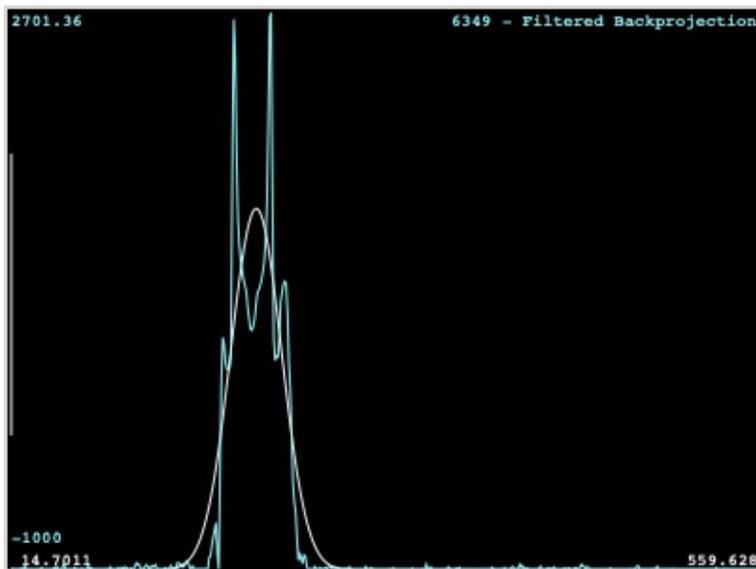


Fig. 114: Gráfica que corresponde a la disponibilidad ósea que rodea a la muestra de estudio en la zona coronal

En la línea coronal se observó una gran subida, después baja a valores medios y vuelve a subir al mismo nivel que el pico anterior, a continuación, decae

## 4.2.17.2. Central

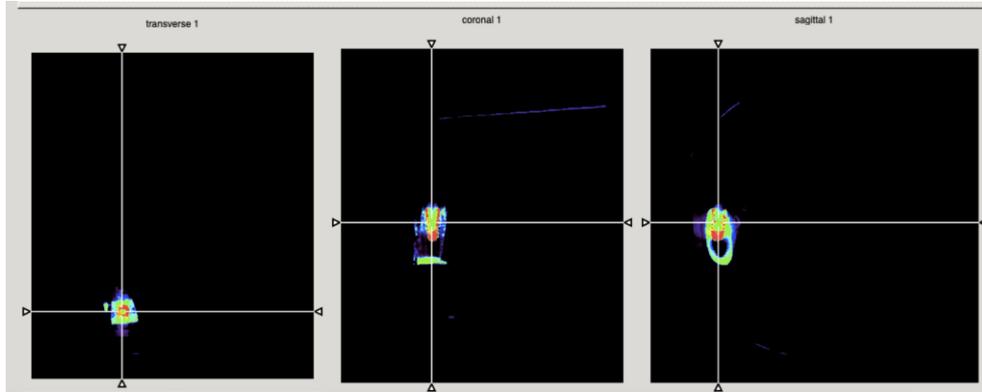


Fig. 115: Colocación de la línea perpendicular en la zona central de la muestra

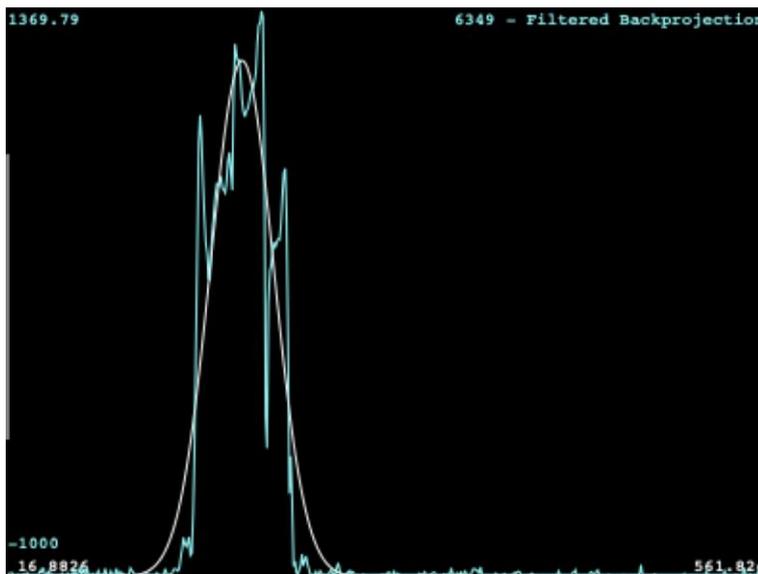


Fig. 116: Gráfica que corresponde a la disponibilidad ósea que rodea a la muestra de estudio en la zona central

En la línea trazada en central se observó un pico de subida que decae a niveles medios, a continuación, asciende al pico con valores más positivos, seguidamente desciende hasta valores negativos, vuelve a ascender y finalmente decae.

## 4.2.17.3. Apical

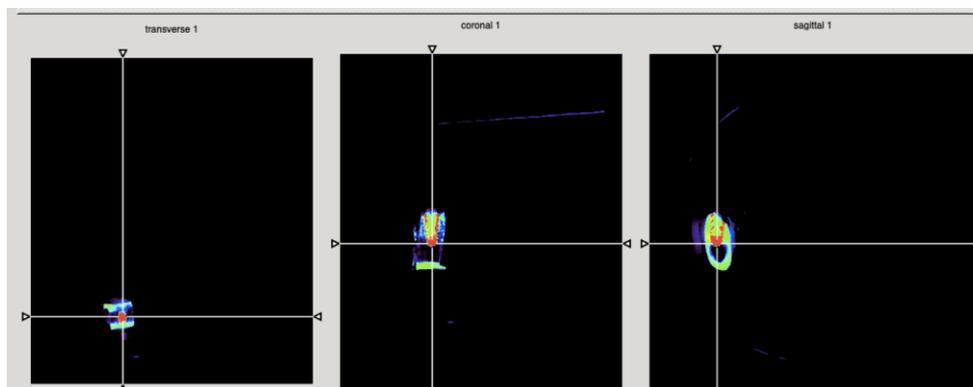


Fig. 117: Colocación de la línea perpendicular en la zona apical de la muestra

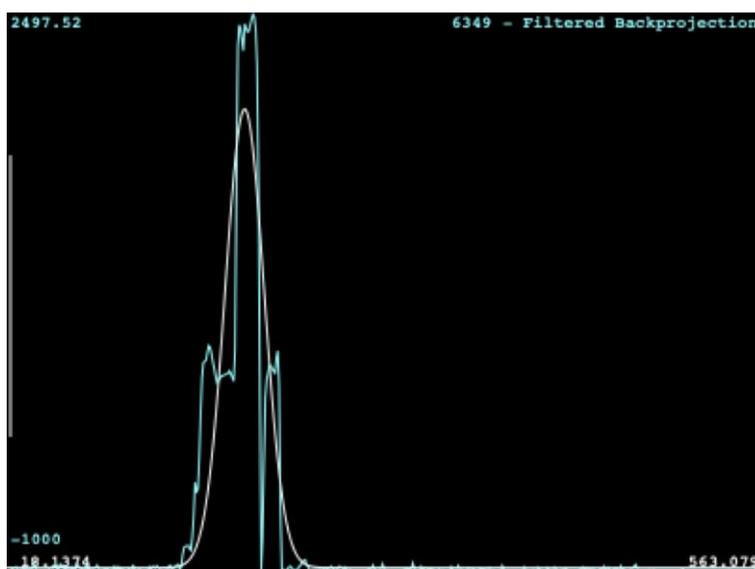


Fig. 118: Gráfica que corresponde a la disponibilidad ósea que rodea a la muestra de estudio en la zona apical

En la línea trazada en apical se observaron valores medio-bajos de densidad y una marcada subida de las unidades UH que seguidamente decae en valores negativos.

## 4.2.18. Imagen de muestra número: P2MD-6331

## 4.2.18.1. Coronal

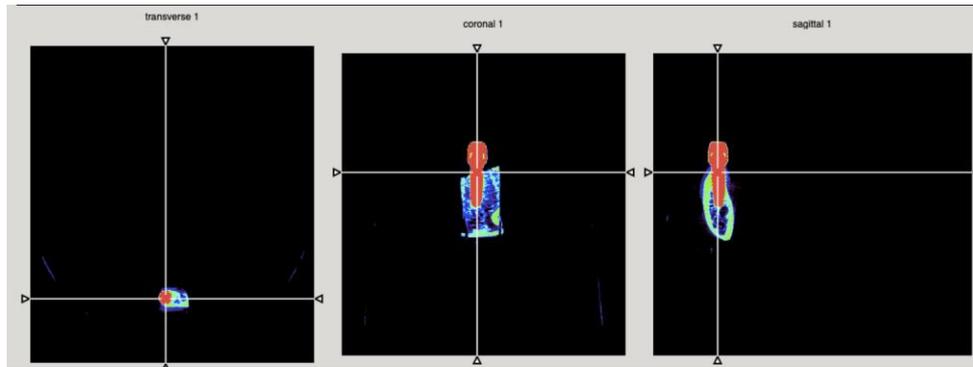


Fig. 119: Colocación de la línea perpendicular en la zona coronal de la muestra

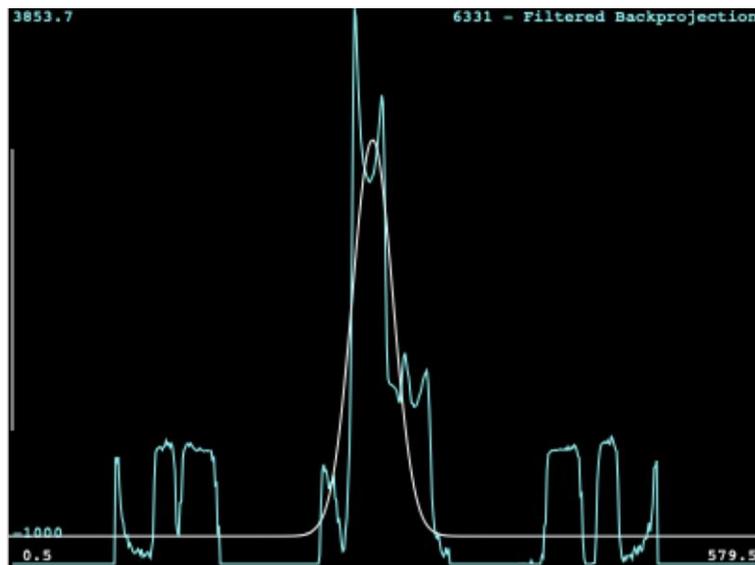


Fig. 120: Gráfica que corresponde a la disponibilidad ósea que rodea a la muestra de estudio en la zona coronal

En la línea trazada en coronal se observó una subida brusca de los valores que decae levente para volver a subir y a continuación van descendiendo los valores

## 4.2.18.2. Central

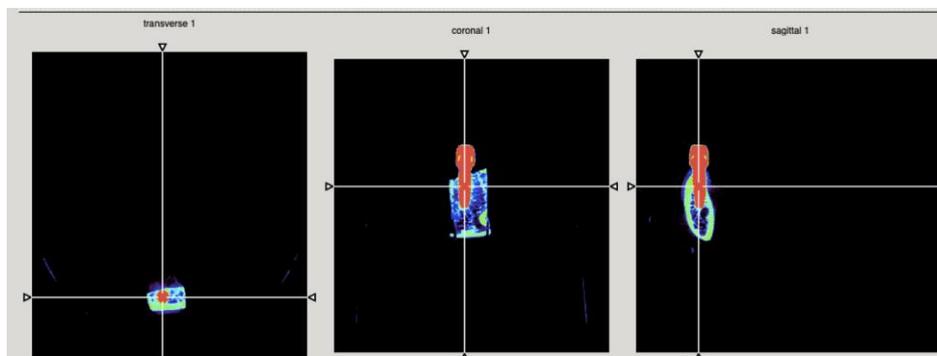


Fig. 121: Colocación de la línea perpendicular en la zona central de la muestra

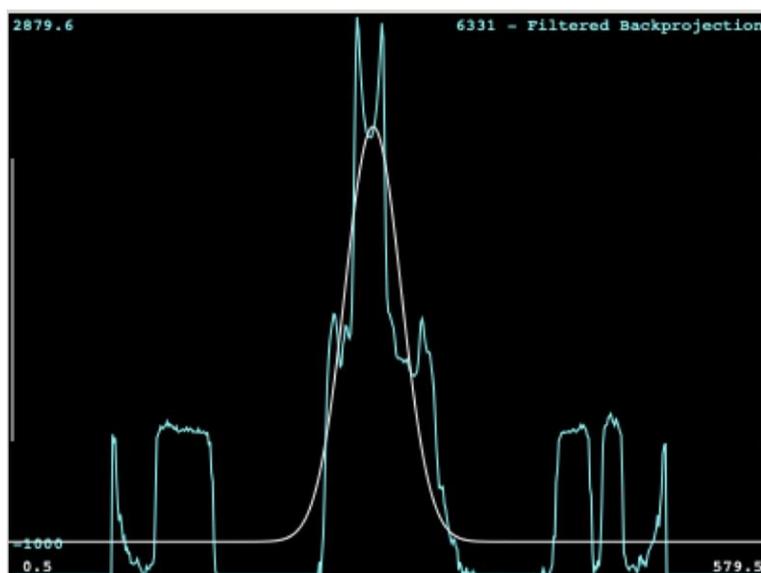


Fig. 122: Gráfica que corresponde a la disponibilidad ósea que rodea a la muestra de estudio en la zona central

Se observó en la línea trazada en central unos valores en una franja media-alta. Destacando un pico de ascenso en la zona central.

## 4.2.18.3. Apical

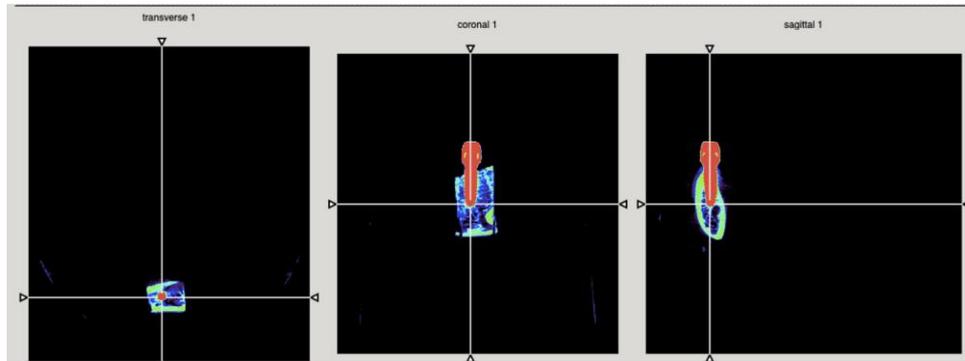


Fig. 123: Colocación de la línea perpendicular en la zona apical de la muestra

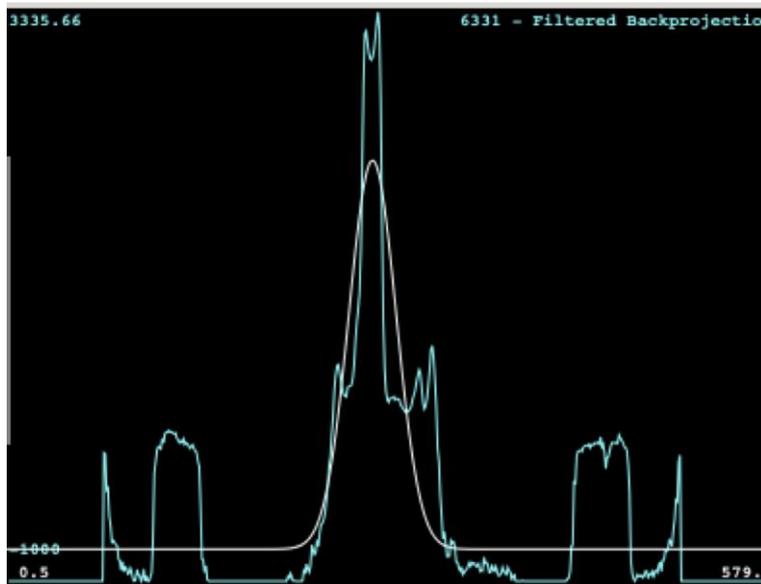


Fig. 124: Gráfica que corresponde a la disponibilidad ósea que rodea a la muestra de estudio en la zona apical

En la línea trazada en apical se observó una subida de los valores de densidad destacando un pico de ascenso, pero sin picos de descenso como la mayoría de las figuras del estudio de la línea trazada en apical.

## 4.2.19. Imagen de muestra número: P2MI-6331

## 4.2.19.1. Coronal

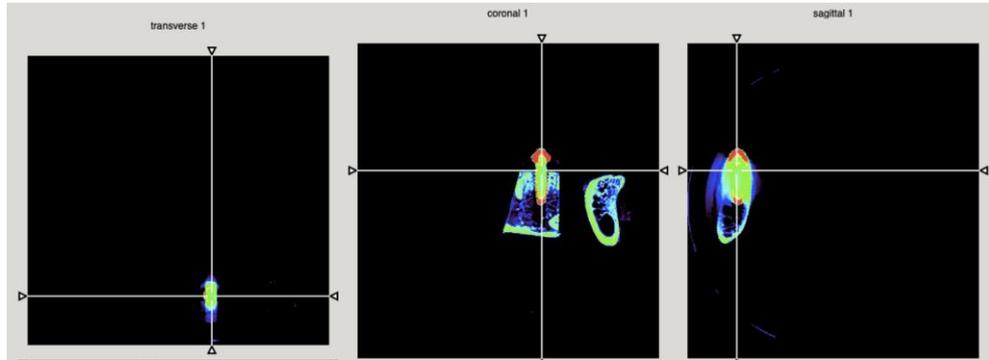


Fig. 125: Colocación de la línea perpendicular en la zona coronal de la muestra

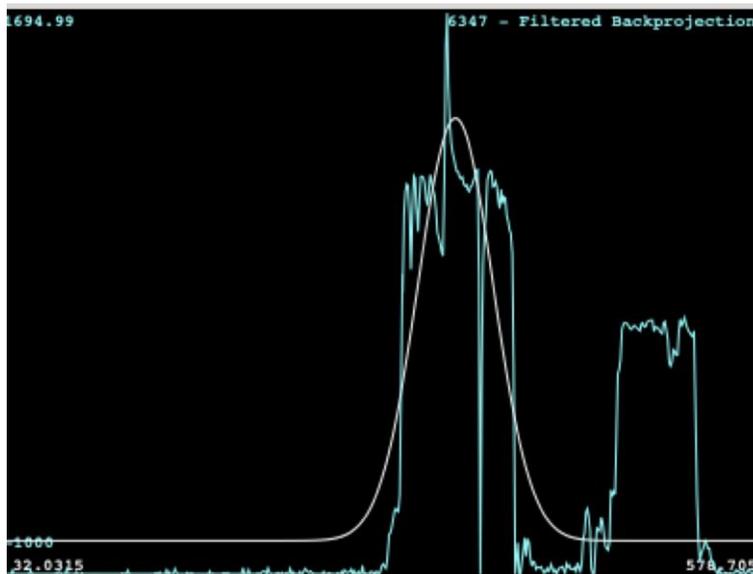


Fig. 126: Gráfica que corresponde a la disponibilidad ósea que rodea a la muestra de estudio en la zona coronal

En la línea trazada en coronal se observaron valores medios-altos a excepción de un pico de descenso brusco. Se observó en la figura una subida al comienzo que se mantiene, seguidamente una subida altísima y una bajada brusca hasta valores negativos y seguidamente un ascenso que finalmente decae.

## 4.2.19.2. Central

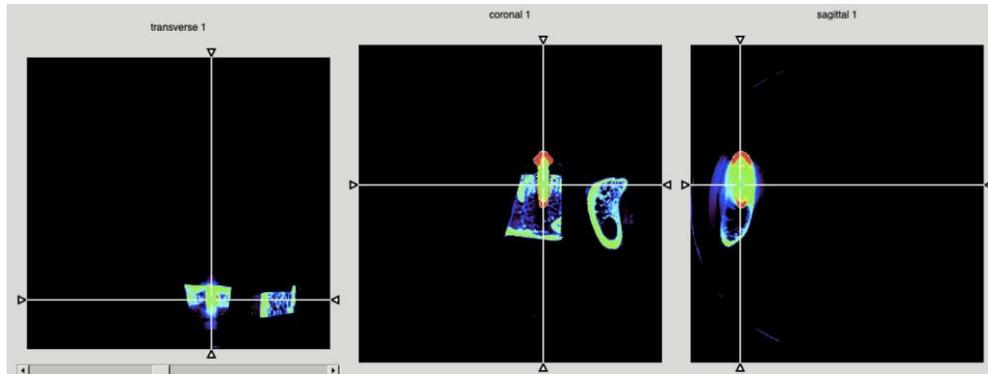


Fig. 127: Colocación de la línea perpendicular en la zona central de la muestra

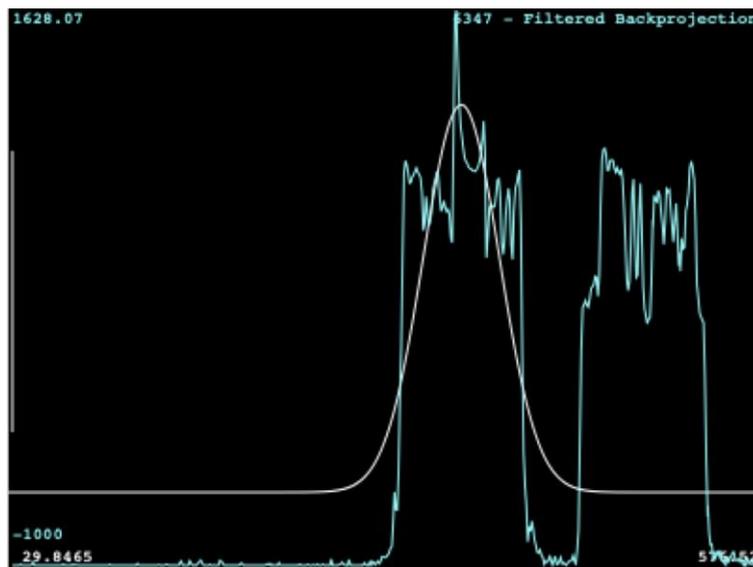


Fig. 128: Gráfica que corresponde a la disponibilidad ósea que rodea a la muestra de estudio en la zona central

En la línea trazada en central observó una subida de los valores que se mantienen, seguida de una subida brusca que desciende levemente para volver a subir pero a menor escala que la anterior, vuelve a bajar hasta valores medio-altos y se mantiene, finalmente decae.

## 4.2.19.3. Apical

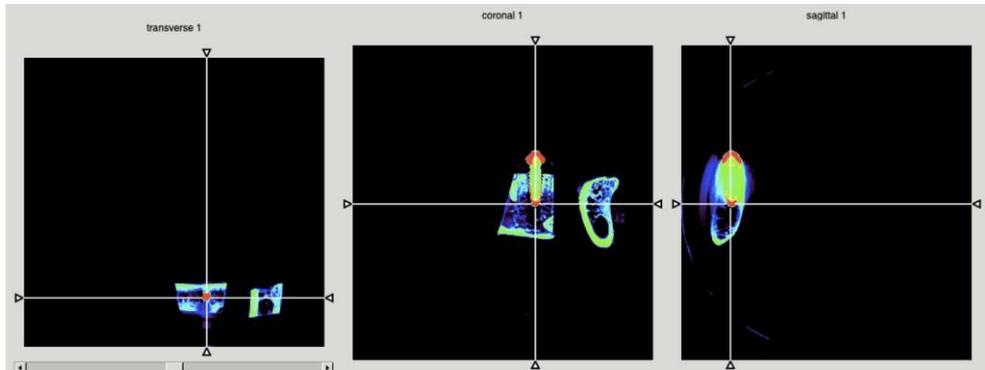


Fig. 129: Colocación de la línea perpendicular en la zona apical de la muestra

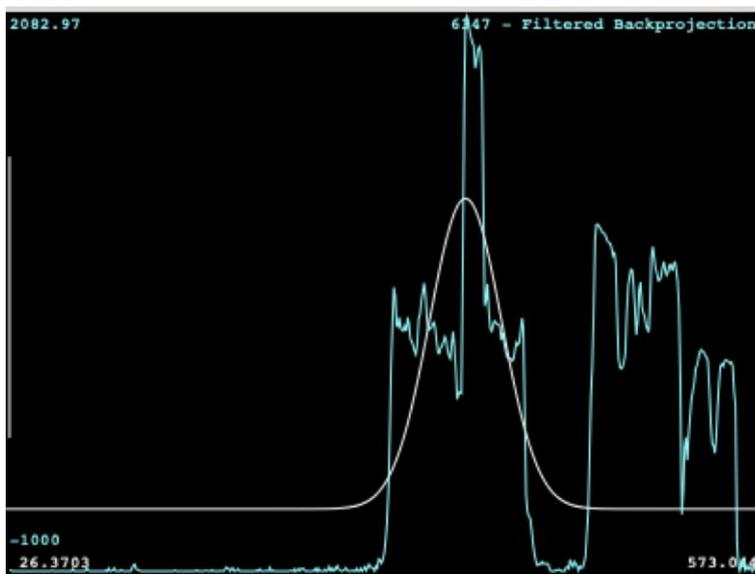


Fig. 130: Gráfica que corresponde a la disponibilidad ósea que rodea a la muestra de estudio en la zona apical

La línea apical describe una subida al comienzo que se mantiene, a continuación, se observó un pico altísimo que decae paulatinamente.

## 4.2.20. Imagen de muestra número: M1MI-8574

## 4.2.20.1. Coronal

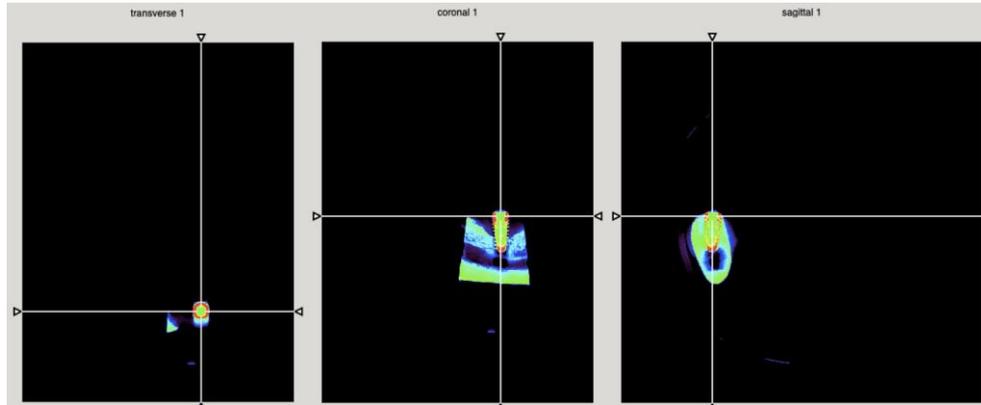


Fig. 131: Colocación de la línea perpendicular en la zona coronal de la muestra

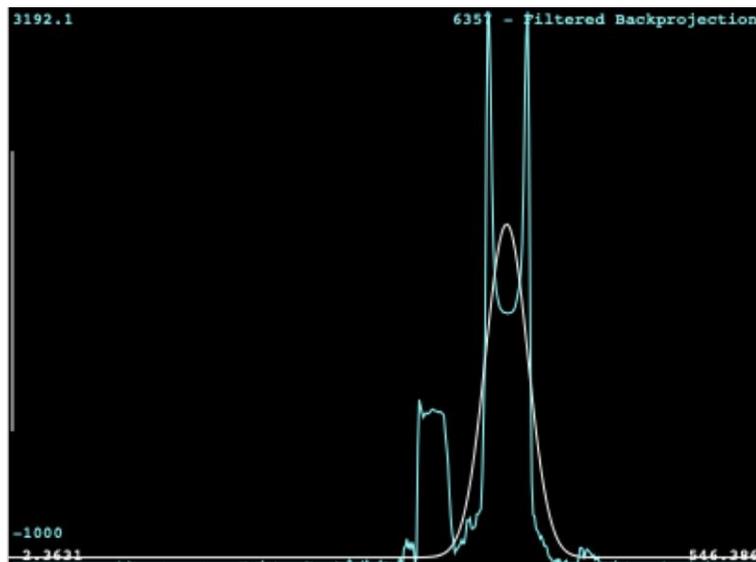


Fig. 132: Gráfica que corresponde a la disponibilidad ósea que rodea a la muestra de estudio en la zona coronal

En la línea coronal se observaron valores bajos a excepción de un pico de subida que desciende para volver a ascender y finalmente decae.

## 4.2.20.2. Central

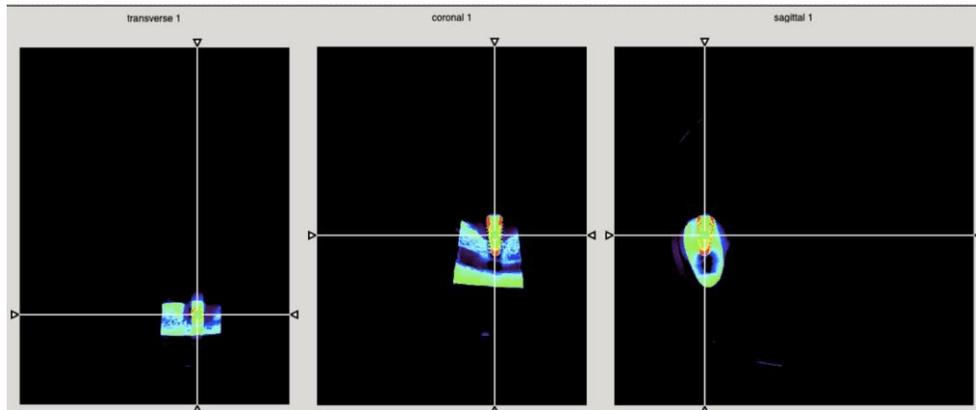


Fig. 133: Colocación de la línea perpendicular en la zona central de la muestra

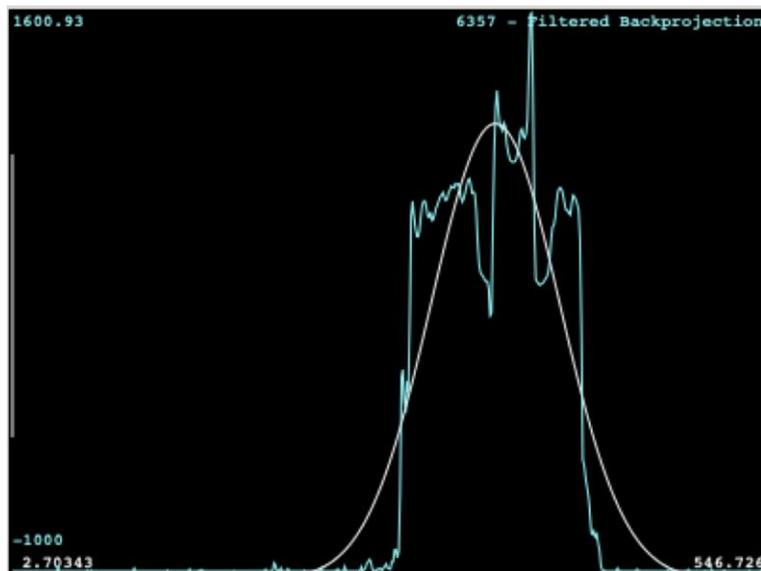


Fig. 134: Gráfica que corresponde a la disponibilidad ósea que rodea a la muestra de estudio en la zona central

En la línea trazada en central se observó una subida al comienzo que se mantiene, desciende levemente, a continuación, asciende, desciende sutilmente y asciende hasta el pico con valores más positivos de la figura, vuelve a descender, ascender y finalmente decae.

## 4.2.20.3. Apical

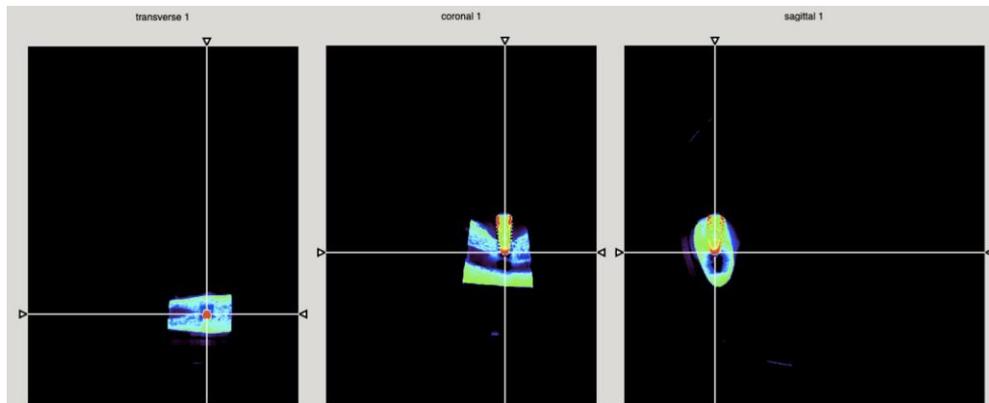


Fig. 135: Colocación de la línea perpendicular en la zona apical de la muestra

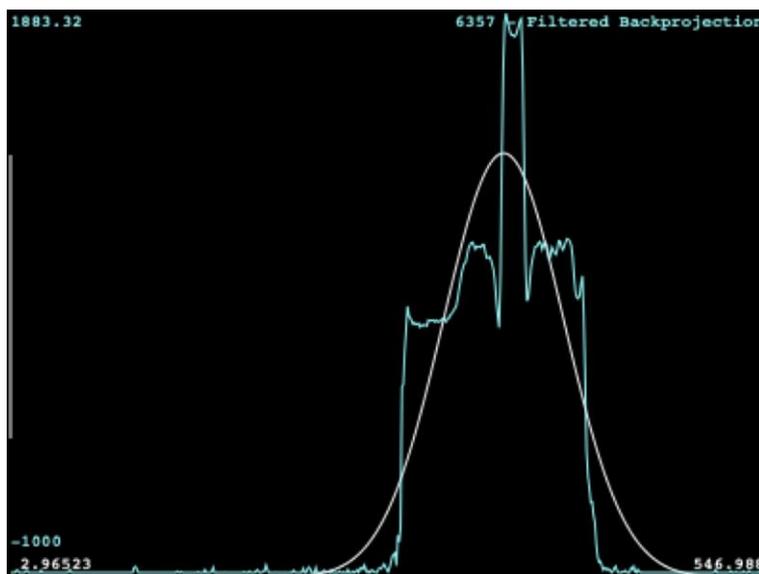


Fig. 136: Gráfica que corresponde a la disponibilidad ósea que rodea a la muestra de estudio en la zona apical

La línea apical se observó un ascenso a nivel medio de los valores que se mantiene estable hasta que asciende bruscamente y desciende volviendo a mantenerse, y finalmente decae.

## 4.2.21. Imagen de muestra número: P2MI-8574

## 4.2.21.1. Coronal

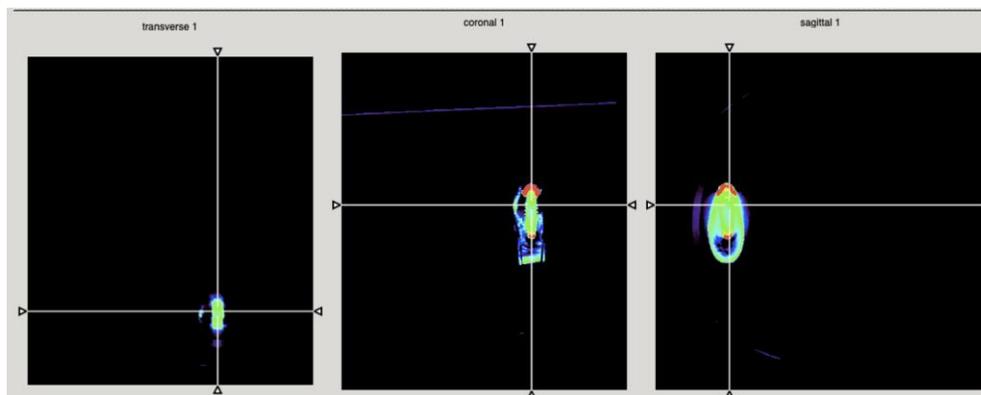


Fig. 137: Colocación de la línea perpendicular en la zona coronal de la muestra

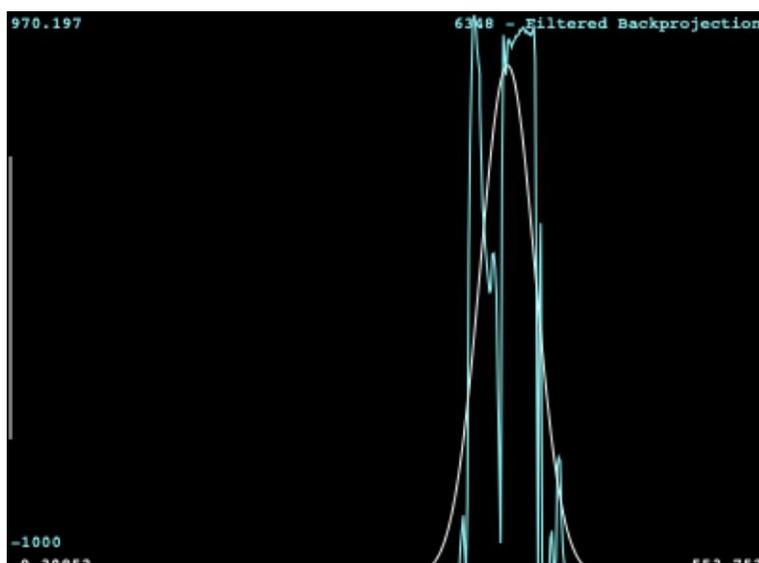


Fig. 138: Gráfica que corresponde a la disponibilidad ósea que rodea a la muestra de estudio en la zona coronal

En la línea trazada en coronal se observó una subida al comienzo, a continuación, una bajada muy marcada que referencia la ausencia de tejido óseo seguidamente vuelve a subir las unidades HU, vuelve a descender hasta valores negativos, asciende y decae.

## 4.2.21.2. Central

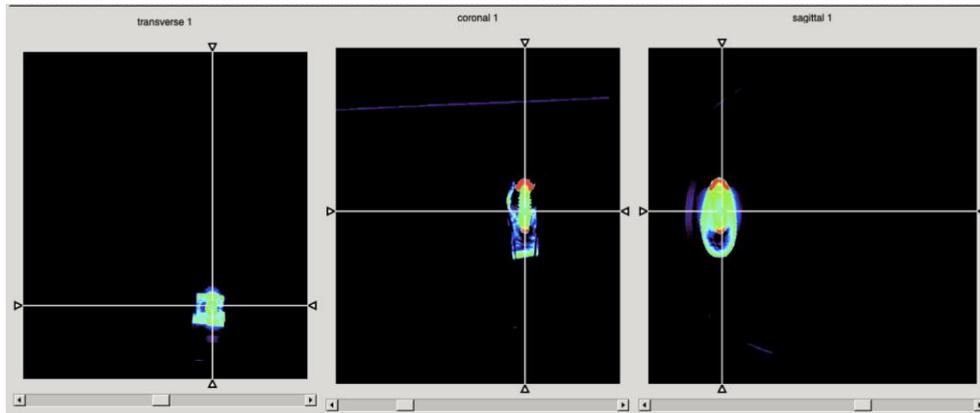


Fig. 139: Colocación de la línea perpendicular en la zona central de la muestra

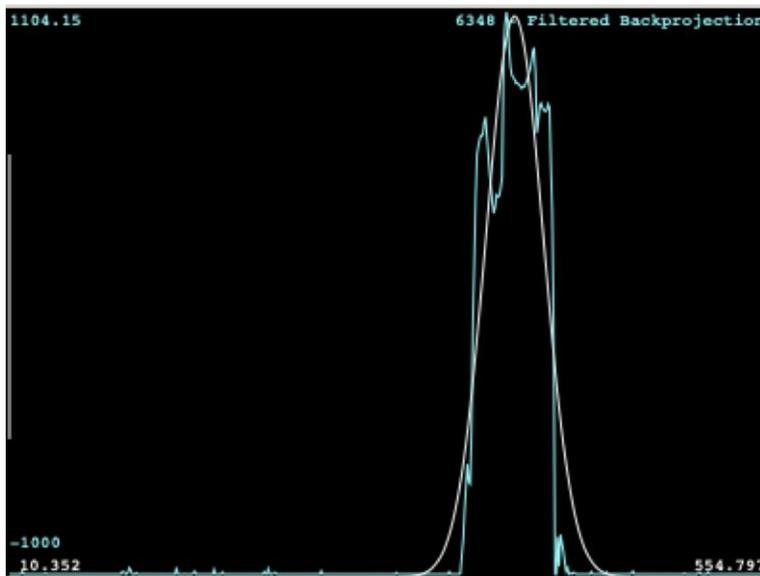


Fig. 140: Gráfica que corresponde a la disponibilidad ósea que rodea a la muestra de estudio en la zona central

Se observó en la línea trazada en la zona central valores altos de densidad, la figura describe tres picos ascendentes, por tanto, si se observó presencia ósea periimplantaria.

## 4.2.21.3. Apical

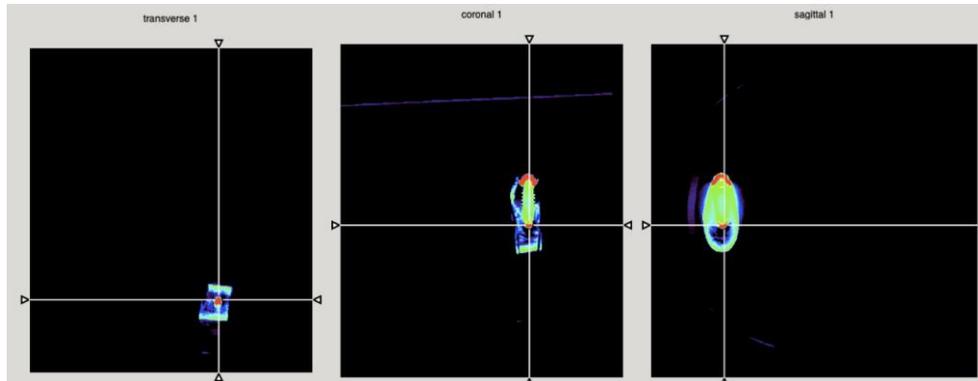


Fig. 141: Colocación de la línea perpendicular en la zona apical de la muestra

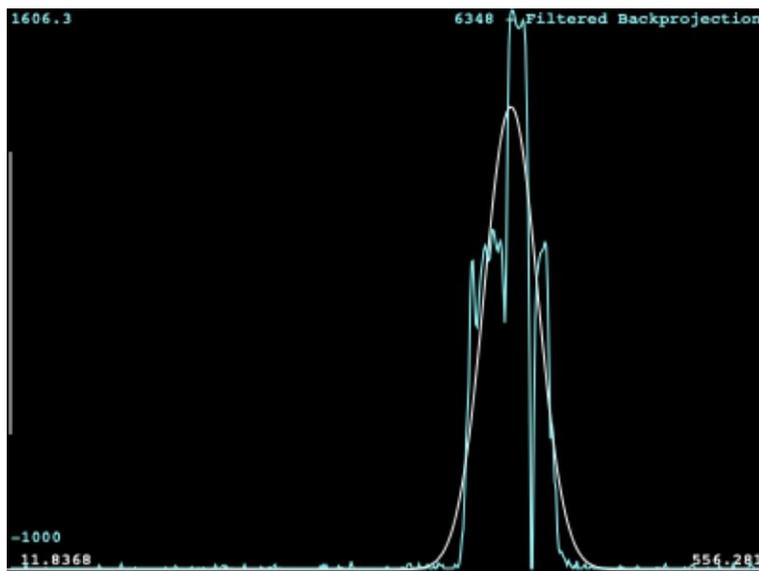


Fig. 142: Gráfica que corresponde a la disponibilidad ósea que rodea a la muestra de estudio en la zona apical

En la línea trazada en apical se observó un aumento de los valores que se mantiene estable, seguidamente asciende y a continuación desciende bruscamente, vuelve a ascender manteniéndose relativamente estable y decae.

## 4.2.22. Imagen de muestra número: M1MD-8907

## 4.2.22.1. Coronal

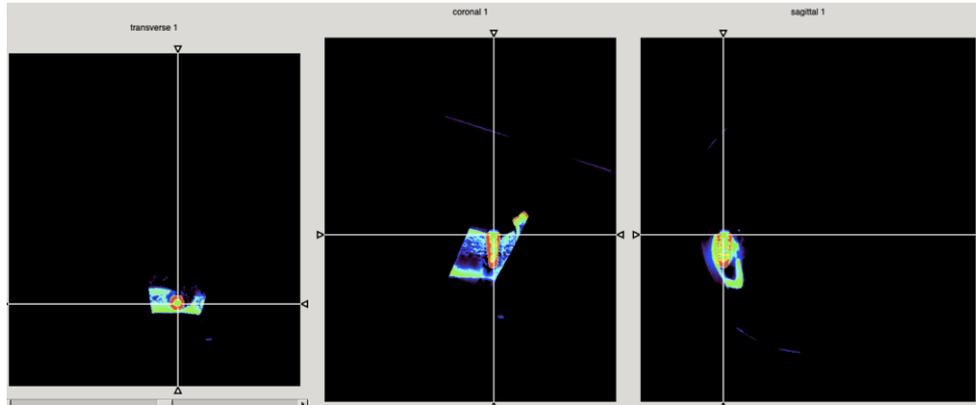


Fig. 143: Colocación de la línea perpendicular en la zona coronal de la muestra

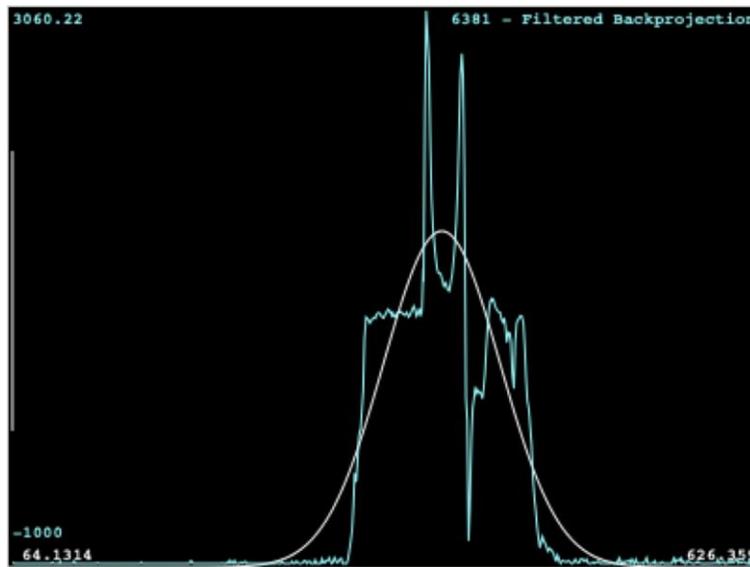


Fig. 144: Gráfica que corresponde a la disponibilidad ósea que rodea a la muestra de estudio en la zona coronal

En la línea coronal fue observada una subida de los valores que se mantienen estables, seguidamente de una subida altísima y de forma abrupta descende,

vuelve a ascender, a continuación, decaen los valores bruscamente, asciende y se mantiene, por último vuelven a decaer los valores.

#### 4.2.22.2. Central

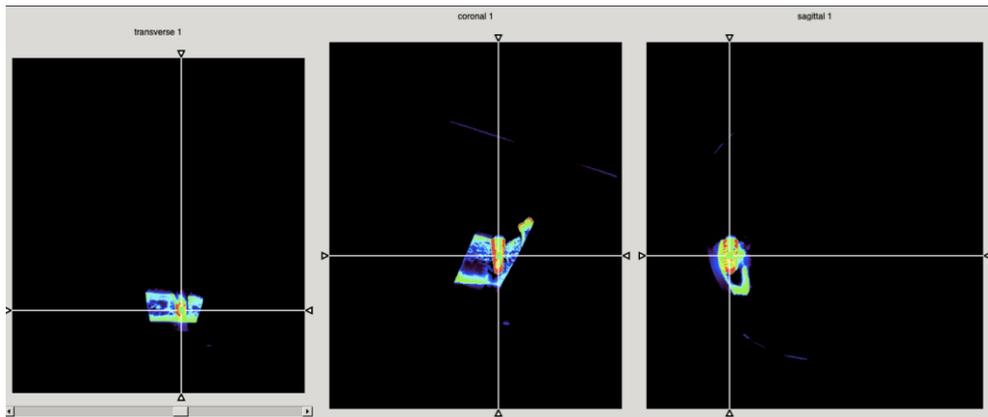


Fig. 145: Colocación de la línea perpendicular en la zona central de la muestra

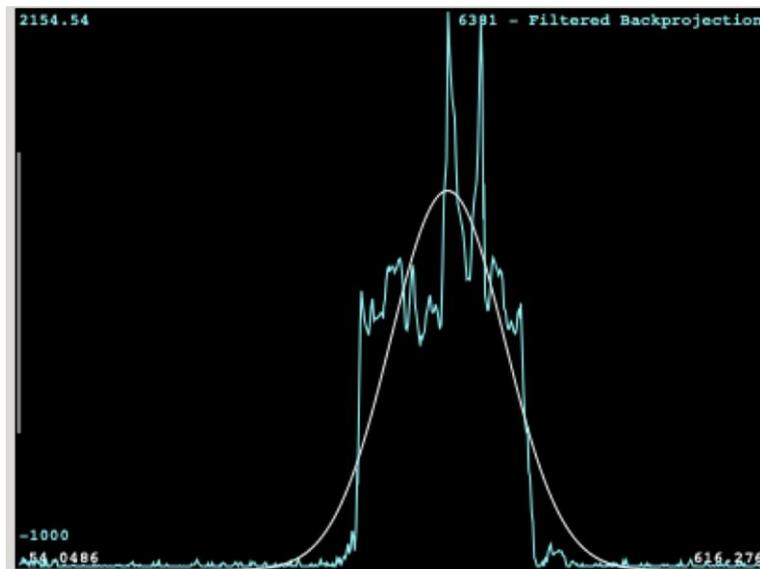


Fig. 146: Gráfica que corresponde a la disponibilidad ósea que rodea a la muestra de estudio en la zona central

La línea central describe una subida al inicio que se mantiene estable, a continuación, suben los valores, descienden bruscamente, vuelven a subir los valores y decaen finalmente.

## 4.2.22.3 Apical

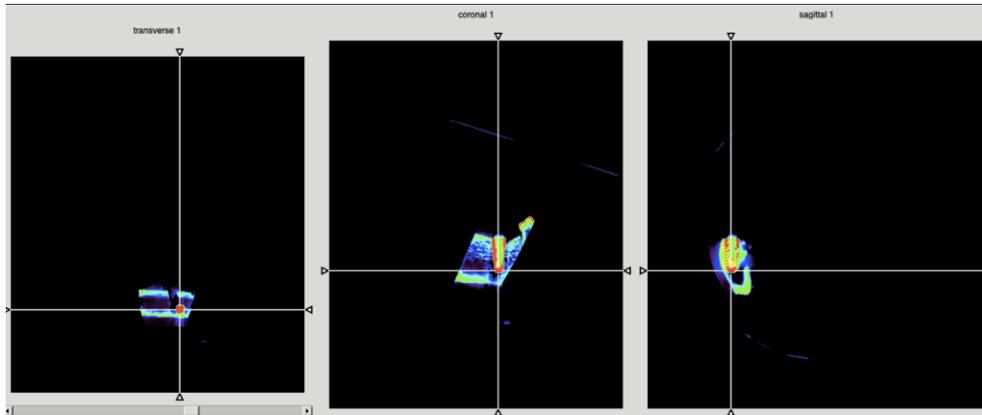


Fig. 147: Colocación de la línea perpendicular en la zona apical de la muestra

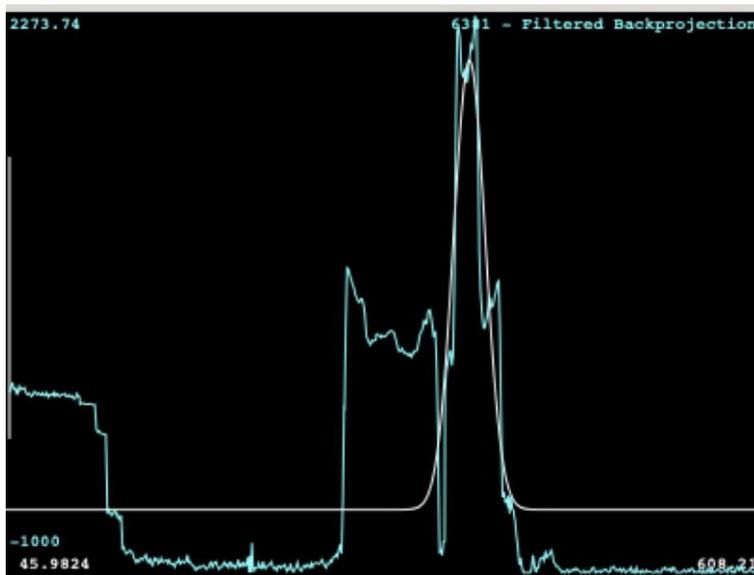


Fig. 148: Gráfica que corresponde a la disponibilidad ósea que rodea a la muestra de estudio en la zona apical

En la línea apical aumentan los valores y se mantienen, seguidamente fue observado un pico de descenso, a continuación, un pico altísimo de ascenso y por último decaen.

## 4.2.24. Imagen de muestra número: P2MD-8907

## 4.2.24.1. Coronal

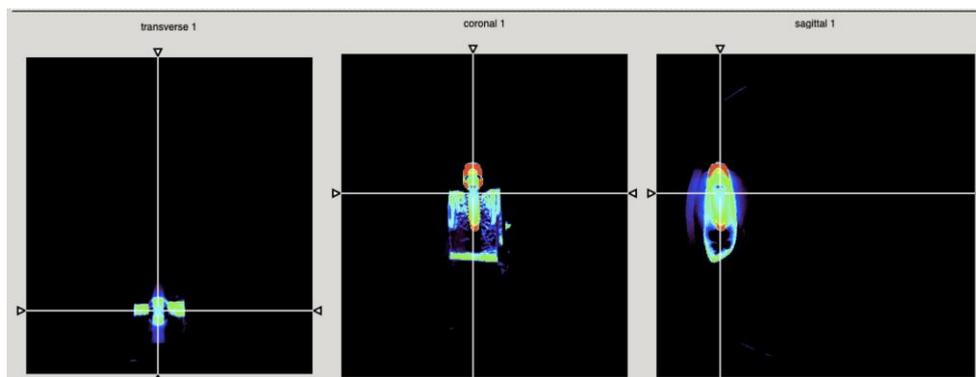


Fig. 149: Colocación de la línea perpendicular en la zona coronal de la muestra

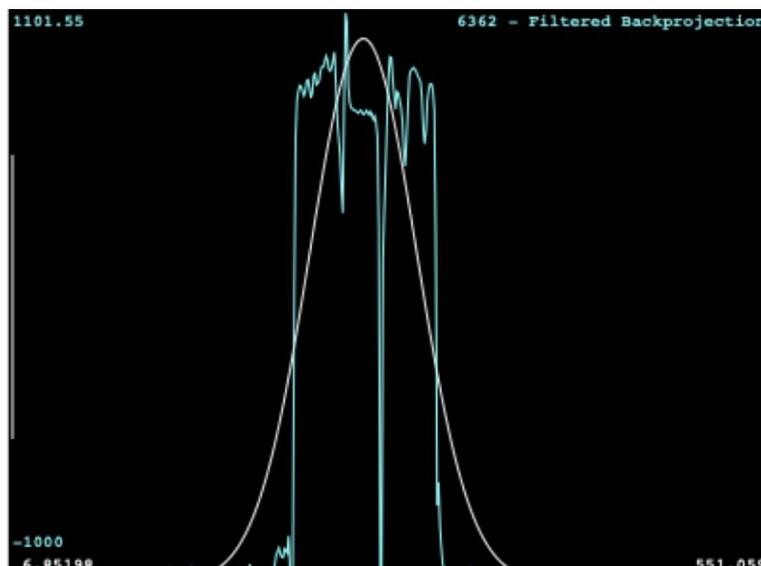


Fig. 150: Gráfica que corresponde a la disponibilidad ósea que rodea a la muestra de estudio en la zona coronal

En la línea trazada en coronal se observó un aumento de los valores que se mantiene, descienden levemente, vuelven a aumentar, a continuación, descienden

hasta valores negativos, vuelven a ascender llegando a los mismos valores anteriores y finalmente decaen.

#### 4.2.24.2. Central

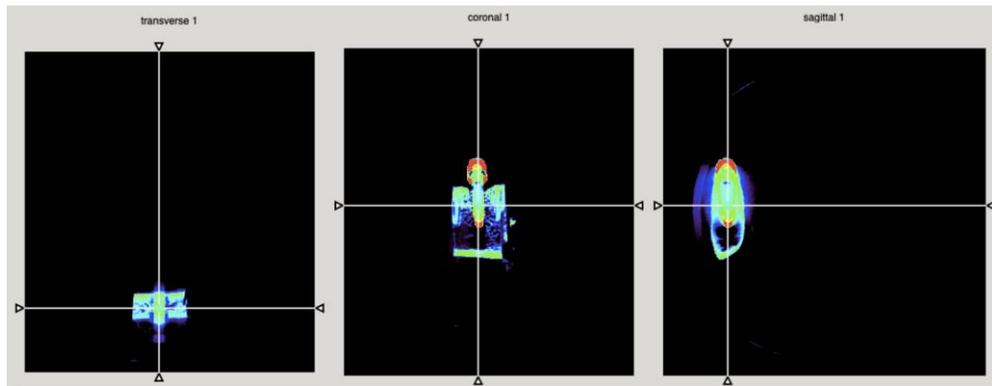


Fig. 151: Colocación de la línea perpendicular en la zona central de la muestra

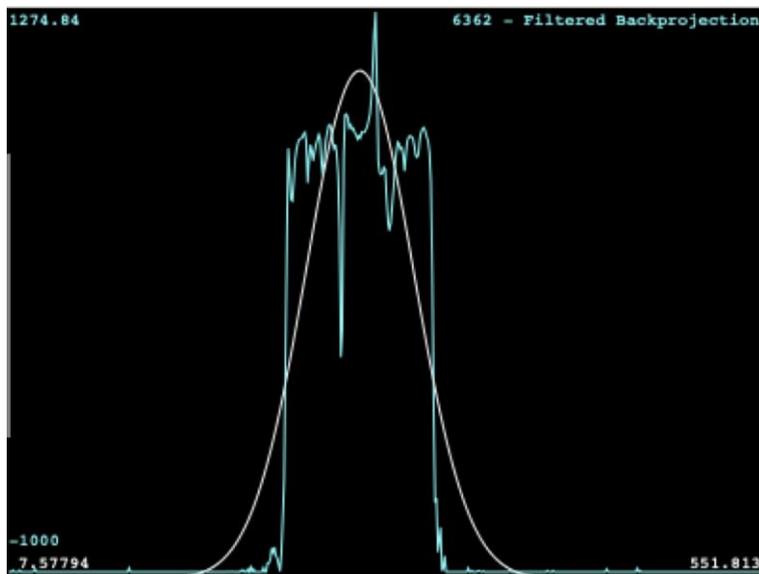


Fig. 152: Gráfica que corresponde a la disponibilidad ósea que rodea a la muestra de estudio en la zona central

La línea central describe un aumento de los valores densitométricos que se mantiene, descienden y vuelven a aumentar, seguidamente vuelven a decaer los valores levemente y aumentan para mantenerse y finalmente decaer.

#### 4.2.24.3. Apical

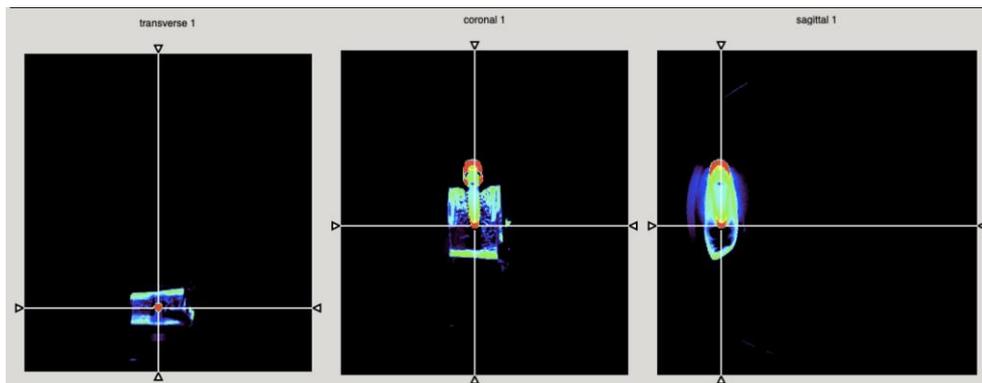


Fig. 153: Colocación de la línea perpendicular en la zona apical de la muestra

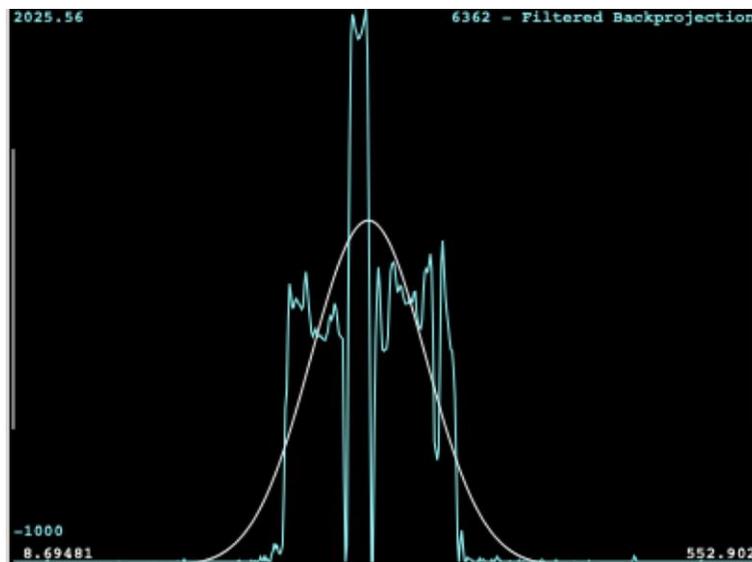


Fig. 154: Gráfica que corresponde a la disponibilidad ósea que rodea a la muestra de estudio en la zona apical

La línea apical se observó una subida de los valores que se mantiene, con una bajada importante, seguidamente se observó una subida abrupta de los valores, vuelven a descender de la misma manera, vuelven a aumentar los valores los cuales se mantienen y finalmente descienden.

#### 4.2.25. Imagen de muestra número: P4MI-8907

##### 4.2.25.1. Coronal

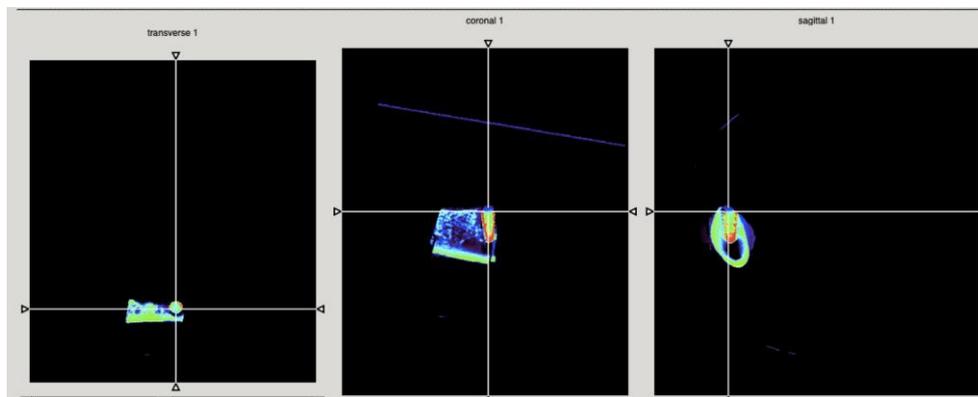


Fig. 155: Colocación de la línea perpendicular en la zona coronal de la muestra

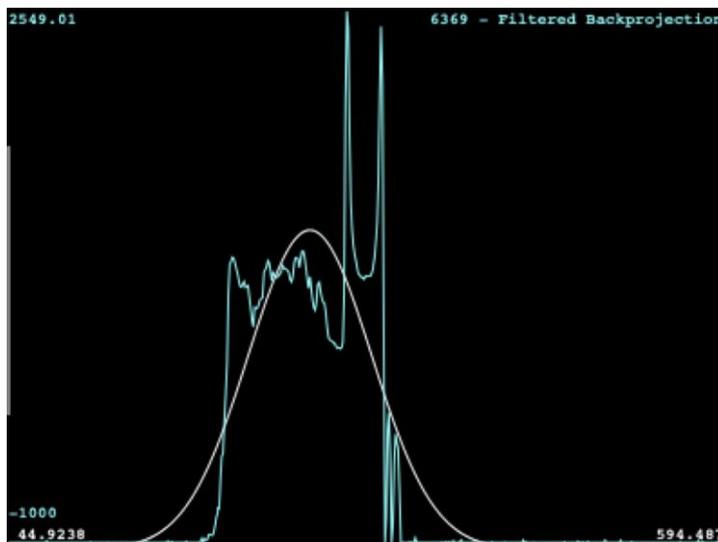


Fig. 156: Gráfica que corresponde a la disponibilidad ósea que rodea a la muestra de estudio en la zona coronal

En la línea trazada en coronal aumentan los valores que se mantienen en una franja considerable, se observó una leve bajada seguida de un pico ascendente que desciende considerablemente, vuelven a aumentar los valores para finalmente decaer paulatinamente.

#### 4.2.25.2. Central

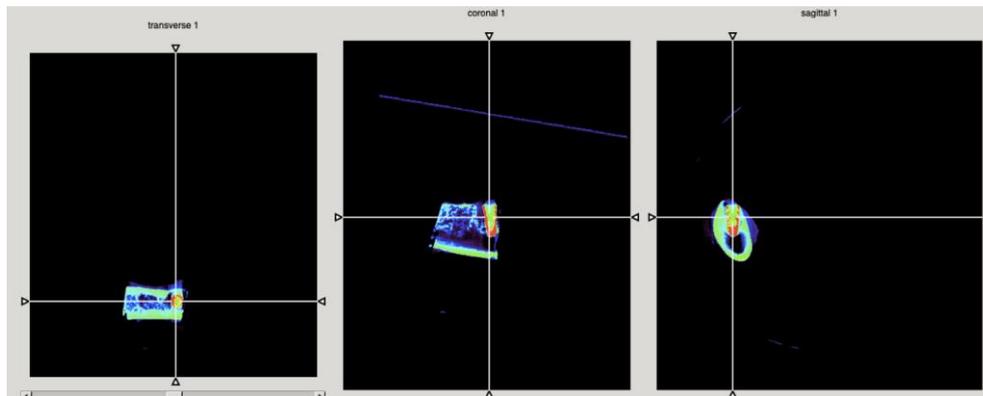


Fig. 157: Colocación de la línea perpendicular en la zona central de la muestra

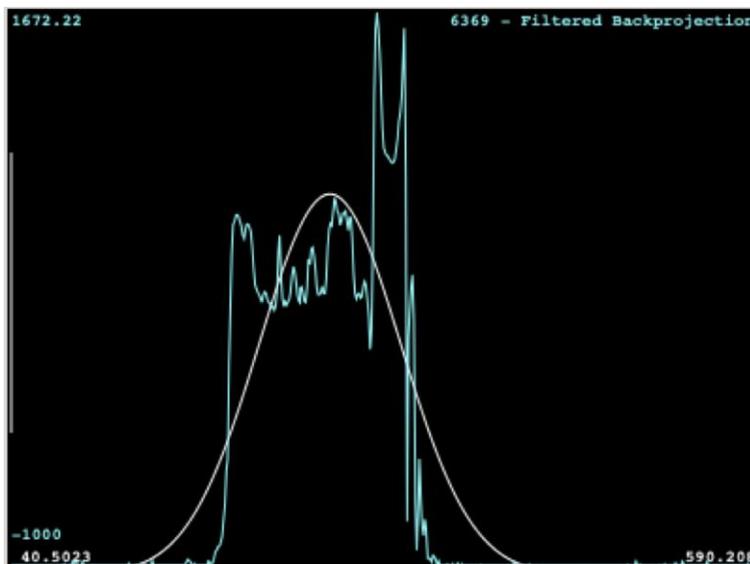


Fig. 158: Gráfica que corresponde a la disponibilidad ósea que rodea a la muestra de estudio en la zona central

La línea central se observó una subida, tras un patrón de subida y bajada en el tramo inicial, que seguidamente asciende bruscamente, descendiendo levemente para volver a ascender y finalmente desciende.

#### 4.2.25.3. Apical

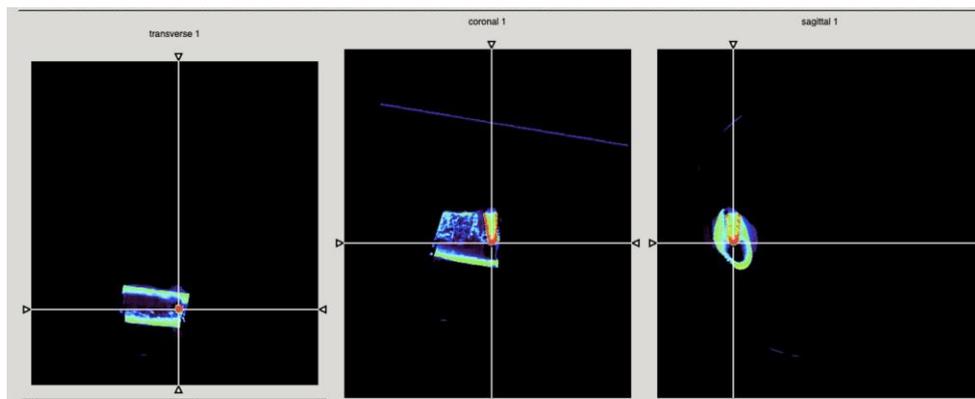


Fig. 159: Colocación de la línea perpendicular en la zona apical de la muestra

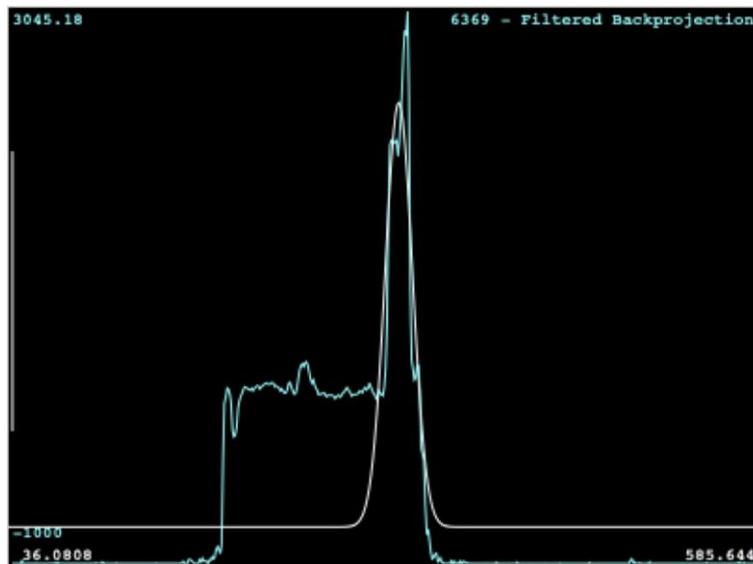


Fig. 160: Gráfica que corresponde a la disponibilidad ósea que rodea a la muestra de estudio en la zona apical

En la línea apical se observó un aumento hasta valores medios-bajos que se mantiene en una franja, seguidamente se observó un pico ascendente y finalmente caen los valores bruscamente.

#### 4.2.26. Imagen de muestra número: P3MI-8907

##### 4.2.26.1. Coronal

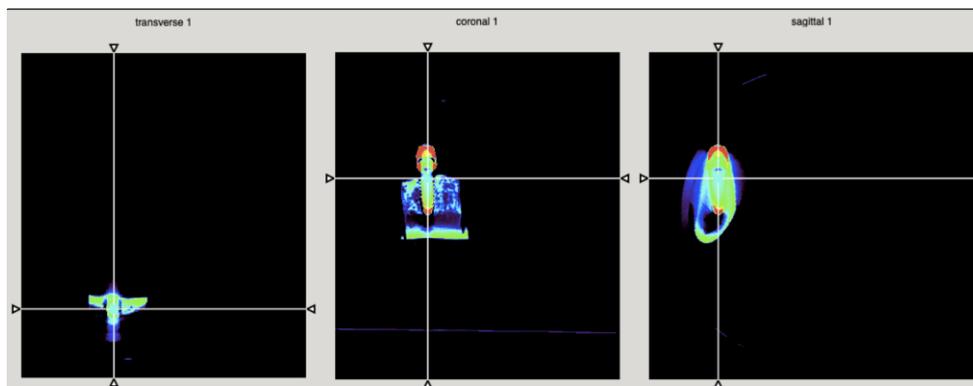


Fig. 161: Colocación de la línea perpendicular en la zona coronal de la muestra

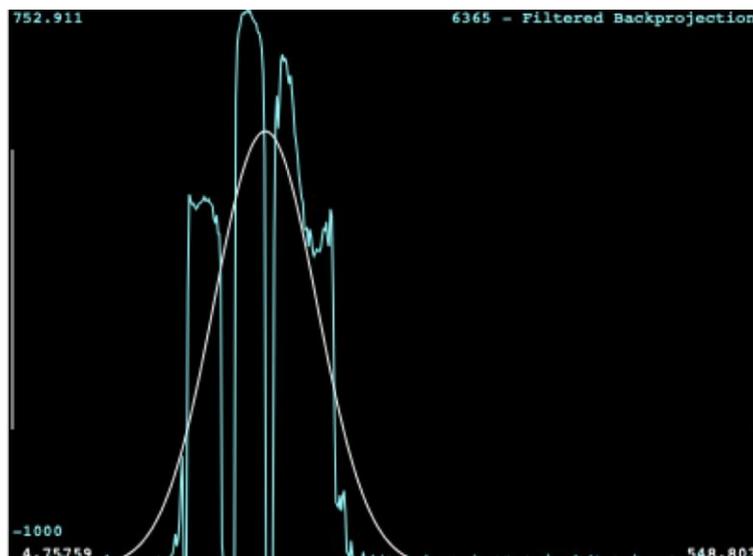


Fig. 162: Gráfica que corresponde a la disponibilidad ósea que rodea a la muestra de estudio en la zona coronal

En la línea trazada en coronal se observó una subida considerable de los valores densitométricos, con un descenso hasta valores negativos, con una subida importante, seguidamente se observó un pico de descenso, un pico de ascenso, a continuación, descienden los valores se mantienen y decaen.

#### 4.2.26.2. Central

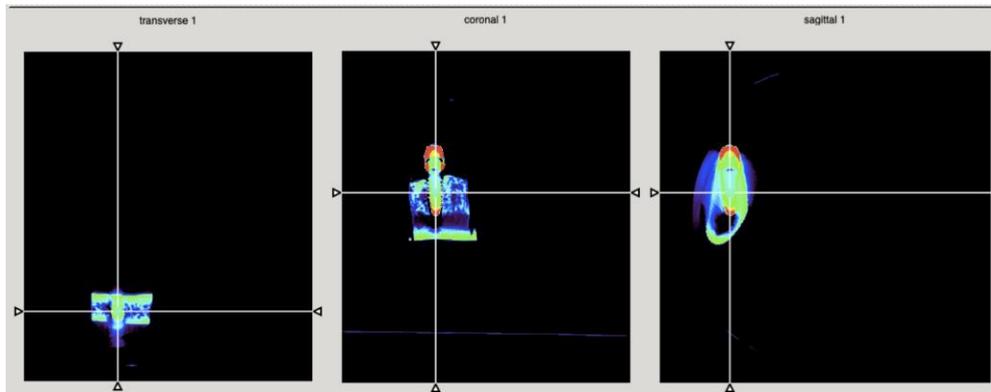


Fig. 163: Colocación de la línea perpendicular en la zona central de la muestra

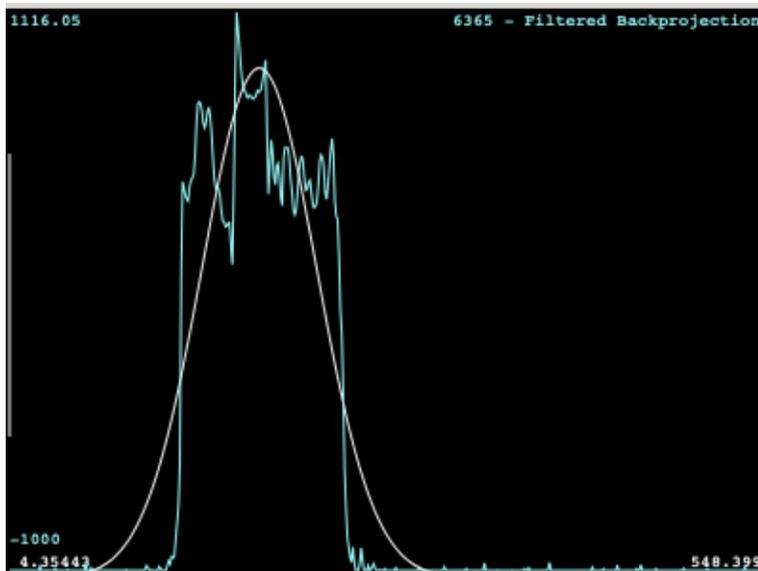


Fig. 164: Gráfica que corresponde a la disponibilidad ósea que rodea a la muestra de estudio en la zona central

En la línea trazada en central se observó un aumento de los valores, descendiendo levemente, vuelven a ascender, descendiendo los valores y se mantienen y en el último tramo decaen.

#### 4.2.26.3. Apical

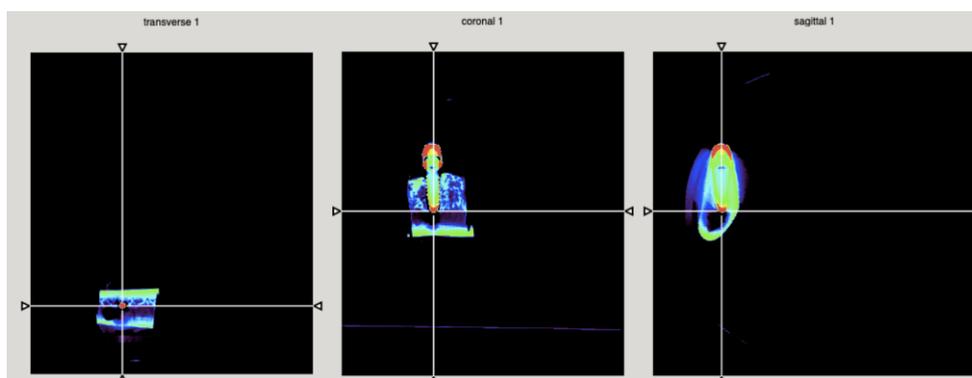


Fig. 165: Colocación de la línea perpendicular en la zona apical de la muestra

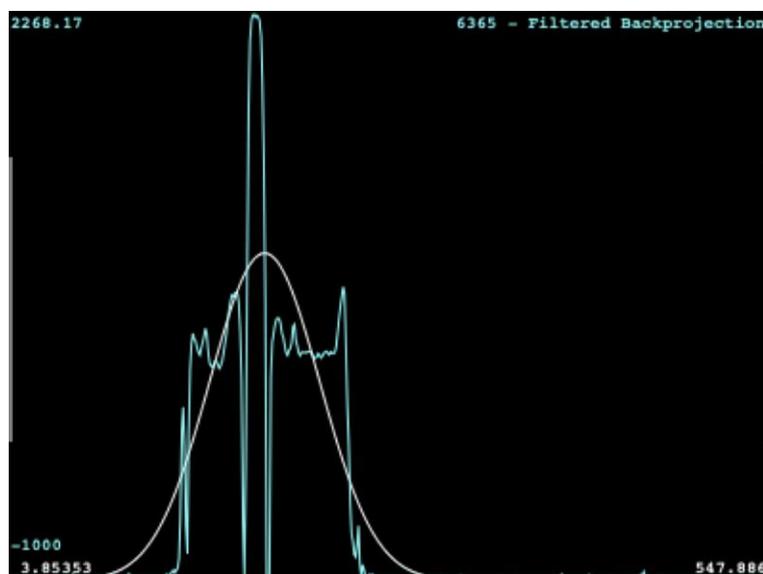


Fig. 166: Gráfica que corresponde a la disponibilidad ósea que rodea a la muestra de estudio en la zona apical

En la línea trazada en la zona apical del implante se observó un aumento no muy marcado de los valores, con un descenso importante, seguidamente se observó un altísimo ascenso de los valores, que descienden bruscamente, a continuación, vuelven a aumentar los valores que se mantienen y por último decaen.

#### 4.2.27. Imagen de muestra número: P2MI-8907

##### 4.2.27.1. Coronal

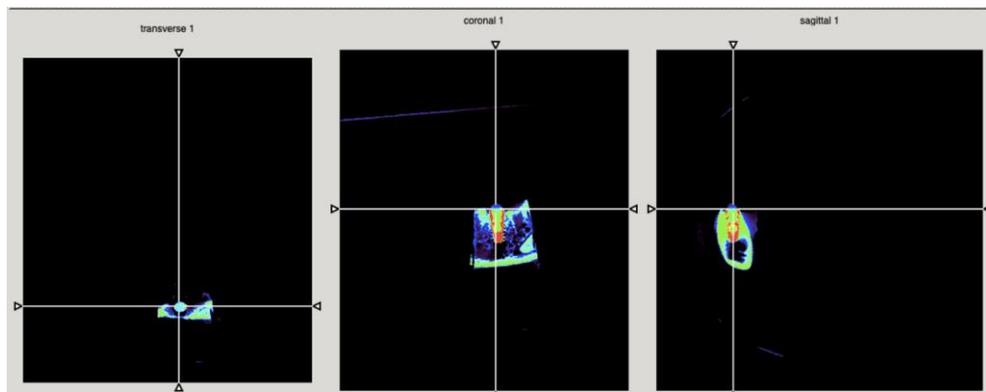


Fig. 167: Colocación de la línea perpendicular en la zona coronal de la muestra

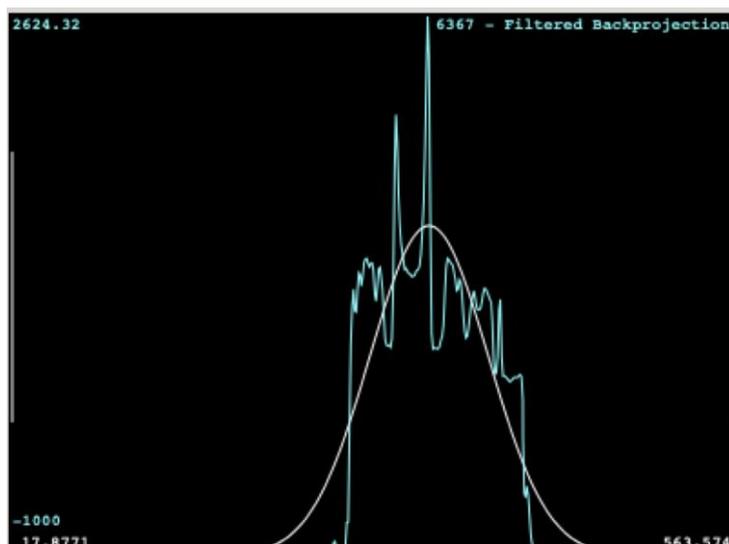


Fig. 168: Gráfica que corresponde a la disponibilidad ósea que rodea a la muestra de estudio en la zona coronal

En la línea coronal se observó una subida leve, seguidamente una subida altísima, tras un pico de bajada, vuelve a subir y finalmente decae.

#### 4.2.27.2. Central

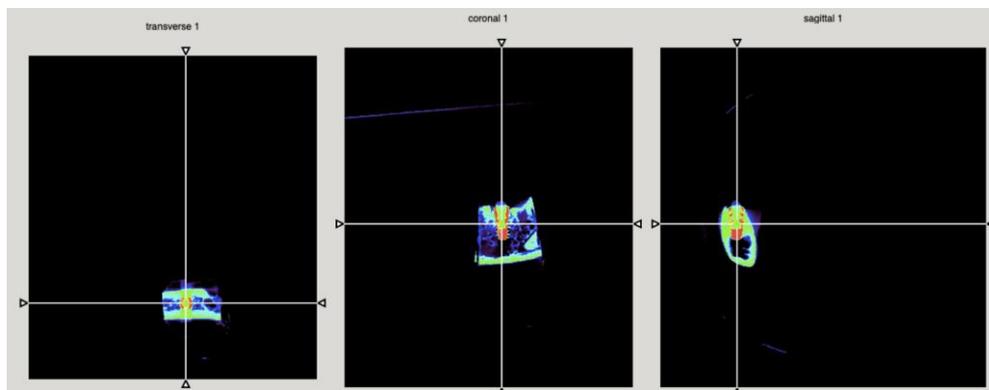


Fig. 169: Colocación de la línea perpendicular en la zona central de la muestra

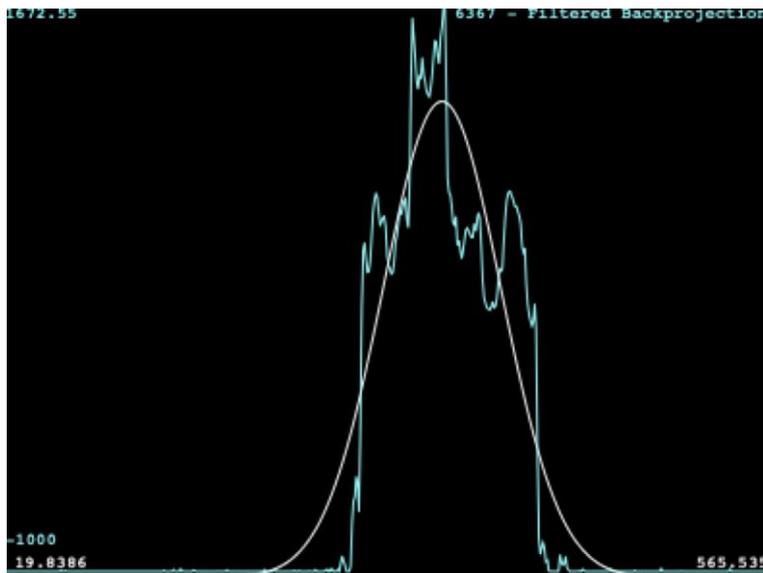


Fig. 170: Gráfica que corresponde a la disponibilidad ósea que rodea a la muestra de estudio en la zona central

En la línea trazada en central se observó un aumento gradual de los valores que se mantiene y suben hasta un máximo en términos densitométricos, se mantiene estable tras decaer, suben y bajan los valores y en el tramo final decaen.

#### 4.2.27.3. Apical

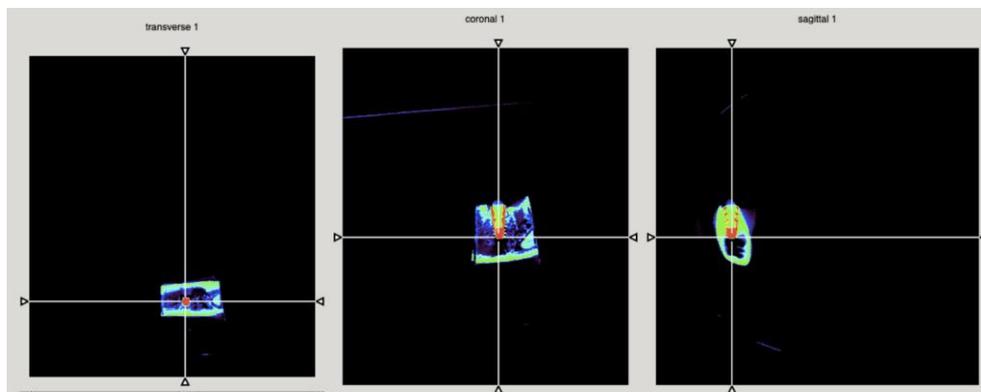


Fig. 171: Colocación de la línea perpendicular en la zona apical de la muestra

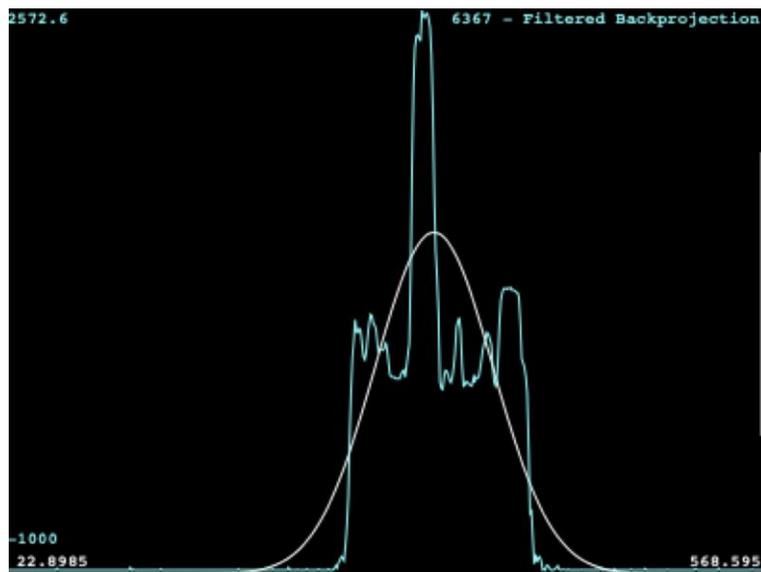


Fig. 172: Gráfica que corresponde a la disponibilidad ósea que rodea a la muestra de estudio en la zona apical

En la línea trazada en apical se observó una subida leve, se mantiene, después se observó un pico ascendente, que decae para mantenerse y por último decae.

#### 4.2.28. Imagen de muestra número: M1MD-8659

##### 4.2.28.1. Coronal

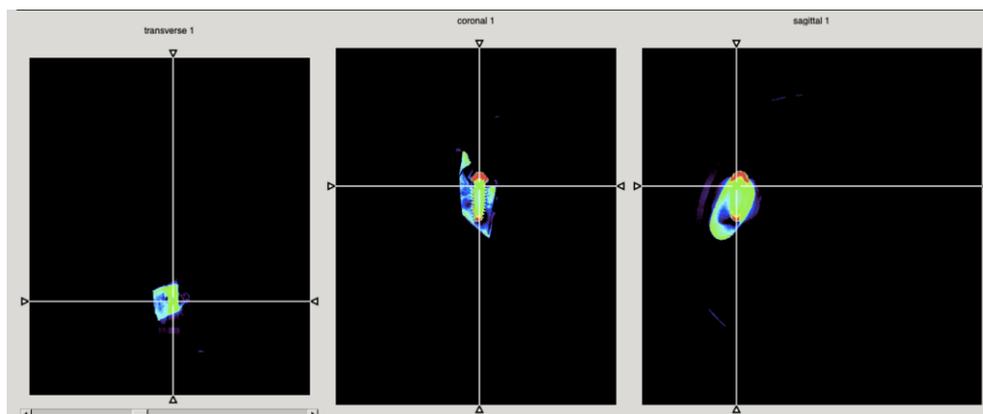


Fig. 173: Colocación de la línea perpendicular en la zona coronal de la muestra

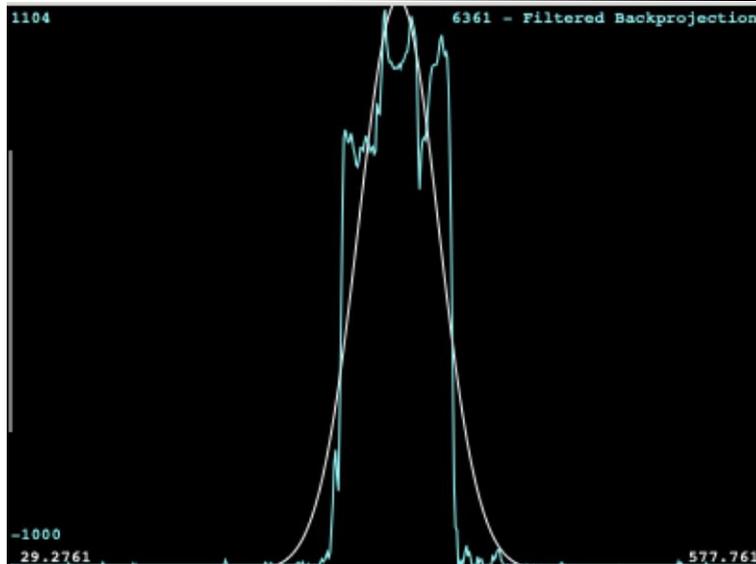


Fig. 174: Gráfica que corresponde a la disponibilidad ósea que rodea a la muestra de estudio en la zona coronal

En la línea coronal se observó una subida gradual hasta valores altos, se mantienen, después suben hasta valores máximos, descienden los valores al mismo nivel que el lado contralateral, vuelven a ascender los valores para descender.

#### 4.2.28.2. Central

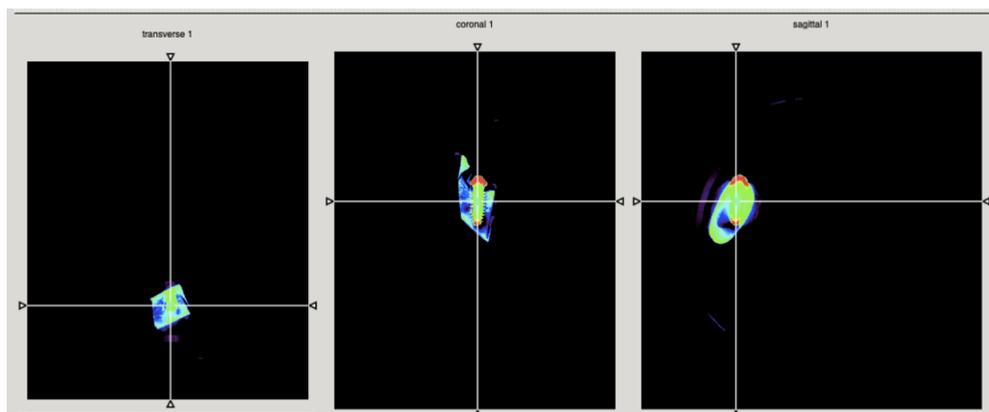


Fig. 175: Colocación de la línea perpendicular en la zona central de la muestra

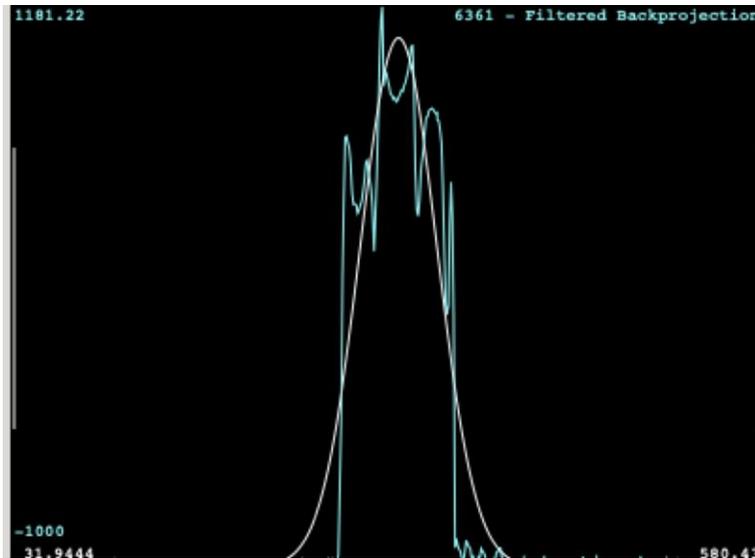


Fig. 176: Gráfica que corresponde a la disponibilidad ósea que rodea a la muestra de estudio en la zona central

En la línea central trazada se observó una subida de los valores, que se mantienen y ascienden hasta máximos en términos densitométricos, descienden levemente, vuelven a aumentar, seguidamente desciende y asciende, finalmente decaen.

#### 4.2.28.3. Apical

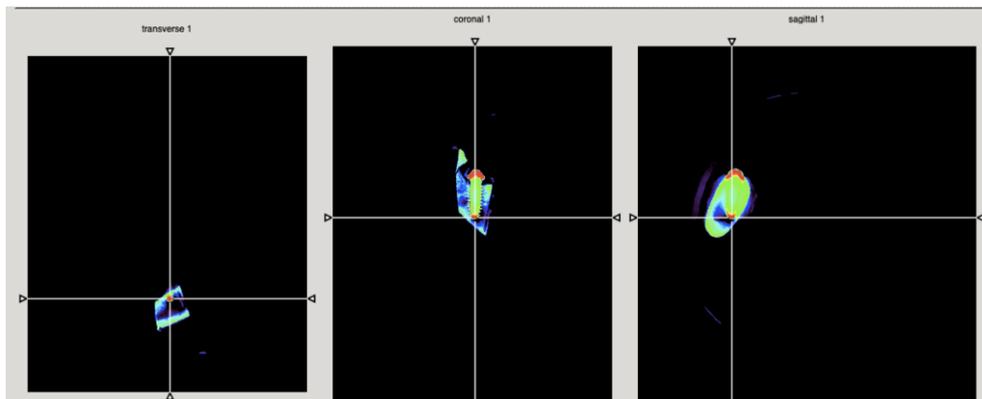


Fig. 177: Colocación de la línea perpendicular en la zona apical de la muestra

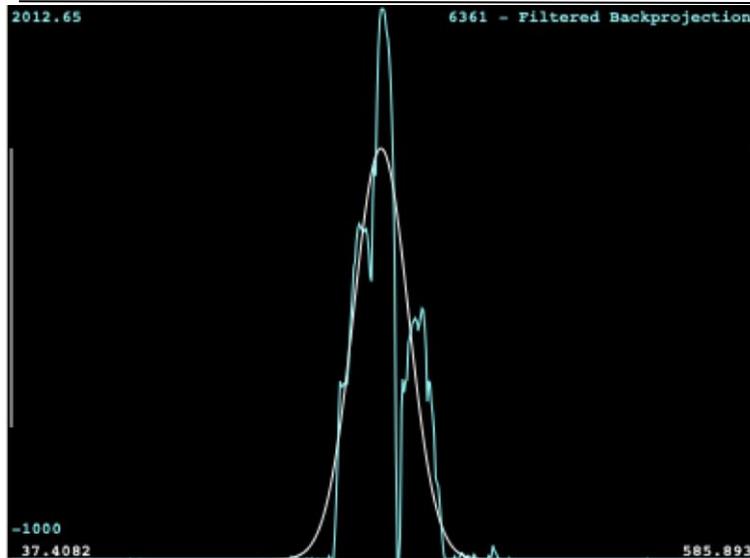


Fig. 178: Gráfica que corresponde a la disponibilidad ósea que rodea a la muestra de estudio en la zona apical

La línea apical demostró una subida gradual hasta llegar a máximos valores, seguidamente se observó un pico brusco de descenso, después aumentan los valores levemente y por último decaen.

#### 4.2.29. Imagen de muestra número: P4MD-8659

##### 4.2.29.1. Coronal

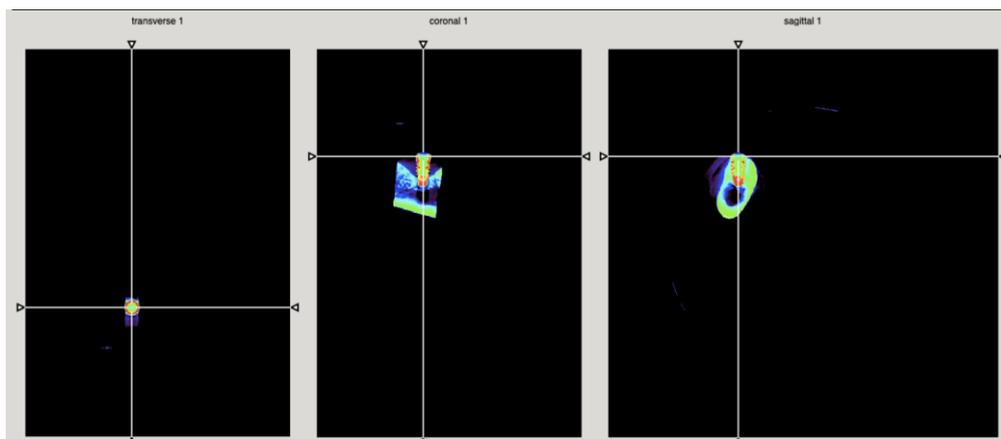


Fig. 179: Colocación de la línea perpendicular en la zona coronal de la muestra

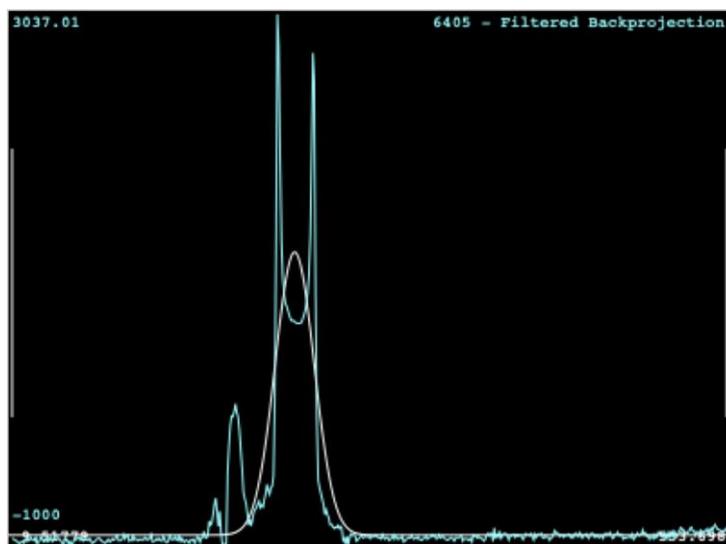


Fig. 180: Gráfica que corresponde a la disponibilidad ósea que rodea a la muestra de estudio en la zona coronal

En la línea coronal se observó una leve subida con picos que suben y bajan, luego suben los valores hasta un máximo, baja gradualmente, vuelve a subir y decae gradualmente.

#### 4.2.29.2. Central

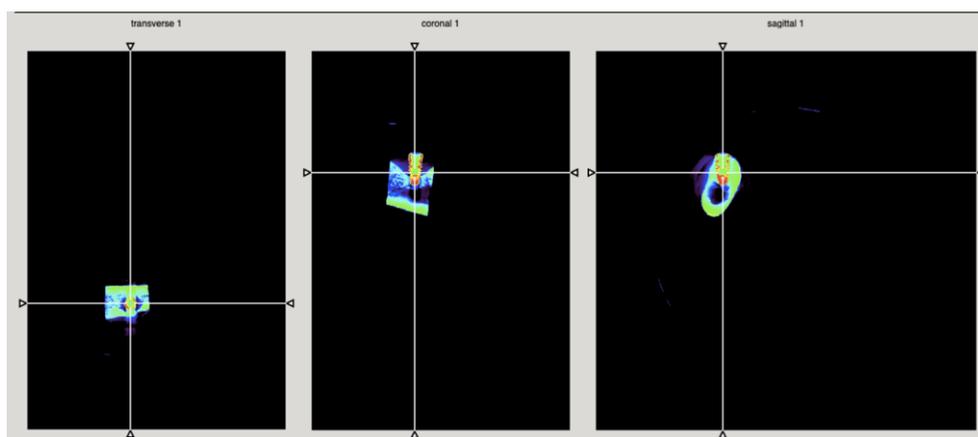


Fig. 181: Colocación de la línea perpendicular en la zona central de la muestra

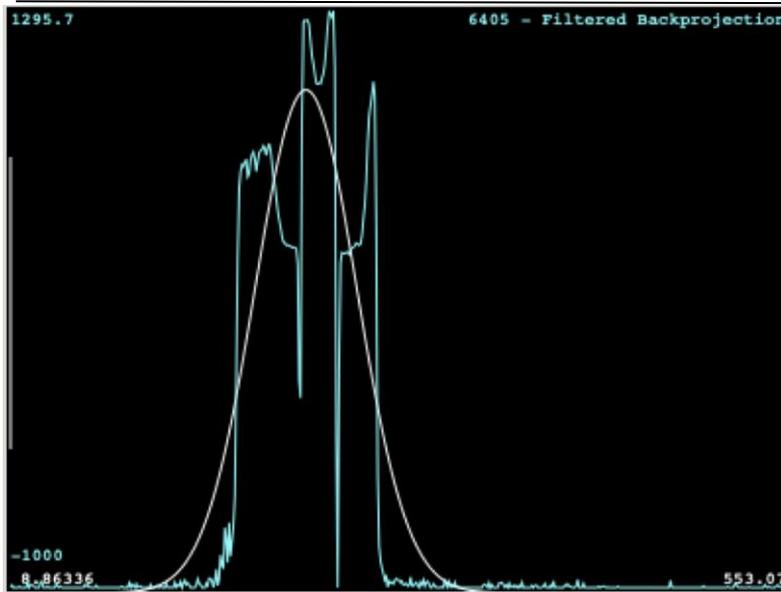


Fig. 182: Gráfica que corresponde a la disponibilidad ósea que rodea a la muestra de estudio en la zona central

En la línea central se observó una subida de los valores que se mantienen, luego descienden, ascienden, bajan levemente, vuelven a ascender y bajan los valores bruscamente hasta valores mínimos, vuelven a ascender para descender finalmente.

#### 4.2.29.3. Apical

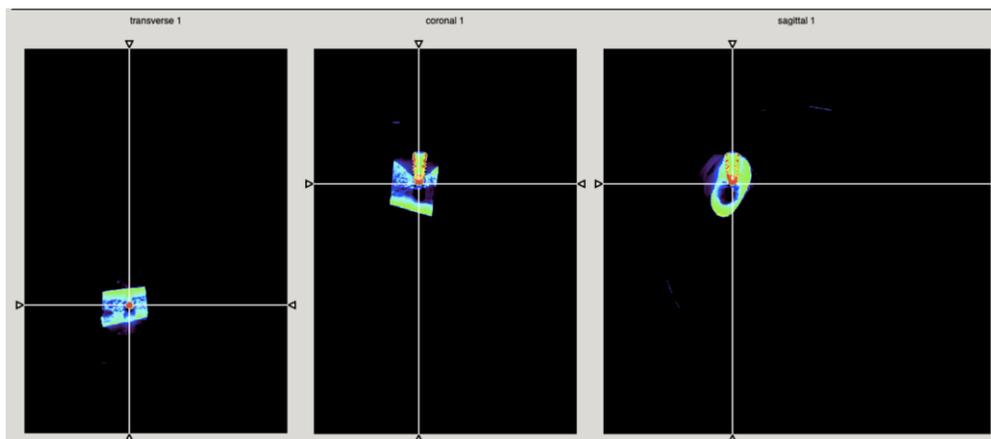


Fig. 183: Colocación de la línea perpendicular en la zona apical de la muestra

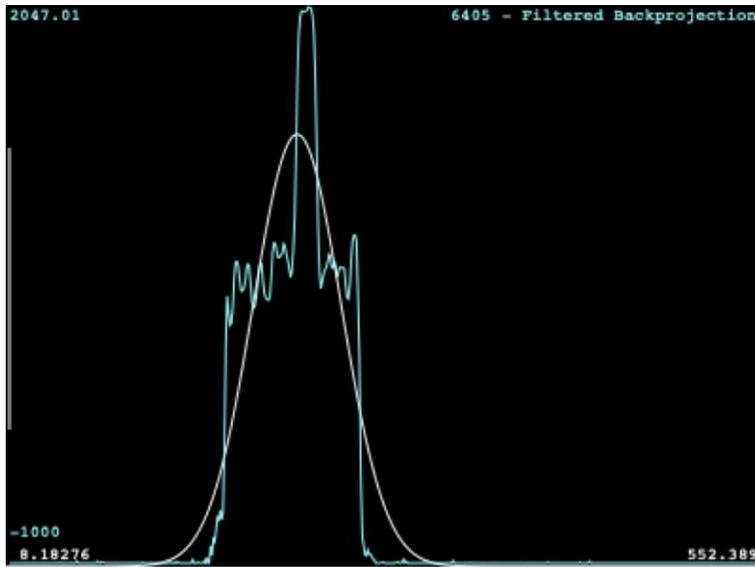


Fig. 184: Gráfica que corresponde a la disponibilidad ósea que rodea a la muestra de estudio en la zona apical

En la línea apical se observó una subida que se mantiene, luego suben hasta valores máximos, desciende para mantenerse y acaban descendiendo.

#### 4.2.30. Imagen de muestra número: P3MD-8659

##### 4.2.30.1. Coronal

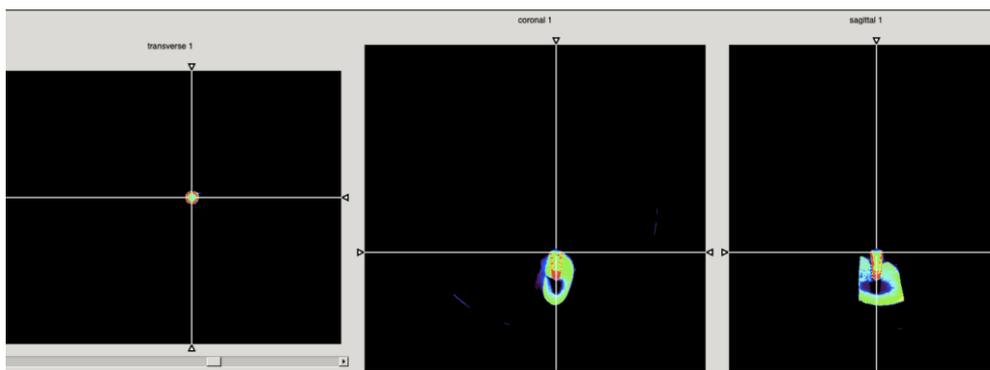


Fig. 185: Colocación de la línea perpendicular en la zona coronal de la muestra

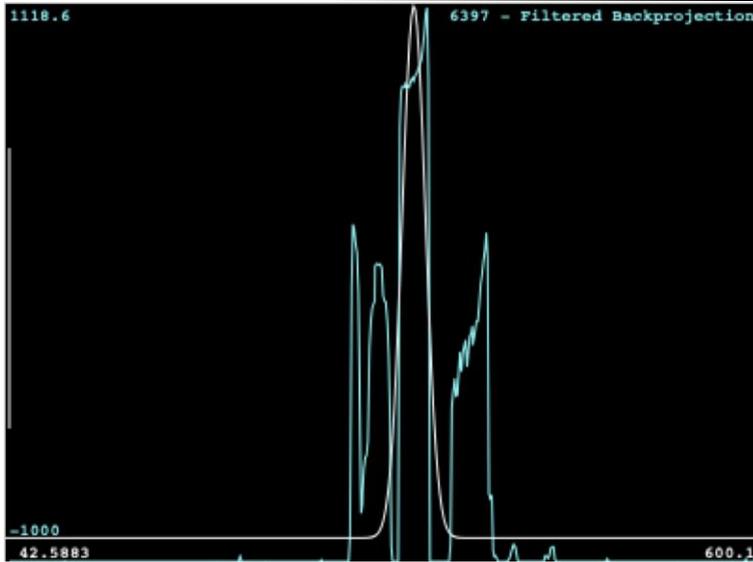


Fig. 186: Gráfica que corresponde a la disponibilidad ósea que rodea a la muestra de estudio en la zona coronal

En la línea coronal se observaron subidas y bajadas muy marcadas de los valores, en primer lugar, se observó un pico de subida, luego descienden los valores, vuelve a ascender, descienden, a continuación, se observó un pico ascendente hasta valores máximos, que descienden, para ascender levemente y decaer.

#### 4.2.30.2. Central

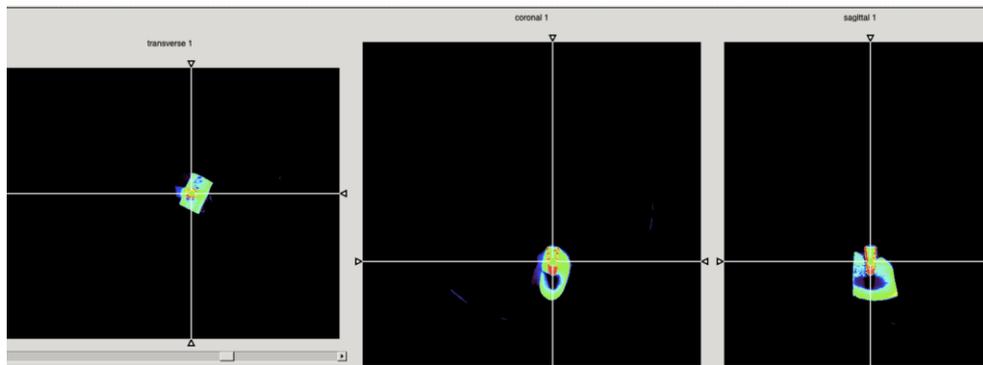


Fig. 187: Colocación de la línea perpendicular en la zona central de la muestra

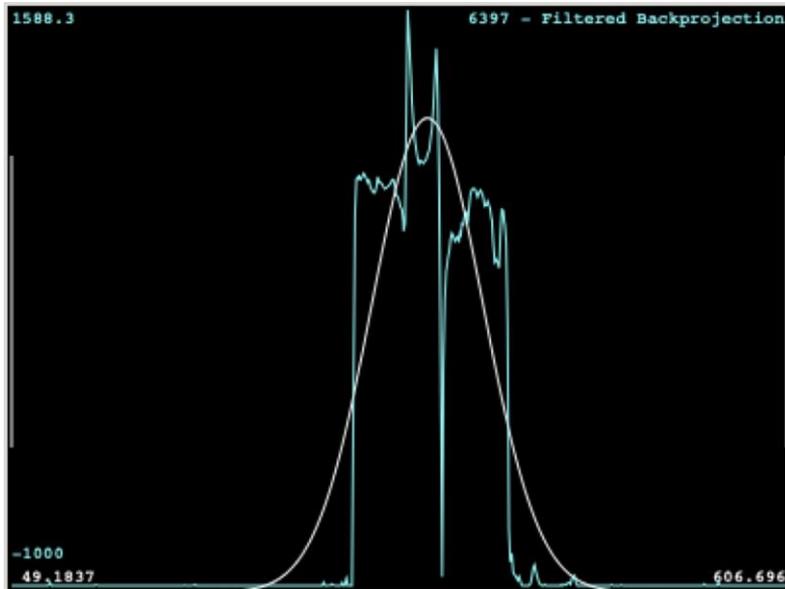


Fig. 188: Gráfica que corresponde a la disponibilidad ósea que rodea a la muestra de estudio en la zona central

En la línea trazada en la zona central del implante se observó un pico de subida que se mantiene, descienden los valores levemente, luego ascienden hasta valores máximos, luego descienden para volver a ascender, tras un pico de descenso muy brusco, a continuación, suben los valores, se mantienen y decaen.

#### 4.2.30.3. Apical

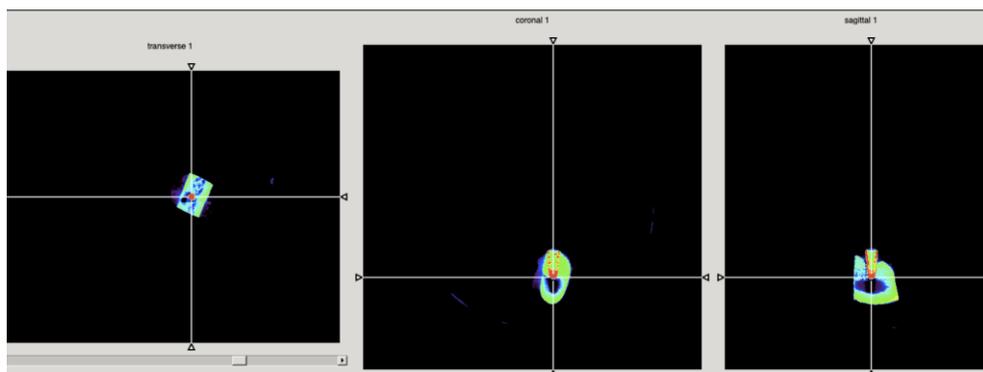


Fig. 189: Colocación de la línea perpendicular en la zona apical de la muestra

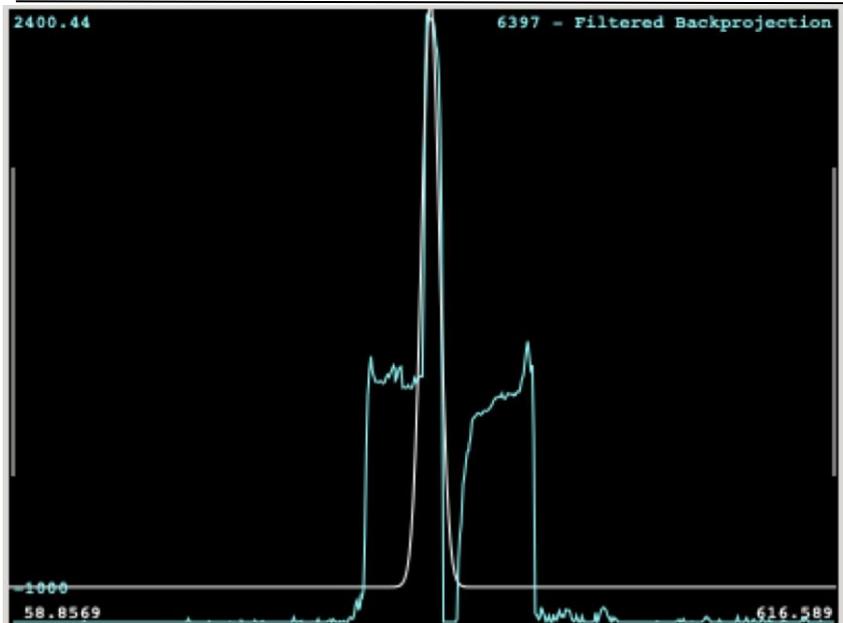


Fig. 190: Gráfica que corresponde a la disponibilidad ósea que rodea a la muestra de estudio en la zona apical

En la línea coronal se observó una subida de los valores densitométricos, se mantienen estables, luego suben hasta el pico más alto y decaen hasta el pico más bajo, vuelven a ascender, se mantienen y luego decaen.

#### 4.2.31. Imagen de muestra número: M1MI-8659

##### 4.2.31.1. Coronal

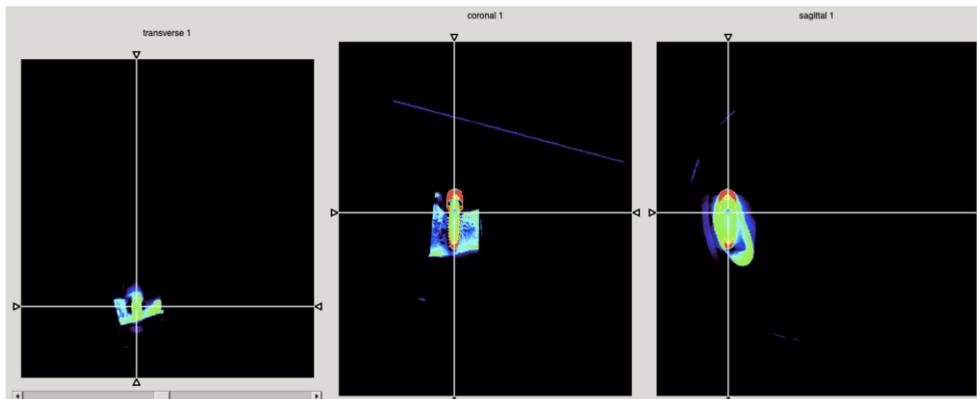


Fig. 191: Colocación de la línea perpendicular en la zona coronal de la muestra

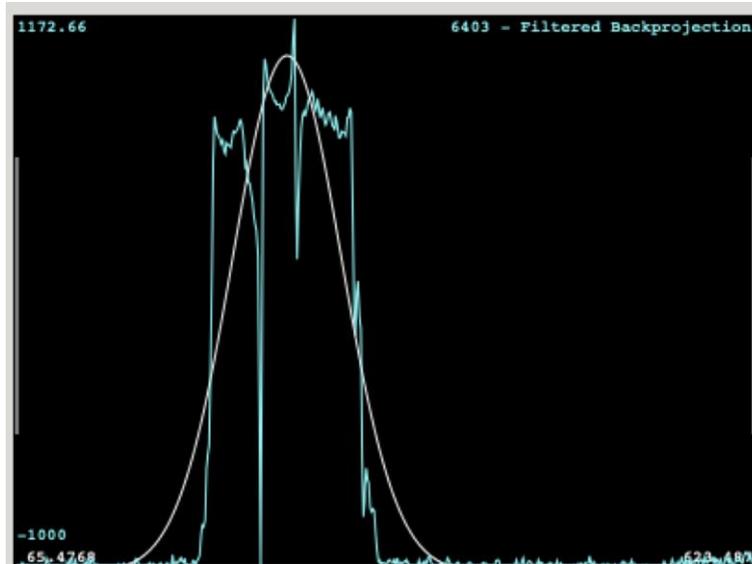


Fig. 192: Gráfica que corresponde a la disponibilidad ósea que rodea a la muestra de estudio en la zona coronal

En la línea coronal se observó un pico de subida, se mantienen estables los valores, seguidamente bajan bruscamente hasta valores negativos, luego ascienden, descienden levemente y ascienden hasta valores elevados, se observó un pico de bajada menos marcado, que sube y se mantiene y por último descienden los valores paulatinamente.

#### 4.2.31.2. Central

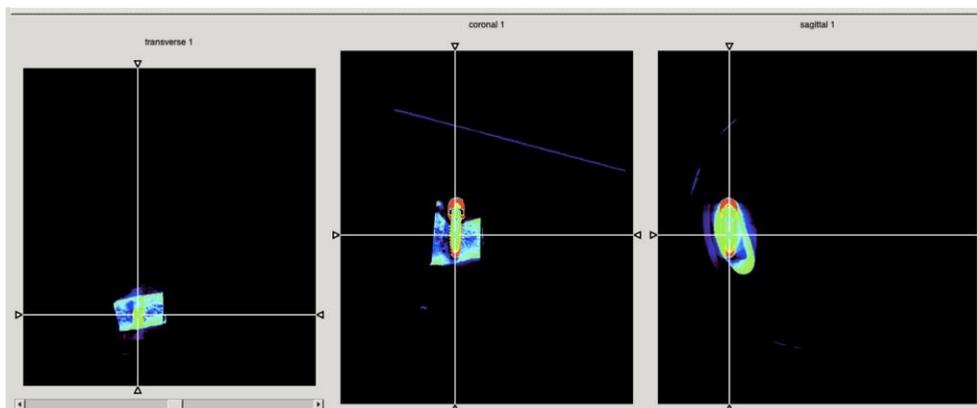


Fig. 193: Colocación de la línea perpendicular en la zona central de la muestra

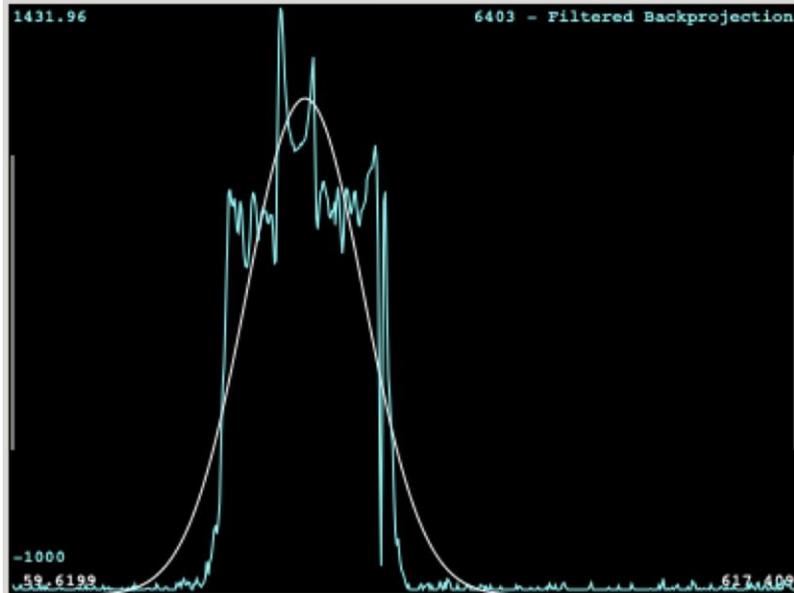


Fig. 194: Gráfica que corresponde a la disponibilidad ósea que rodea a la muestra de estudio en la zona central

En la línea coronal se observó una subida de los valores, que se mantienen estables, suben hasta su máximo, bajan levemente y vuelven a ascender, seguidamente descienden, se mantiene con ligeros picos que suben y bajan, por último, decaen.

#### 4.2.31.3. Apical

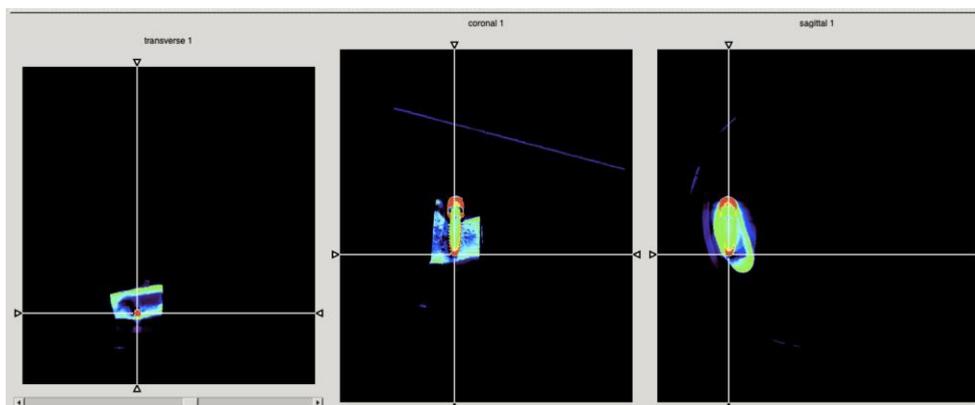


Fig. 195: Colocación de la línea perpendicular en la zona apical de la muestra

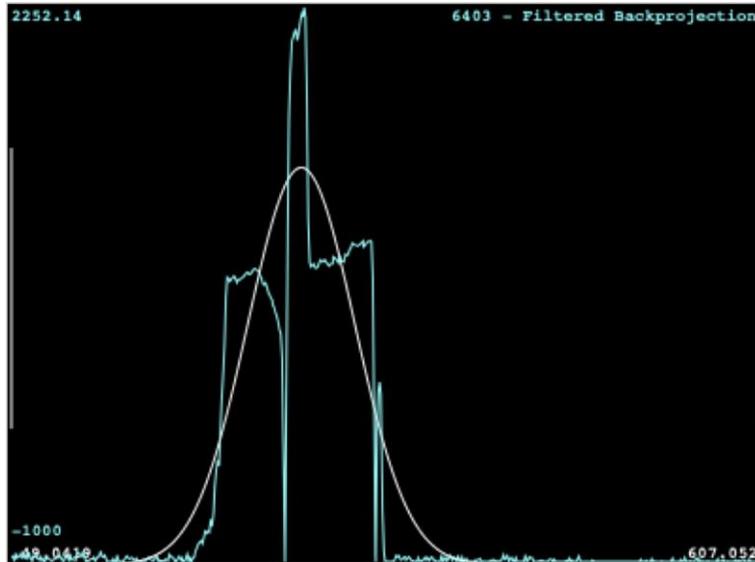


Fig. 196: Gráfica que corresponde a la disponibilidad ósea que rodea a la muestra de estudio en la zona apical

En la línea trazada en apical se observó una subida de los valores que se mantienen, descienden bruscamente hasta los valores más negativos, seguidamente suben los valores hasta el pico máximo, descienden, se mantienen y decaen.

#### 4.2.32. Imagen de muestra número: P4MI-8659

##### 4.2.32.1. Coronal

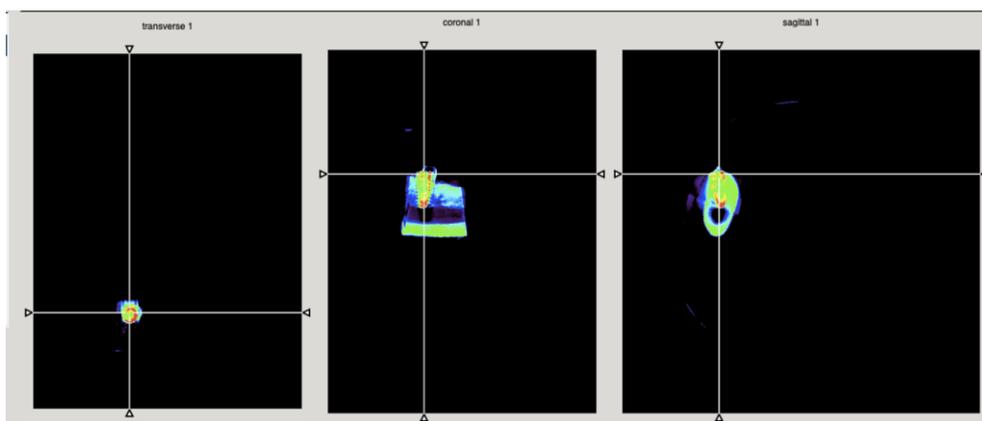


Fig. 197: Colocación de la línea perpendicular en la zona coronal de la muestra

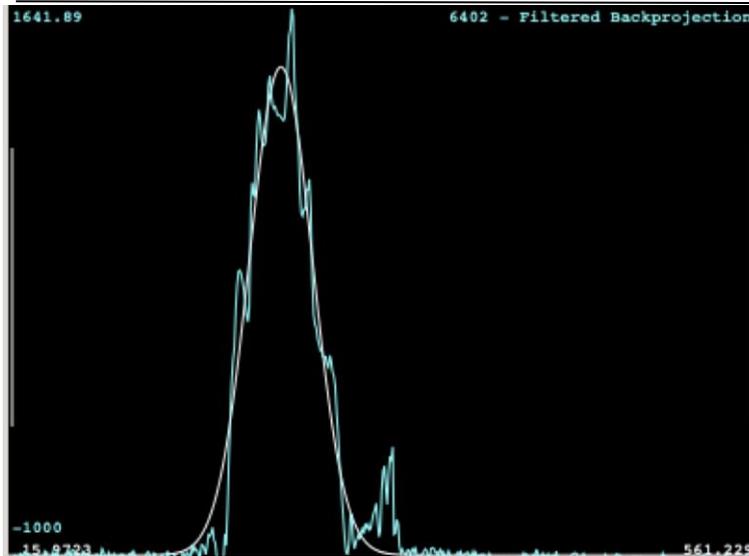


Fig. 198: Gráfica que corresponde a la disponibilidad ósea que rodea a la muestra de estudio en la zona coronal

La línea coronal se observó una subida gradual de los valores, con picos que suben y bajan, hasta llegar a un máximo y a partir de ahí baja gradualmente.

#### 4.2.32.1. Central

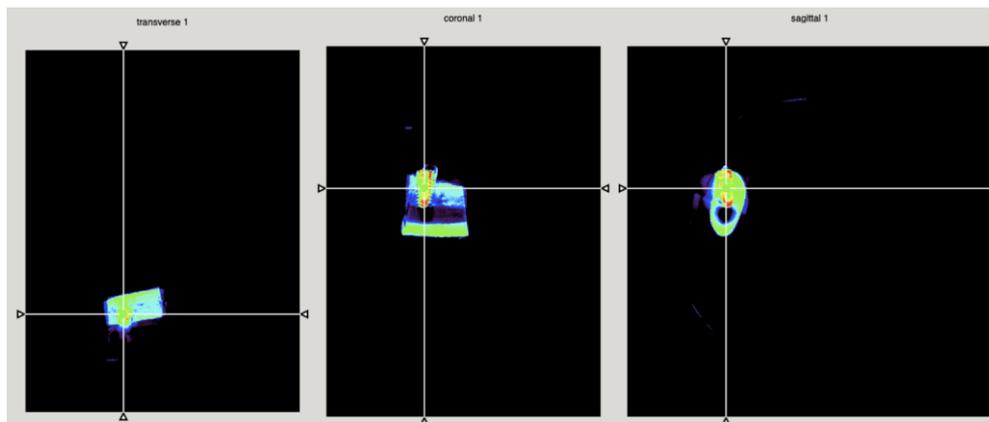


Fig. 199: Colocación de la línea perpendicular en la zona central de la muestra

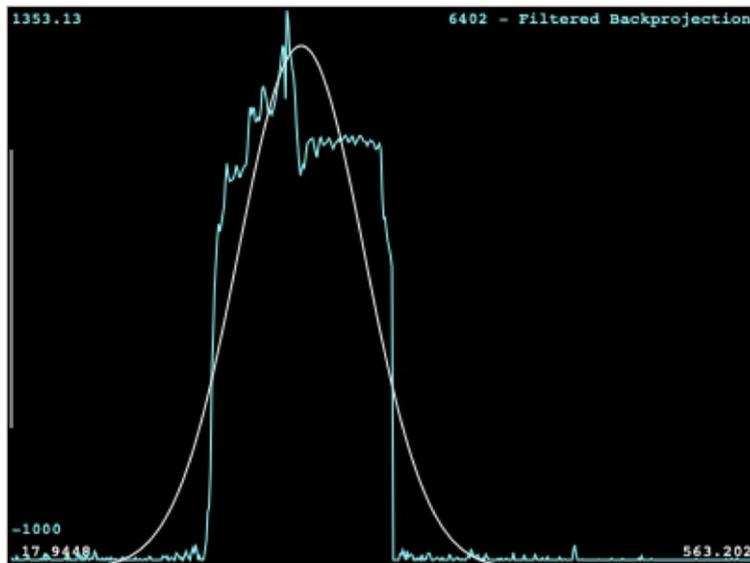


Fig. 200: Gráfica que corresponde a la disponibilidad ósea que rodea a la muestra de estudio en la zona central

En la línea central se observó un ascenso paulatino de los valores que llegan a un máximo, descienden, se mantienen y decaen.

#### 4.2.32.3. Apical

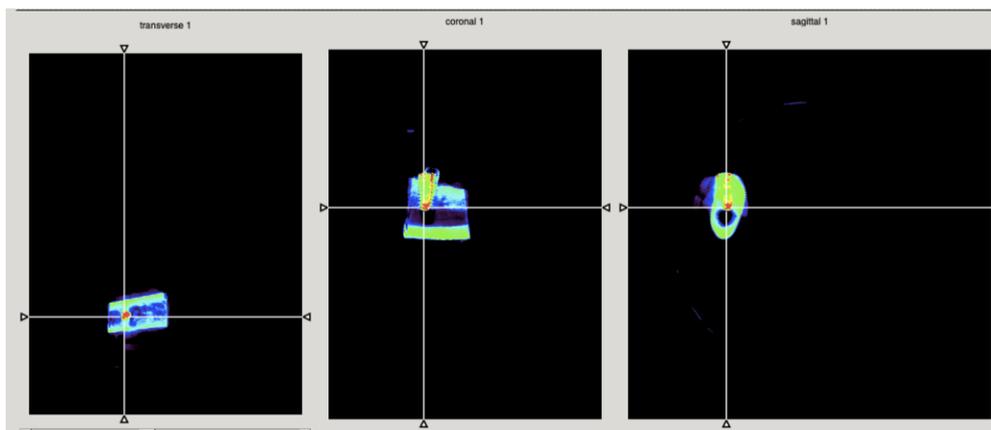


Fig. 201: Colocación de la línea perpendicular en la zona apical de la muestra

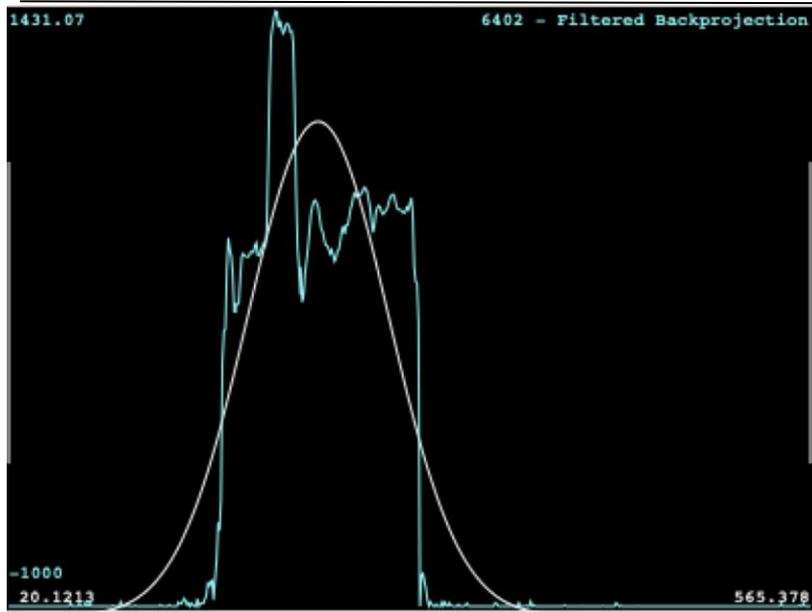


Fig. 202: Gráfica que corresponde a la disponibilidad ósea que rodea a la muestra de estudio en la zona apical

En la línea apical se observó una subida hasta valores medios-altos, luego ascienden y descienden, manteniéndose con ligeros picos que suben y bajan, finalmente decaen.

#### 4.2.32. Imagen de muestra número: P3MI-8659

##### 4.2.32.1. Coronal

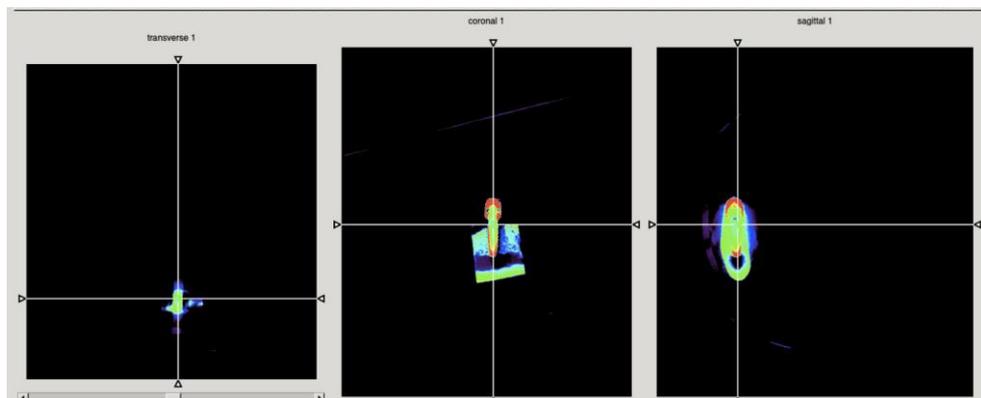


Fig. 203: Colocación de la línea perpendicular en la zona coronal de la muestra

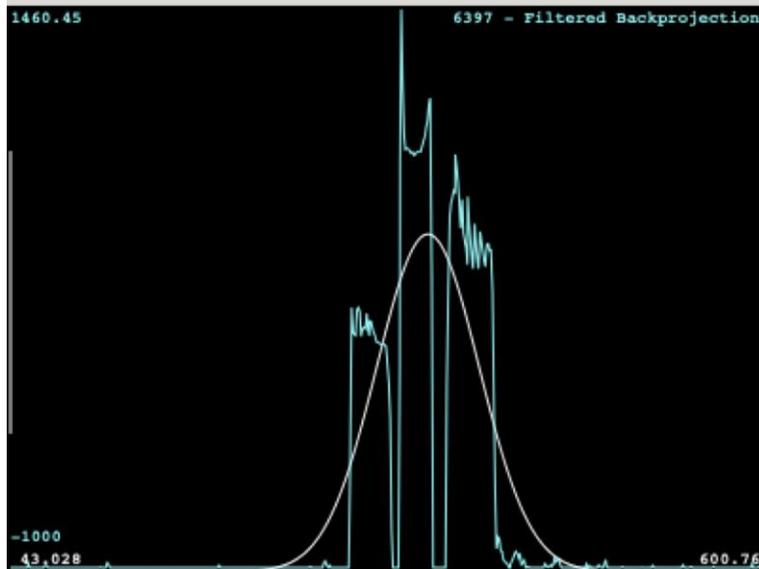


Fig. 204: Gráfica que corresponde a la disponibilidad ósea que rodea a la muestra de estudio en la zona coronal

En la línea coronal se observó una subida de los valores, luego se mantienen, descienden bruscamente, se observó una subida muy marcada que descienden levemente para volver a ascender, luego vuelve a descender bruscamente, ascienden los valores, se mantienen y descienden.

#### 4.2.32.2. Central

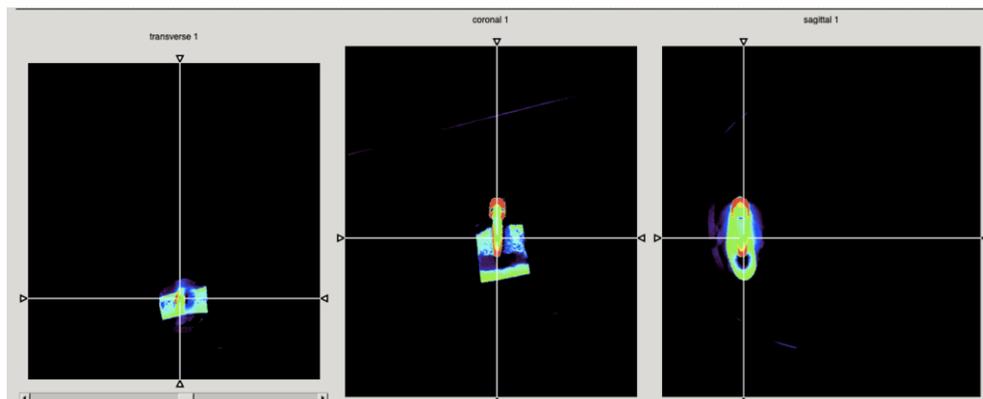


Fig. 205: Colocación de la línea perpendicular en la zona central de la muestra

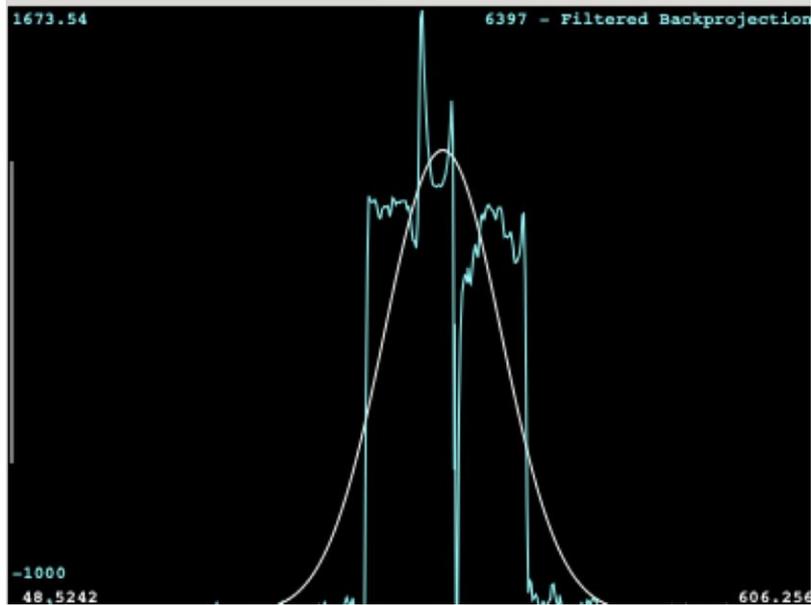


Fig. 206: Gráfica que corresponde a la disponibilidad ósea que rodea a la muestra de estudio en la zona central

En la línea central se observó un ascenso de los valores, se mantienen, continúan ascendiendo, descienden levemente, a continuación, vuelven a subir y descienden de forma súbita, seguidamente ascienden, se mantienen y decaen.

#### 4.2.32.3. Apical

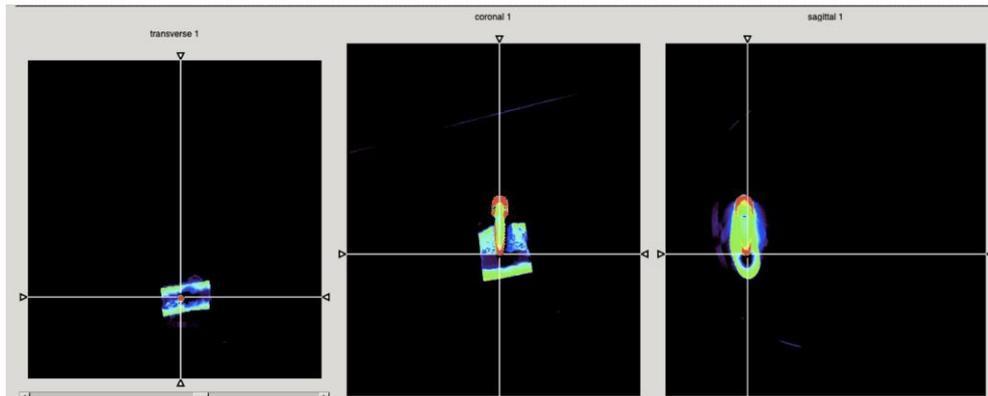


Fig. 207: Colocación de la línea perpendicular en la zona apical de la muestra

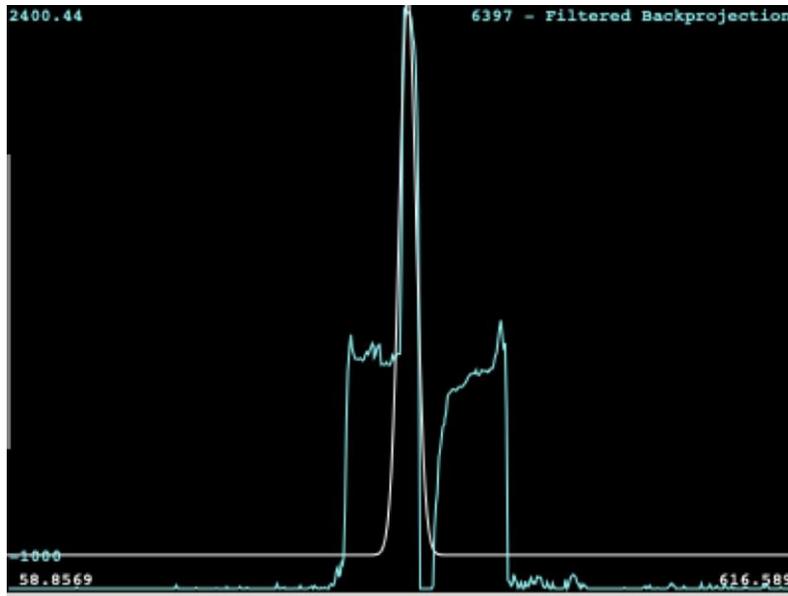


Fig. 208: Gráfica que corresponde a la disponibilidad ósea que rodea a la muestra de estudio en la zona apical

En la línea apical se observó una subida leve de los valores que se mantienen y fue observado un pico de valores máximos, que desciende hasta valores mínimos, luego suben, se mantienen y descienden.

#### 4.2.33. Imagen de muestra número: P2MI-8659

##### 4.2.33.1. Coronal

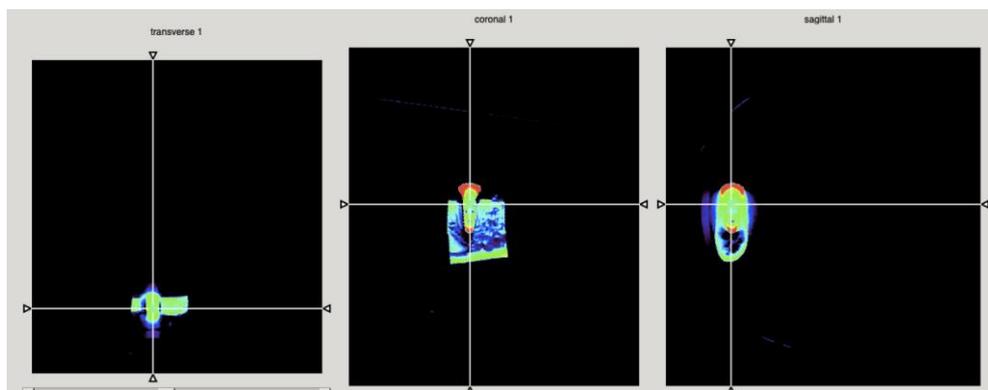


Fig. 209: Colocación de la línea perpendicular en la zona coronal de la muestra

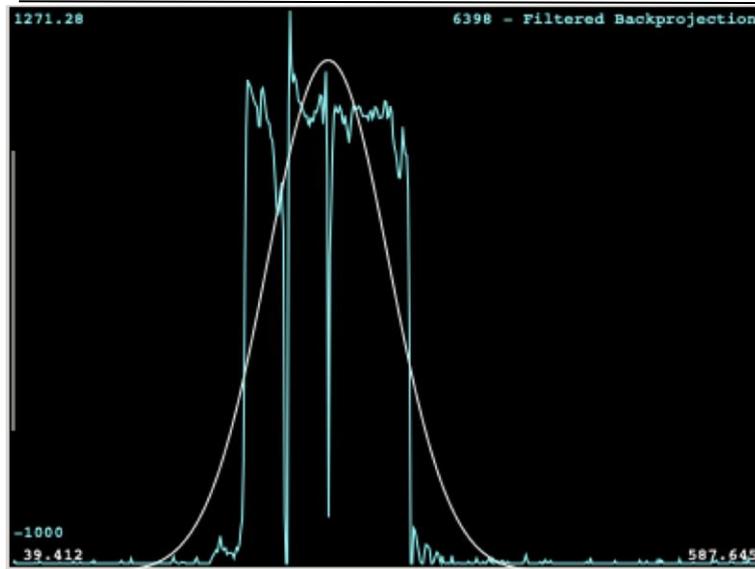


Fig. 210: Gráfica que corresponde a la disponibilidad ósea que rodea a la muestra de estudio en la zona coronal

En la línea coronal fue observada una subida abrupta de los valores, se mantienen levemente y descienden hasta valores mínimos, ascienden hasta valores máximos, que se mantienen y vuelven a descender, luego suben, mantienen y descienden.

#### 4.2.33.1. Central

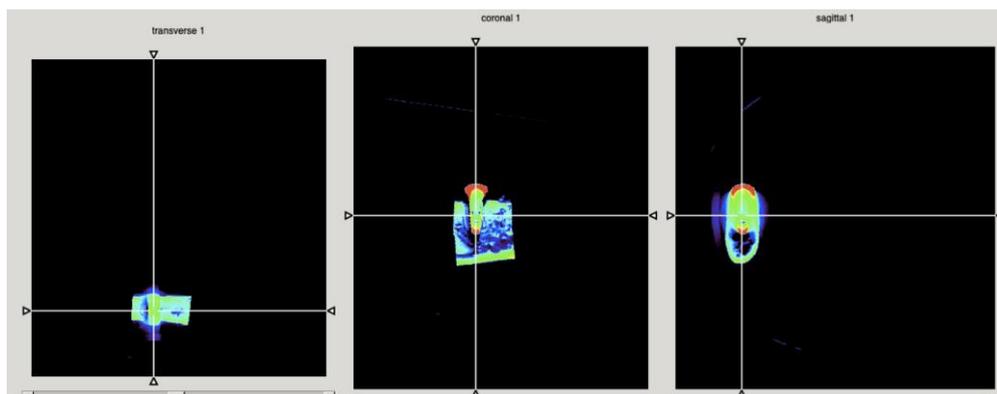


Fig. 211: Colocación de la línea perpendicular en la zona central de la muestra

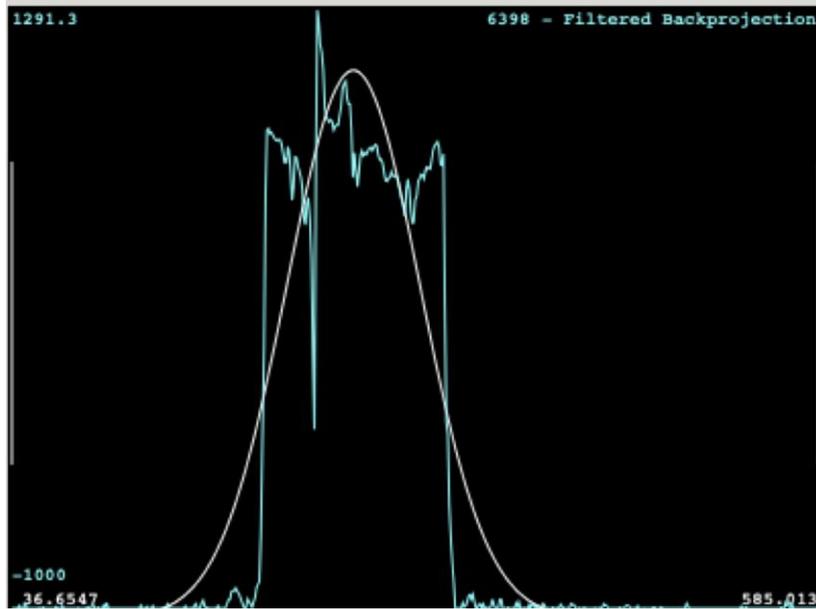


Fig. 212: Gráfica que corresponde a la disponibilidad ósea que rodea a la muestra de estudio en la zona central

En la línea central se observó una subida de los valores, que se mantienen con ligeros picos de bajada, descienden, ascienden, luego bajan levemente y ascienden, para volver a bajar, mantenerse y decaer.

#### 4.2.33.3. Apical

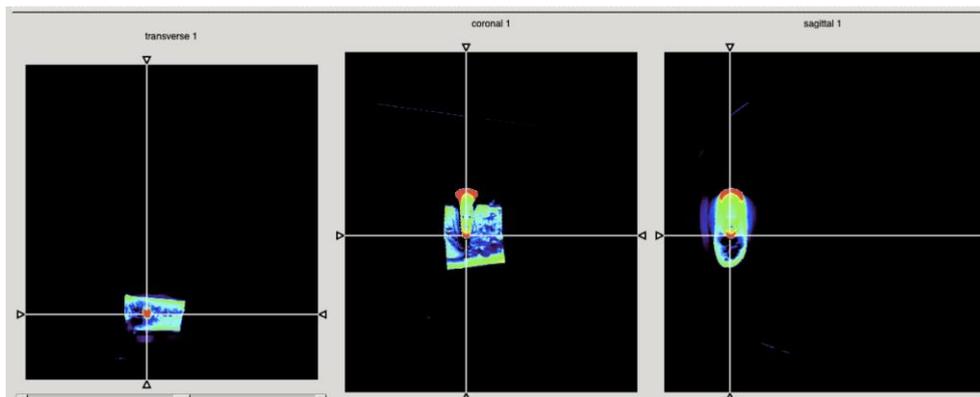


Fig. 213: Colocación de la línea perpendicular en la zona apical de la muestra

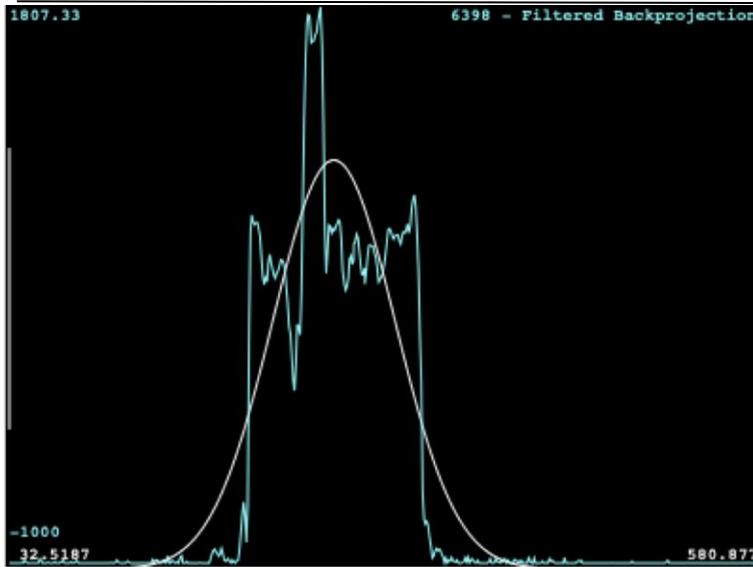


Fig. 214: Gráfica que corresponde a la disponibilidad ósea que rodea a la muestra de estudio en la zona apical

En la línea trazada en apical se observó una subida de los valores densitométricos, que se mantiene con ligeros picos de subida y bajada, se observó un pico de descenso, seguidamente suben los valores hasta el pico máximo, luego desciende y se mantiene y por último decaen.

### 4.3 Resultados de valoración de ROIs

Los cortes anatómicos obtenidos con microCT fueron estudiados con el programa Amide. Dependiendo de la capacidad de absorción del haz de rayos X a los implantes de muestra y al tejido óseo de la mandíbula de estudio, resultan una serie de Unidades Hounsfield representado con una escala de colores que permiten interpretar las imágenes.

Se obtienen los datos del microCT en tres dimensiones a través de ROI realizando 7 cajas. ROI 1 y 2 en coronal; ROI 3 y 4 en la zona central; ROI 5 y 6 en apical y ROI 7 en la zona central y más apical. Con el objetivo de establecer un método

predictivo reproducible para estudiar la dinámica de cicatrización ósea alrededor de las zonas periimplantarias.

El análisis visual desglosado más arriba interpreta las imágenes de una forma no cuantitativa, al igual que la práctica clínica. En cambio, en el caso de las líneas interpreta analíticamente los cambios producidos en la muestra en dos dimensiones, determina las unidades Hounsfield (HU) de cada píxel contenido en las líneas que fueron trazadas. Pero los ROI permiten interpretar analíticamente los cambios producidos en la muestra en tres dimensiones. Determinando las unidades Hounsfield (HU) de cada caja en concreto, colocando 7 ROIs alrededor de cada implante en el corte coronal.

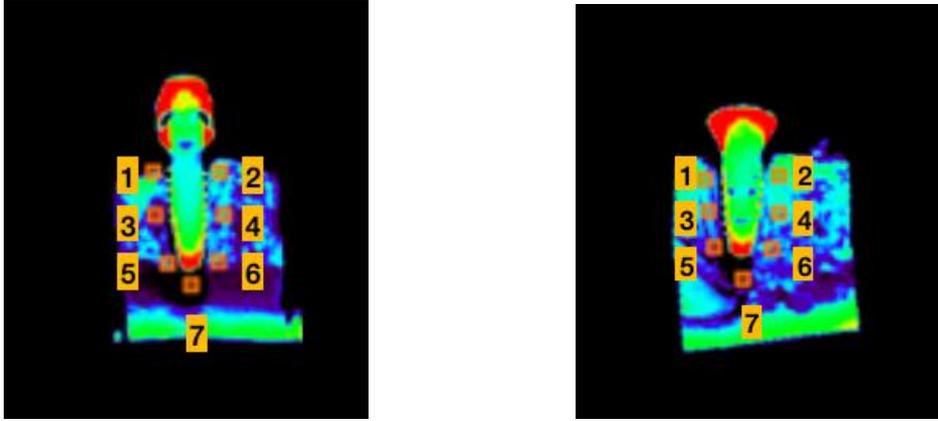


Fig. 215. En la imagen se observaron los 7 ROIs (cajas) que se obtendrán los datos estadísticos

En el programa Amide, en la escala de color fue establecido el tipo de umbral “Global” determinando que los valores mínimos y máximos serán establecidos en proporción a los valores mínimos y máximos del global de datos.

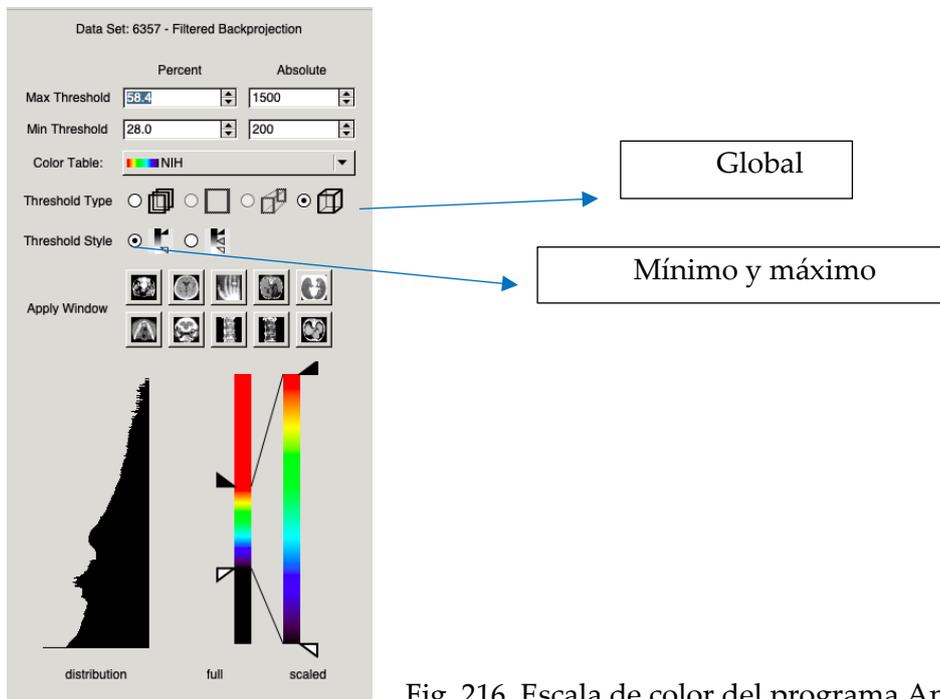


Fig. 216. Escala de color del programa Amide

## 4.3.1. Imagen de muestra número: M1MD-2987

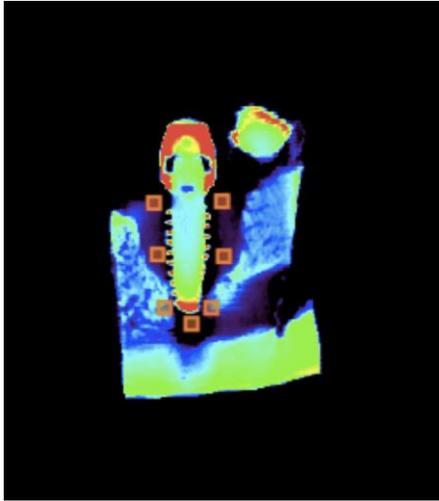


Fig. 217. Imagen de muestra con 7 ROIs I. En los ROIs 1, 2, 3, 4 y 7 se observó que se encuentran en un color negro-morado en la escala de colores traduciéndose con la presencia de Unidades Hounsfield bajas. En cambio, en ROIs 5 y 6 se aprecia un color azulado, es decir aumento de Unidades Hounsfield.

## 4.3.2. Imagen de muestra número: P3MD-2987

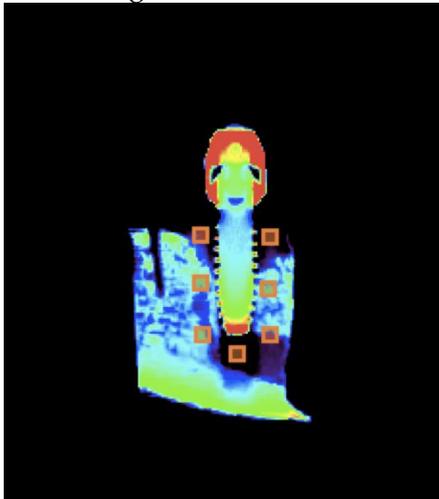


Fig. 218. Imagen de muestra con 7 ROIs II. En los ROIs 2 y 7 se observó el color negro, es decir, las Unidades Hounsfield más bajas, seguidos del ROI 1 que en la parte más cercana al implante presenta colores oscuros y en la otra parte más

alejada del implante se observó color azulado. Los ROIs 3, 4, 5 se observó azul verdoso. Y el ROI 6 presento la mitad del mismo azul y la otra mitad morado.

#### 4.3.4. Imagen de muestra número: M1MI-2987

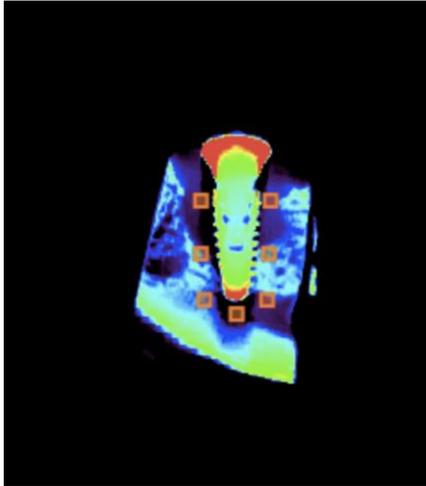


Fig. 219. Imagen de muestra con 7 ROIs IV. ROI 4 y 5 color azul. ROI 1 se observó color negro-morado. ROI 2 color morado en la escala. ROI 6 color morado y muy levemente azulado. Y en el ROI 7 color negro como la mayoría de las figuras.

#### 4.3.5. Imagen de muestra número: P4MI-2987

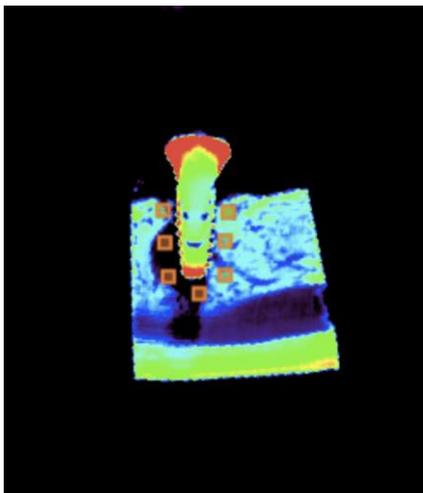


Fig. 220. Imagen de muestra con 7 ROIs V. ROI 1, 2, 4 y 6 fue observada la escala de color se encuentra en azul verdoso. ROI 3, 5 y 7 en color negro debido a la ausencia contacto hueso-implante.

## 4.3.6. Imagen de muestra número: M1MD-4087

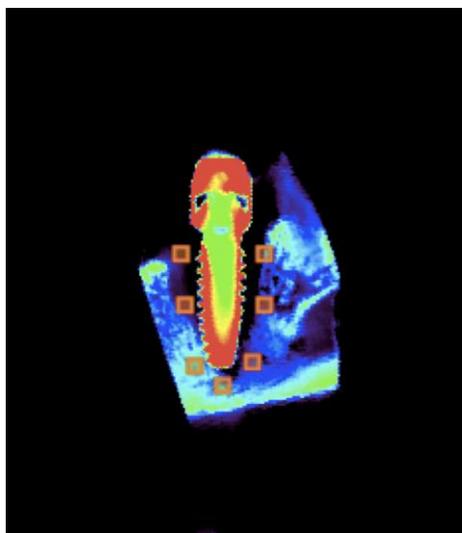


Fig. 221. Imagen de muestra con 7 ROIs VI. ROI 1 y 3 en la escala de colores se encuentran en negro. ROI 2 y 7 negro la zona más cercana al implante y azul la más alejada. ROI 4,5,6 en azul debido a la presencia ósea.

## 4.3.7. Imagen de muestra número: P4MD-4087

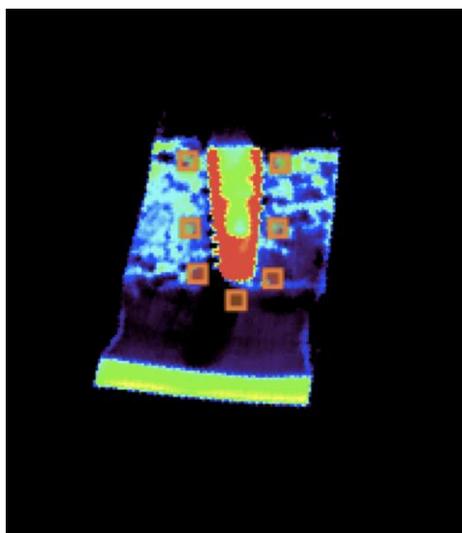


Fig. 222. Imagen de muestra con 7 ROIs VII. ROI 1, 2, 3, 4 se observó azul verdoso es decir la escala hace referencia a Unidades Hounsfield altas. ROI 5 y 6 color morado y 7 negro.

## 4.3.8. Imagen de muestra número: P3MD-4087

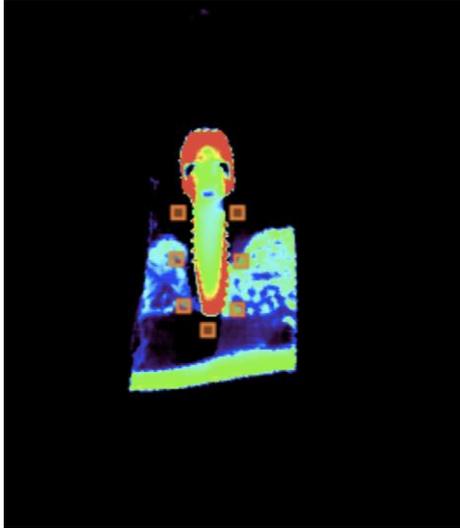


Fig. 223. Imagen de muestra con 7 ROIs VIII. ROI 1, 2 y 7 se observó el color negro en la escala de colores, ausencia ósea. Y en el ROI 3, 4, 5, y 6 color verde azulado, presencia ósea.

## 4.3.9. Imagen de muestra número: P2MD-4087

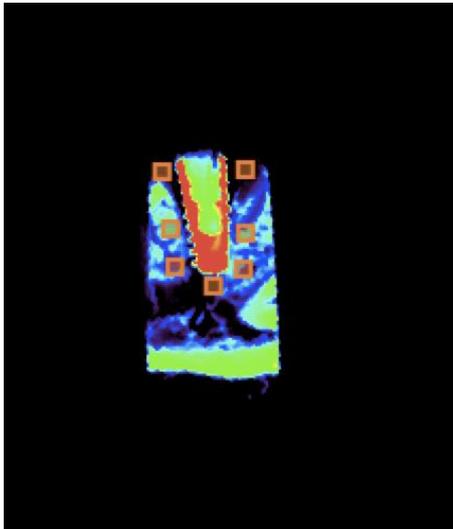


Fig. 224. Imagen de muestra con 7 ROIs IX. ROI 1, 2 y 7 se observó color negro morado. En ROI 3, 4, 5 y 6 color azul verdoso.

## 4.3.10. Imagen de muestra número: P4MD-4087

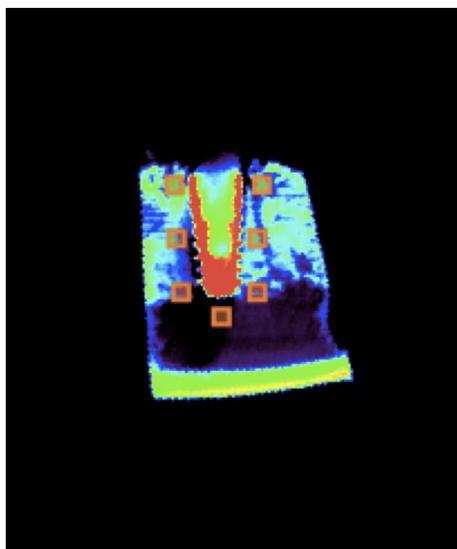


Fig. 225. Imagen de muestra con 7 ROIs X. ROI 1, 2, 3 y 4 color verdoso es decir altas Unidades Hounsfield. ROI 5 y 6 presentaron color verdoso morado. ROI 7 color negro por la presencia del canal mandibular.

## 4.3.11. Imagen de muestra número: P3MI-4087

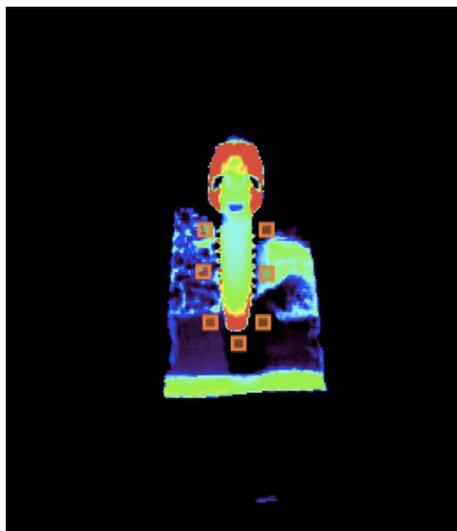


Fig. 226. Imagen de muestra con 7 ROIs XI. ROI 1 y 3 se observó color morado con matices verdoso. ROI 2, 6 y 7 la escala de color se encuentra en el negro. ROI 4 color verde. ROI 5 color morado.

## 4.3.12. Imagen de muestra número: P2MI-4087

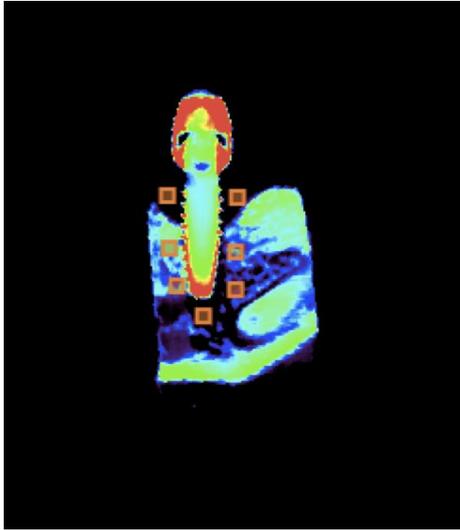


Fig. 227. Imagen de muestra con 7 ROIs XII. ROI 1, 2 y 7 presento color negro. ROI 3 color verde. ROI 4,5 y 6 se observó color azulado con matices verdosos.

## 4.3.13. Imagen de muestra número: M1MD- 6331

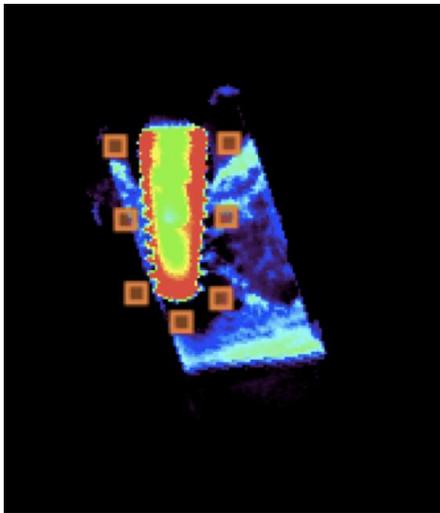


Fig. 228. Imagen de muestra con 7 ROIs XIII. ROI 1, 5, 6 y 7 color negro debido a ausencia ósea. ROI 2 morado. ROI 3 se observó colorimetría mitad negro mitad morado. ROI 4 morado con matices azulados.

## 4.3.14. Imagen de muestra número: P3MD-6331

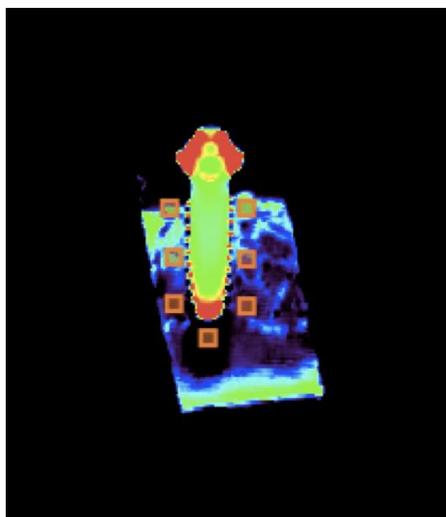


Fig. 229. Imagen de muestra con 7 ROIs XIV. ROI 2, 3 y 4 colorimetría azul con matices verdosos. ROI 1 mitad verde mitad negro. ROI 7 como la mayoría se observó color negro. ROI 5 y 6 color morado con matices azules.

## 4.3.15. Imagen de muestra número: M1MI-6331



Fig. 230. Imagen de muestra con 7 ROIs XV. ROI 1 color negro. ROI 7 la zona más cercana presenta color negro y la zona más alejada color azul verdoso. ROI 2,

3, 4, 5 y 6 se observó color negro la zona más cercana al implante, seguidamente la zona más alejada al implante el color es azul con matices verdosos.

4.3.16. Imagen de muestra número: P4MI-6331

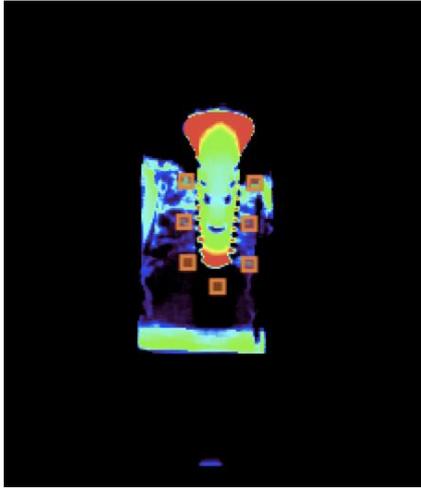


Fig. 231. Imagen de muestra con 7 ROIs XVI. ROI 1 color azul verde. ROI 2 en la zona más superior presentó color negro siendo el resto de color azul-verdoso. ROI 3, 4, 5 y 6 presentaron en la escala de color morado con algunas zonas negras. ROI 7 color negro.

## 4.3.17. Imagen de muestra número: P3MI-6331



Fig. 232. Imagen de muestra con 7 ROIs XVII. ROI 2, 3, 4 se observó color azul con verde. ROI 1 y 7 color negro. ROI 5 y 6 morado con matices negros.

## 4.3.18. Imagen de muestra número: P2MD-6331

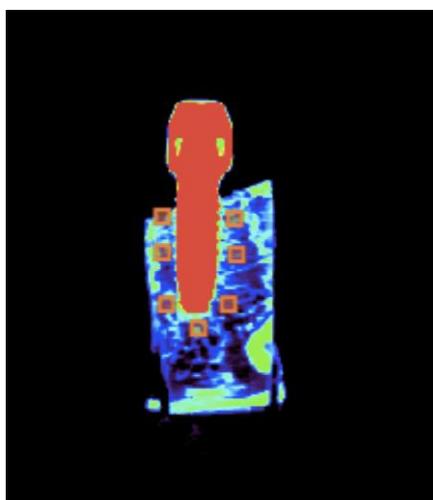


Fig. 233. Imagen de muestra con 7 ROIs XVIII. Todos los ROI se encuentran en un rango en la escala de color azul verdoso, es decir presenta contacto óseo alrededor de todo el implante.

## 4.3.19. Imagen de muestra número: M1MI-8574

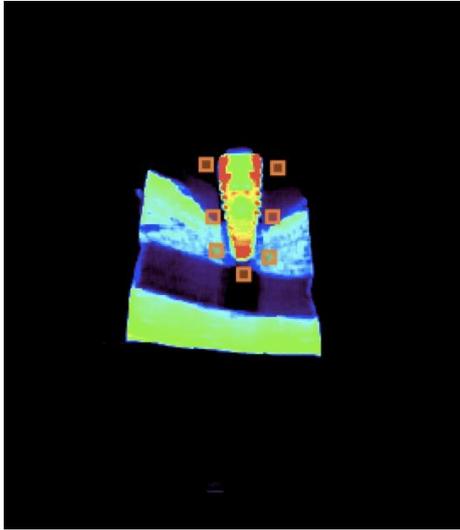


Fig. 234. Imagen de muestra con 7 ROIs XIX. ROI 1, 2 y 7 color negro en la escala de color. ROI 3 y 4 color morado. ROI 5 y 6 color azul.

## 4.3.20. Imagen de muestra número: P2MI-6331

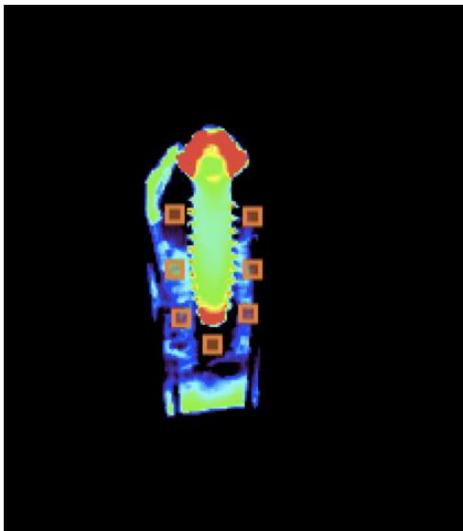


Fig. 235. Imagen de muestra con 7 ROIs XX. ROI 1 y 2 se observó color morado y negro. ROI 3, 4, 5 y 6 color azul. ROI 7 color negro.

## 4.3.21. Imagen de muestra número: M1MD-8907

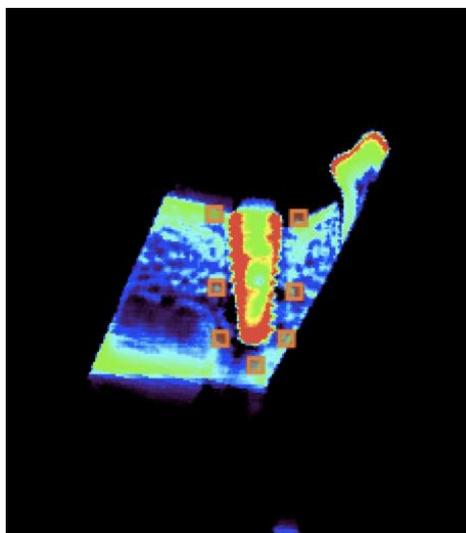


Fig. 236 Imagen de muestra con 7 ROIs XXI. ROI 1 correspondió con el color verde en la escala de color. ROI 2 color azul verdoso y aparece color negro en la zona más superior. ROI 3, 4, 5, 6 y 7 se observó color azul y verde.

## 4.3.23. Imagen de muestra número: P2MD-8907



Fig. 237. Imagen de muestra con 7 ROIs XXIII. ROI 1 y 2 apareció color verde. ROI 3 y 4 zonas azul y verde. ROI 5 y 6 morado. ROI 7 negro.

## 4.3.24. Imagen de muestra número: P4MI-8907

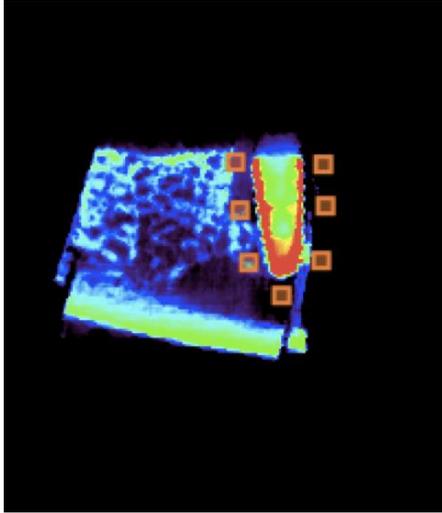


Fig. 238. Imagen de muestra con 7 ROIs XXIV. ROI 1 y 3 color morado. ROI 2, 4, 6 y 7 color negro debido a ausencia ósea. ROI 5 color morado y levemente se observaron matices azules.

## 4.3.25. Imagen de muestra número: P3MI-8907

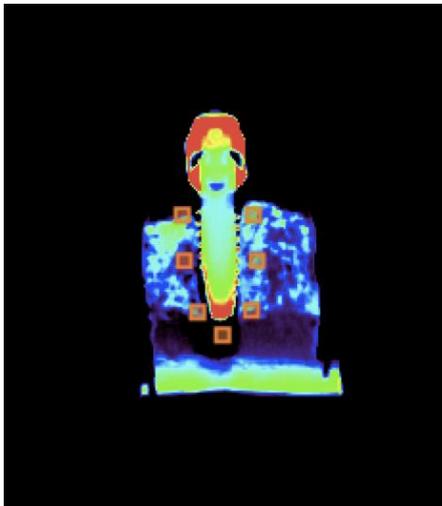


Fig. 239. Imagen de muestra con 7 ROIs XXV. ROI 1 en la mitad superior se observó negro en la escala de color y la mitad inferior verde. ROI 2, 4 y 6 color verde con matices azules. ROI 3 y 5 morado y azul. ROI 7 color negro.

## 4.3.26. Imagen de muestra número: P2MI-8907

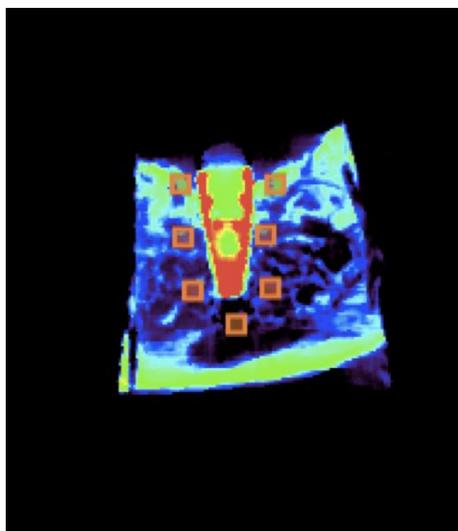


Fig. 240. Imagen de muestra con 7 ROIs XXVI. ROI 1 y 2 correspondió con el verde en la escala de color. ROI 3, 4, 5 y 6 color azul y verde. ROI 7 morado y negro.

## 4.3.27. Imagen de muestra número: M1MD-8659

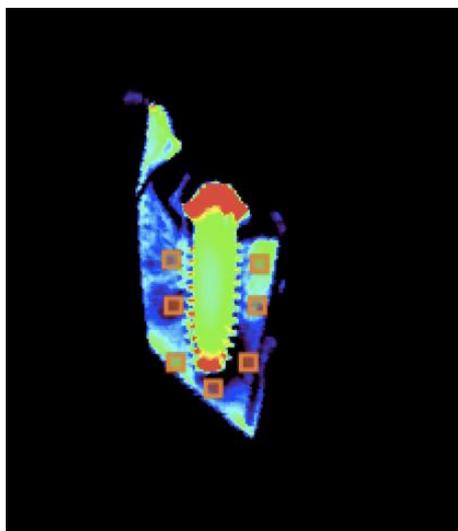


Fig. 241. Imagen de muestra con 7 ROIs XXVII. ROI 1 y 3 se observó verde y azul. ROI 2, 4 y 5 color verde. ROI 6 y 7 morado y negro.

## 4.3.28. Imagen de muestra número: P4MD-8659

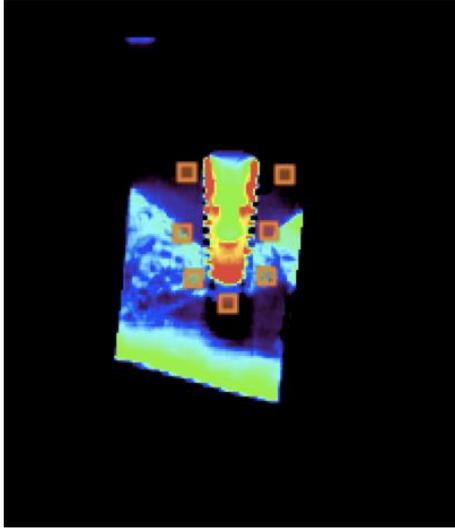


Fig. 242. Imagen de muestra con 7 ROIs XXVIII. ROI 1, 2 y 7 color negro. ROI 3 y 4 color morado en la zona superior y color azul en la zona inferior. ROI 5 color azul. ROI 8 color morado con leves matices azules.

## 4.3.29. Imagen de muestra número: P3MD-8659

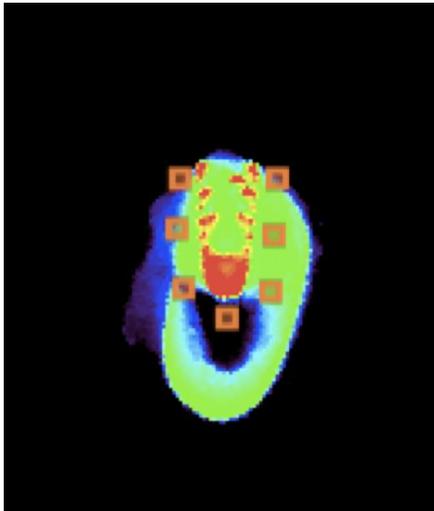


Fig. 243. Imagen de muestra con 7 ROIs XXIX. ROI 1, 2 y 3 se observó en la zona más cercana al implante verde en la escala de color y en la zona más alejada

morado y negro. ROI 4 y 6 color verde. ROI 5 en la zona superior y más cercana al implante verde y en la zona inferior negro. ROI 7 negro.

4.3.30. Imagen de muestra número: M1MI-8659

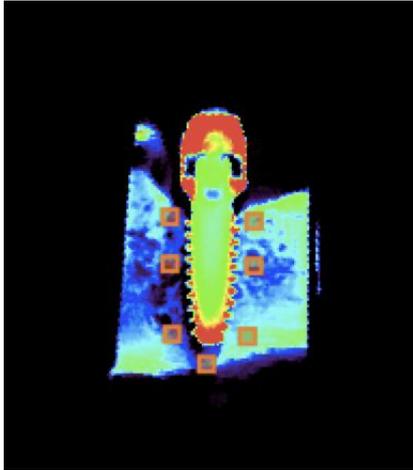


Fig. 244. Imagen de muestra con 7 ROIs XXX. ROI 1, 3, 5 y 7 correspondió con el color azul y levemente negro en la zona más cercana al implante. ROI 2, 4 y 6 color verde.

4.3.31. Imagen de muestra número: P4MI-8659

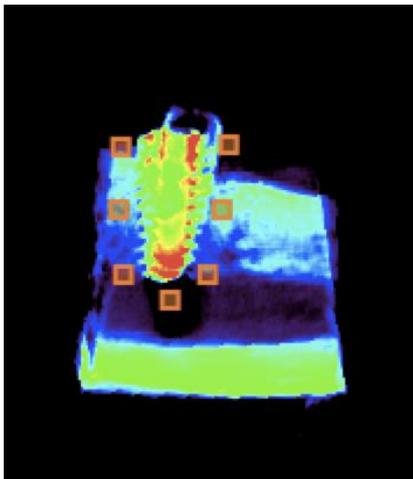


Fig. 245. Imagen de muestra con 7 ROIs XXXI. ROI 2 y 7 de color negro. ROI 1 color negro y levemente en la zona inferior más cercana al implante verde. ROI 3 y 4 color verde. ROI 5 y 6 color morado. ROI 7 negro.

## 4.3.32. Imagen de muestra número: P3MI-8659

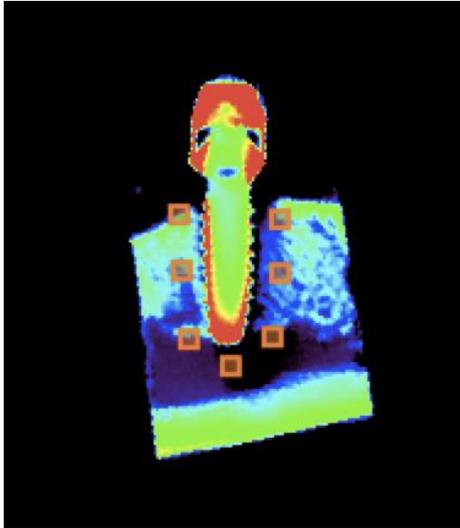


Fig. 246. Imagen de muestra con 7 ROIs XXXII. ROI 1 en la zona superior sutilmente se observó el color negro y en la zona inferior y más cercana al implante verde. ROI 2, 4 y 5 color azul. ROI 3 verde. ROI 6 y 7 negro.

## 4.3.33. Imagen de muestra número: P2MI-8659

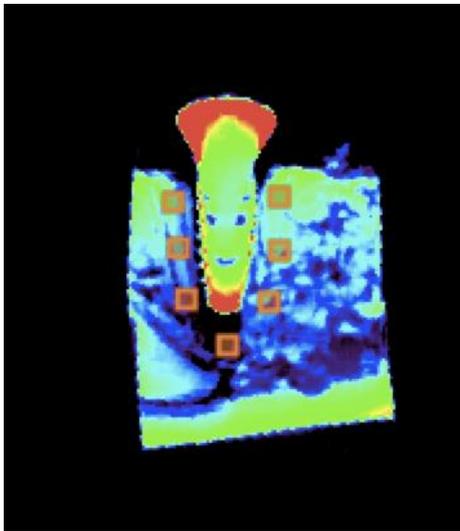


Fig. 247. Imagen de muestra con 7 ROIs XXXIII. ROI 1, 2, 3, 4 color verde es decir óptima calidad ósea. ROI 5 color negro la zona más cercana al implante y azul

la zona más alejada. ROI 6 color azul. ROI 7 color negro reflejando la ausencia ósea debido a la presencia del canal mandibular.

#### 4.4 Resultados del análisis estadístico de ROIs

En las figuras se observaron los 7 ROIs de los cuales fueron obtenidos datos estadísticos. En el análisis descriptivo las variables se resumen con media y desviación estándar y se ilustran con boxplot. Con el objetivo de conocer el contacto hueso implante se utiliza un modelo de regresión lineal mixto con medidas repetidas donde se incluyó como variable la posición del ROI. Pero no se encontraron evidencias en ninguno de los términos de interacción. Siendo el nivel de significación estadística considerado es  $p \leq 0.05$ . El tratamiento de datos se hace con el software estadístico R (versión 4.0.1).

##### 4.4.1. Resultado del análisis por ROI

Al analizar todos los ROI de todas las muestras se observó en la distribución de densidad por ROI, como ROI 3 y 4 situado en la zona media en anterior y posterior del implante presentan mejor contacto hueso implante que el resto. Seguido de ROI 5 y 6 en la zona apical anterior y posterior, a continuación, se encuentran los valores de ROI 1 y 2. Por último ROI 7, situado en apical, siendo el único que se observó en la gráfica con valores por debajo de 0, por tanto, siendo el que menor tejido óseo presenta alrededor de la muestra (Fig. 248)

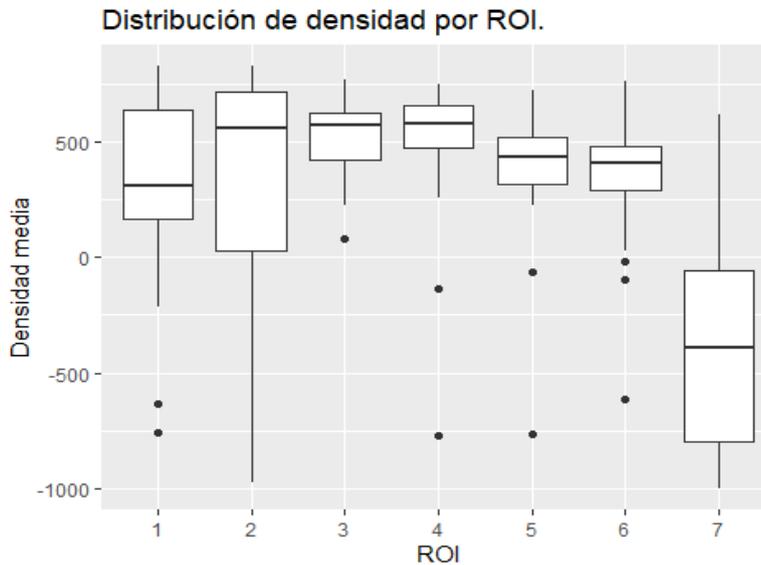


Fig. 248. Refleja la distribución de la densidad ósea en cada ROI que rodea a cada muestra.

Tras la comparación de todas las muestras fue generada una tabla (Tabla 5), con el fin de obtener un valor numérico para cada ROI y comparar los 7 ROI entre ellos involucrando todos los valores de todas las muestras. Es decir, se analizó el ROI 1 de todas las muestras, seguidamente se analizó el ROI 2 de todas las muestras y así sucesivamente. Por ende, la densidad ósea media generada en ROI 1 en las muestras fue, 325.59. Con una confianza del 95% se estimó que dicha densidad podía ser cualquier valor entre 209.76 y 441.41. Ligeramente menor, en ROI 2 la densidad ósea media obtenida fue, 321.62 con una confianza del 95% la densidad podía ser cualquier valor entre 189.30 y 460.94. Se observó como en todas las muestras en ROI 3 y 4 aumenta considerablemente la densidad ósea media generada. En ROI 3 la media fue, 518.52 con una confianza del 95% dicha densidad correspondiendo entre valores, 471.99 y 565.05. Levemente se observó un valor mayor en ROI 4, en las muestras fue, 532.82, la densidad correspondiendo entre cualquier valor, 464.06 y 601.57. Se observó como la densidad ósea media en ROI 5 y 6 en las muestras, siendo menor que ROI 3 y 4 pero mayor que ROI 1 y 2. Correspondiendo ROI 5 con una media de 381.46 con densidad ósea entre los valores 299.44 y 463.47. Ligeramente mayor ROI 6, con la densidad ósea media generada de 377.19 con valores

entre 307.06 y 447.33. Por último, la densidad ósea media generada en ROI 7 fue, -334.52. Observándose en todas las muestras valores bajos y negativos. Debido a la ausencia ósea en la zona más apical de los implantes de muestra, por la presencia del nervio dentario inferior. Con una confianza del 95% se estimó dicha ausencia de densidad ósea en cualquier valor entre -477.25 y -191.78.

Tabla 5. Media, desviación típica, tamaño muestral e intervalo de confianza al 95% para la media ósea en cada ROI. Por tanto, la densidad ósea media generada en ROI 1 en la imagen de la muestra es, 325.59. Con una confianza del 95% se estima que dicha densidad puede ser cualquier valor entre 209.76 y 441.41

| ROI | Media   | SD     | N  | Inf95%  | Sup95%  |
|-----|---------|--------|----|---------|---------|
| 1   | 325.59  | 409.42 | 48 | 209.76  | 441.41  |
| 2   | 321.62  | 492.47 | 48 | 182.30  | 460.94  |
| 3   | 518.52  | 164.47 | 48 | 471.99  | 565.05  |
| 4   | 532.82  | 243.03 | 48 | 464.06  | 601.57  |
| 5   | 381.46  | 289.90 | 48 | 299.44  | 463.47  |
| 6   | 377.19  | 247.91 | 48 | 307.06  | 447.33  |
| 7   | -334.52 | 504.52 | 48 | -477.25 | -191.78 |

En la figura 249 desviación media e intervalo de confianza al 95% de la densidad ósea de todas las muestras en cada ROI. Se observó como ROI 1, 2, 3, 4, 5 y 6 los valores son positivos. Y en ROI 7 los valores son negativos, debido a la ausencia ósea en dicha área apical, siendo además el ROI 7 con la mayor desviación típica de, 504.52. Se observó como la mayor densidad ósea es en ROI 3 y 4 representando la menor desviación típica, sobre todo en ROI 3 de 164.47 y a continuación ROI 4 de 243.03. Seguidamente la mayor densidad ósea generada fue en ROI 5 y 6, con una desviación típica en ROI 5 de 289.90 y ROI 6 de 247.91. La mayor desviación típica, después de ROI 7, se observó en ROI 2, 492.47. Seguido de ROI 1, 409.42.

Siendo ambos ROI 1 y 2 en los que se observó menor tejido óseo alrededor de los implantes de muestra, después de ROI 7.

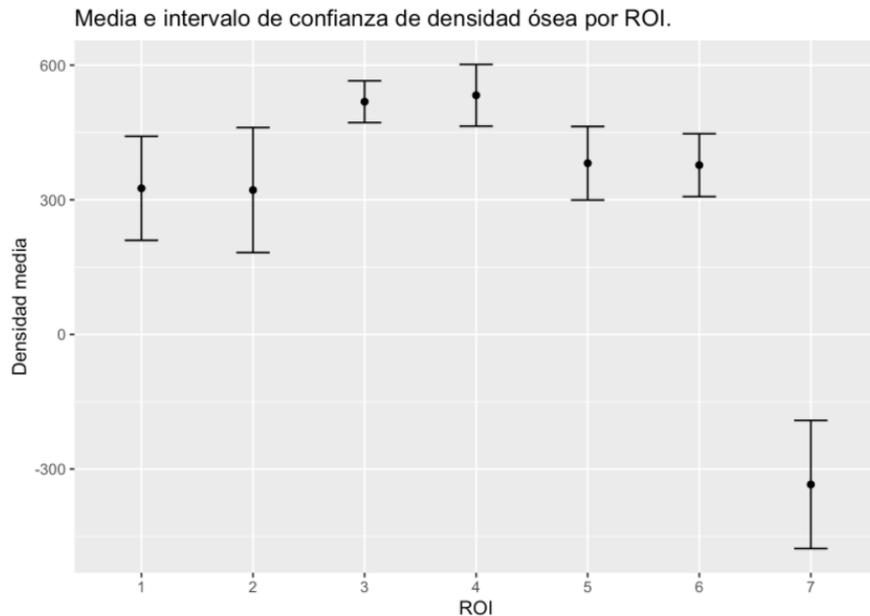


Figura 249. Media e Intervalo de confianza al 95% de la densidad ósea en caso ROI

#### 4.4.2. Resultado del análisis por ROI y tipo de muestra

Fueron analizadas todas las muestras comparando implante de dos partes e implantes monobloque (Fig. 250). Y no se encontraron evidencias de que la densidad ósea en cada ROI sea distinta según el tipo de implante de muestra. La representación con color rojo hace referencia al implante monobloque y la representación azul al implante en dos partes.

En ROI 1, ligeramente en el implante en dos partes se observó mayor densidad ósea periimplantaria. En ROI 2, en cambio, levemente el tejido óseo generado fue mayor en los implantes monobloque. En ROI 3 prácticamente en los dos tipos

de implantes se observó la misma densidad ósea, siendo muy ligeramente mayor en implantes de dos partes. En ROI 4, los implantes monobloque represento ligeramente mayor densidad. ROI 5 se observó mayor densidad ósea periimplantaria en los implantes monobloque. En ROI 6, presentó una densidad ósea muy similar en ambos implantes siendo mayor en los implantes monobloque. Por último, ROI 7, con valores negativos en ambos implantes, pero siendo más negativos en los implantes monobloque pero en ambos se observó la ausencia ósea.

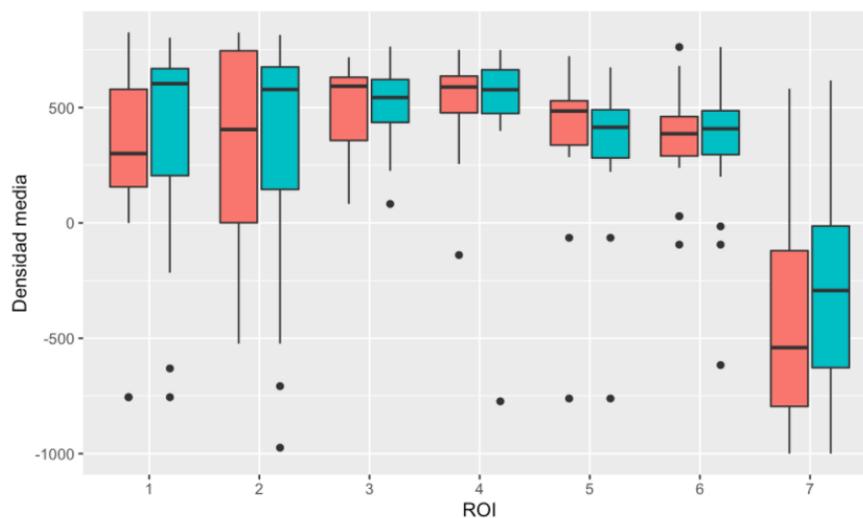


Fig. 250. Distribución de la densidad ósea en cada ROI según el tipo de muestra.

En la Tabla 6, no se observaron diferencias significativas entre los implantes monobloques y los implantes en dos partes. Siendo el tamaño de la muestra de: 25 implantes monobloques y 23 implantes de dos partes. Pero como se comentó en la figura 1, la zona media, ROI 3 y 4, presentó mayor contacto hueso implante. Seguido de la zona apical, ROI 5 y 6. A continuación la zona coronal, ROI 1 y 2. Y por último la zona más apical, ROI 7.

Por tanto, la densidad media generada en ROI 1 en las muestras de implantes monobloques fue, 275.63. Con confianza del 95% se estimó que dicha densidad podía ser cualquier valor entre 123.12 y 428.13. Siendo ligeramente mayor en el ROI 1 de los implantes en dos partes, 379.89. Con la densidad ósea media entre los valores, 203.13 y 556.65.

En ROI 2, la densidad ósea media en los implantes monobloques fue, 319.48. Con un intervalo de confianza del 95% la densidad se encuentra entre 143.34 y 495.62. Se observó en los implantes de dos partes una media de, 323.94 con valores entre 100.90 y 546.50.

En ROI 3, la densidad ósea media periimplantaria en implantes monobloque fue, 517.16. Comprendiendo la densidad cualquier valor entre 449.82 y 584.50. Siendo ligeramente mayor la densidad ósea generada en implantes de dos partes, 520.0. Con confianza del 95% se estimó que la densidad podía ser cualquier valor entre 454.61 y 585.38.

La densidad ósea media generada en ROI 4 fue mayor en los implantes monobloque de, 546.15. Con confianza del 95% la densidad podía comprender cualquier valor entre 474.06 y 618.24. Se observó en implantes de dos partes que la densidad media fue 518.32, en un intervalo de valores de 396.49 y 640.15.

En ROI 5 la densidad ósea media generada alrededor de la superficie de los implantes fue mayor en los implantes monobloque, 414.26. Con confianza del 95% se estimó que dicha densidad podía ser cualquier valor entre 298.86 y 529.67. En los implantes de dos partes la densidad media fue, 345.79. Correspondiendo a cualquier valor entre 228.44 y 463.15.

La densidad media en ROI 6 fue mayor en los implantes monobloque, 388.38. Que podía ser cualquier valor entre 308.59 y 468.17. Se observó en los implantes en dos partes una densidad ósea media de, 365.04. Con confianza del 95% se consideró que podía ser cualquier valor entre 245.32 y 484.76.

La densidad ósea media en ROI 7 en ambos implantes corresponde con valores negativos. En los implantes monobloque se observaron valores negativos más altos, -359.81. Con confianza del 95% se estimó que la densidad podía ser cualquier valor entre -572.54 y -147.08. En los implantes de dos partes la densidad media obtenida fue -307.02 correspondiendo a cualquier valor entre -499.15 y -114.89.

Tabla 6. Media, desviación típica, tamaño muestral e intervalo de confianza al 95% para la media ósea en cada ROI según el tipo de muestra.

| ROI | Tipo de implante | Media   | SD     | N  | Inf95%  | Sup95%  |
|-----|------------------|---------|--------|----|---------|---------|
| 1   | Monobloque       | 275.63  | 389.05 | 25 | 123.12  | 428.13  |
| 1   | En dos partes    | 379.89  | 432.51 | 23 | 203.13  | 556.65  |
| 2   | Monobloque       | 319.48  | 449.34 | 25 | 143.34  | 495.62  |
| 2   | En dos partes    | 323.94  | 545.76 | 23 | 100.90  | 546.99  |
| 3   | Monobloque       | 517.16  | 171.78 | 25 | 449.82  | 584.50  |
| 3   | En dos partes    | 520.00  | 159.98 | 23 | 454.61  | 585.38  |
| 4   | Monobloque       | 546.15  | 183.90 | 25 | 474.06  | 618.24  |
| 4   | En dos partes    | 518.32  | 298.10 | 23 | 396.49  | 640.15  |
| 5   | Monobloque       | 414.26  | 294.40 | 25 | 298.86  | 529.67  |
| 5   | En dos partes    | 345.79  | 287.14 | 23 | 228.44  | 463.15  |
| 6   | Monobloque       | 388.38  | 203.54 | 25 | 308.59  | 468.17  |
| 6   | En dos partes    | 365.04  | 292.94 | 23 | 245.32  | 484.76  |
| 7   | Monobloque       | -359.81 | 542.68 | 25 | -572.54 | -147.08 |
| 7   | En dos partes    | -307.02 | 470.11 | 23 | -499.15 | -114.89 |

Asimismo, en la figura 251, no se encuentran evidencias de que la densidad ósea en cada ROI sea diferente en implantes monobloques o implantes en dos partes. Se observó en ROI 7 de ambos implantes la mayor desviación típica de todas las muestras. Siendo en los implantes monobloque ligeramente mayor, 542.68. Y la desviación típica en implantes en dos partes fue, 470.11. Seguidamente la mayor desviación típica se observó en el ROI 2, siendo mayor para los implantes de dos partes, 545.76 y menor para los implantes monobloque, 449.34. A continuación, en ROI 1 la desviación típica para los implantes monobloque, 389.05 fue menor comparado con los implantes en dos partes, 432.51. Seguidamente la mayor desviación

típica se observa en la zona apical, en ROI 5 corresponde a 294.40 en implantes monobloque y 287.14 en implantes en dos partes. Por ende, la zona con menor desviación típica fue la zona central del implante, es decir ROI 3 y 4. Siendo en ROI 3 en implantes monobloque 171.78 mayor que la desviación típica en implantes de dos partes, 159.98. Se observó en ROI 4 en implantes monobloque una desviación típica menor, 183.90 que implantes en dos partes 298.10.

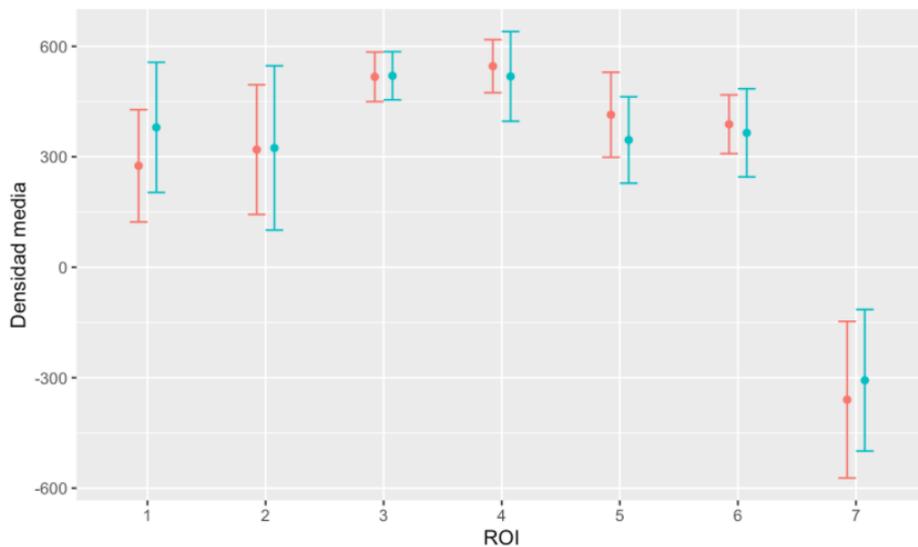


Fig. 251. Media e Intervalo de confianza al 95% en cada ROI según el tipo de muestra.

#### 4.4.3. Resultado del análisis por ROI, posición y tipo de muestra

Los implantes de la muestra, tanto monobloque como en dos partes, fueron colocados en modelos de estudio, en concreto perros Beagle, en posición de: segundo premolar (P2), tercero premolar (P3), cuarto premolar (P4) y primer molar (M1). Según la posición fueron divididos en dientes anteriores: segundo premolar (P2) y tercer premolar (P3). Y dientes posteriores: cuarto premolar (P4) y primer molar (M1).

No se encontraron evidencias de que la densidad ósea en cada ROI fuera distinta, en cada posición, según el tipo de implante de muestra. Se observó que en los dientes posteriores (M1 y P4) la densidad es similar en los ROI 1 hasta 6. En dientes anteriores (P2 y P3) se apreció mayor densidad ósea en ROI 3 Y 4. Siendo en todos los casos, anterior y posterior, la menor densidad en ROI 7.

En la figura 252, en ROI 1 se observó mayor densidad media periimplantaria en la zona posterior (P4 y M1) en comparación con la zona anterior. En concreto en implante en dos partes en la zona posterior presentó la mayor densidad ósea.

En ROI 2, la mayor densidad ósea generada alrededor de los implantes de muestra fue en la zona posterior versus la zona anterior. Exactamente el implante con mejores valores fue el monobloque en la zona posterior.

Se observó en ROI 3, la mayor densidad ósea periimplantaria en la zona anterior (P2 y P3) del modelo de muestra. Siendo los valores más altos en la media ósea en el implante en dos partes en la zona anterior.

ROI 4, la densidad ósea media fue mayor en la zona anterior. Con valores levemente mayores el implante anterior en dos partes presentó mayor densidad ósea alrededor de los implantes de muestra colocados.

ROI 5, se observó la densidad ósea media alrededor de las muestras siendo mayor en anterior que en la zona posterior. Sobre todo, en los implantes monobloque frente a los implantes en dos partes.

ROI 6, se observó mayor densidad media en la zona posterior. Destacando el implante monobloque debido al mayor valor de densidad media.

En ROI 7, presentó en anterior y posterior valores negativos. Siendo la mayor densidad ósea generada en anterior, en concreto en los implantes monobloque. En contrapartida, los implantes monobloque son los que presenta mayor pérdida ósea en la zona anterior. Es decir, de menor a mayor pérdida ósea en ROI 7 podemos clasificar los implantes según la zona colocada en: Implante monobloque colocado en posterior; implante en dos partes en la zona posterior; implante en dos partes en la zona anterior e implante monobloque en anterior.

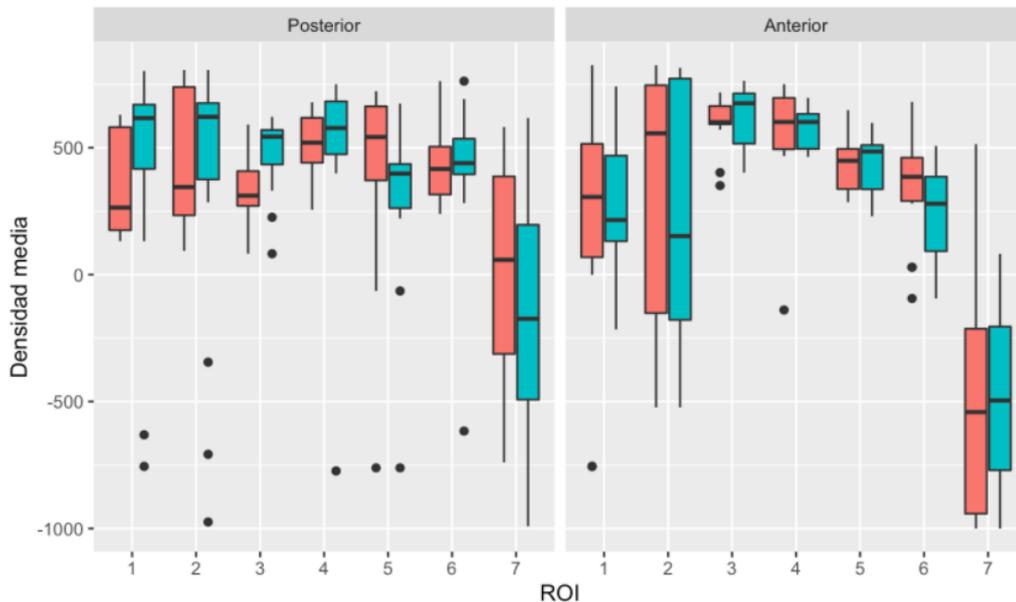


Fig. 252. Distribución de la densidad ósea en cada ROI según el tipo de muestra y posición. Rojo: implante en dos partes; Azul: implantes en dos partes

En la Tabla 7, no se encontraron hallazgos significativos entre la posición anterior (P2 y P3) y posterior (P4 y M1) de los implantes. En la Tabla 2, tampoco se encontraron evidencias significativas entre implantes monobloques e implantes en dos partes.

Por ende, la densidad media generada en ROI 1 en las muestras de implantes fue de mayor a menor densidad: En implantes de dos partes en posterior con valores de, 424.74. Con confianza del 95% se estimó que dicha densidad podía ser cualquier valor entre 193.89 y 655.59. Seguido de los implantes monobloques en la zona posterior fue, 349.87. Con densidad entre valores de 202.88 y 496.86. A continuación, los implantes en dos partes colocados en la zona anterior, 277.37 con un amplio rango de valores entre 27.94 y 526.80. Por último, el implante con menor densidad media generada fue el implante monobloque en la zona anterior, 240.69 que podía ser cualquier valor entre 26.35 y 455.03.

Haciendo referencia a ROI 2, la comparación de mayor a menor la densidad media generada alrededor de los implantes de muestra colocados en posición

anterior y posterior fue: En primer lugar, el implante monobloque colocado en posición en posterior presentó la mayor densidad media, 444.46, con confianza del 95% se estimó que dicha densidad podía ser cualquier valor entre 244.18 y 644.74. Seguido del implante en dos partes colocado en posición posterior, 363.71 con valores entre 97.35 y 630.08. En tercer lugar, el implante monobloque colocado en anterior, 260.66 que podía presentar cualquier valor en el rango de 20.69 y 500.63. En última posición, el implante en dos partes en anterior presentó la menor densidad ósea periimplantaria, 233.04 con valores entre -198.61 y 664.69. Llamando la atención el amplio rango de valores y desviación típica tan marcada.

En ROI 3, la mayor densidad media generada fue en el implante en dos partes colocado en anterior, 614.28. Con confianza del 95% se estimó que dicha cantidad podía ser cualquier valor entre, 508.53 y 720.02. En segundo lugar, la mayor densidad ósea periimplantaria fue el implante monobloque en la posición anterior, 600.34 con valores entre 555.14 y 645.55. Seguidamente, el implante en dos partes colocado en posterior presentó una densidad media de 478.75, pudiendo ser cualquier valor entre 403.76 y 553.74. Por último, la menor densidad media se observó en el implante monobloque en posterior, 340.40. Con 95% de confianza podía ser cualquier valor entre 224.47 y 456.32.

En ROI 4, de mayor a menor densidad media ósea generada alrededor de los implantes de estudio se observó en primer lugar a los implantes en dos partes en posición anterior, 574.12. Con un 95% de confianza la cantidad de densidad podía encontrarse en cualquier valor entre, 507.30 y 640.94. A continuación, el implante con mayor densidad media fue el monobloque en posición anterior, 562.95 con valores entre 465.89 y 660.00. Seguido, en tercer lugar, del implante monobloque colocado en posición posterior, 510.45 pudiendo ser cualquier valor entre 416.11 y 604.79. En última posición con menor densidad ósea se observó el implante en dos partes colocado en posterior, 493.91. Con confianza del 95% la densidad podía encontrarse en valores entre 320.68 y 667.15.

Referenciando al ROI 5, la mayor densidad ósea periimplantaria se observó en el implante monobloque anterior, 442.20. Presentando una confianza del 95% encontrándose la densidad en cualquier valor entre, 391.09 y 493.30. Seguido del implante en dos partes en la posición anterior, 429.29 pudiendo ser cualquier valor

entre 330.45 y 528.14. A continuación, la densidad ósea media generada en implantes monobloque en posterior, 354.91 con valores entre -1.69 y 711.51. En último lugar, la menor densidad ósea media se observa en los implantes en dos partes en posterior, 309.26 con intervalo de confianza del 95% se estima que podían encontrarse los valores entre 147.40 y 471.13

En ROI 6 de mayor a menor densidad ósea media neoformada alrededor de los implantes colocados, encontramos en primer lugar al implante monobloque colocado en posterior, 442.14. Con un 95% de confianza se estimó que dicha cantidad podía ser cualquier valor entre 318.47 y 565.81. En segundo lugar, se observó el implante en dos partes colocado en posición posterior, 421.69. Dicha densidad podía ser cualquier valor entre 271.23 y 572.16. En tercer lugar, el implante monobloque en anterior, 363.08 con valor entre 261.03 y 465.13. En cuarto y último lugar, el implante con menor densidad ósea media fue el implante en dos partes anterior, 235.54 con intervalo de confianza del 95% se estima que se podía encontrar en los valores entre 68.59 y 402.49

ROI 7, todos los valores fueron negativos traduciéndose en ausencia ósea debido a la presencia del nervio dentario inferior. En todas las muestras, se observó un rango de desviación típica muy amplio. Dentro de los valores negativos la mayor densidad media fue en implantes monobloque en posición posterior, -17.81. Se estimó que dicha cantidad podía ser cualquier valor entre -373.93 y 338.38. En segundo lugar, observamos el implante en dos partes en posición posterior, -231.10 con intervalo de valores entre -468.89 y 6.68. En tercer lugar, la muestra con mayor densidad ósea fue el implante en dos partes colocado en anterior, -480.55 que se estima que podía encontrarse en valores entre -787.00 y -174.11. En cuarto y último lugar, dentro de los valores negativos del ROI 7 la muestra con menor densidad media ósea fue el implante monobloque colocado en posición anterior, -520.75. Con confianza del 95% se estimó que dicha densidad podía ser cualquier valor entre -753.73 y -287.77.

Tabla 7. Media, desviación típica, tamaño muestral e intervalo de confianza al 95% para la media ósea en cada ROI según el tipo y posición de la muestra.

| ROI | Posicion  | Tipo de implante | Media  | SD     | N  | Inf95%  | Sup95% |
|-----|-----------|------------------|--------|--------|----|---------|--------|
| 1   | Posterior | Monobloque       | 349.87 | 212.11 | 8  | 202.88  | 496.86 |
| 1   | Posterior | En dos partes    | 424.74 | 471.13 | 16 | 193.89  | 655.59 |
| 1   | Anterior  | Monobloque       | 240.69 | 450.89 | 17 | 26.35   | 455.03 |
| 1   | Anterior  | En dos partes    | 277.37 | 336.69 | 7  | 27.94   | 526.80 |
| 2   | Posterior | Monobloque       | 444.46 | 289.02 | 8  | 244.18  | 644.74 |
| 2   | Posterior | En dos partes    | 363.71 | 543.60 | 16 | 97.35   | 630.08 |
| 2   | Anterior  | Monobloque       | 260.66 | 504.80 | 17 | 20.69   | 500.63 |
| 2   | Anterior  | En dos partes    | 233.04 | 582.67 | 7  | -198.61 | 664.69 |
| 3   | Posterior | Monobloque       | 340.40 | 167.29 | 8  | 224.47  | 456.32 |
| 3   | Posterior | En dos partes    | 478.75 | 153.05 | 16 | 403.76  | 553.74 |
| 3   | Anterior  | Monobloque       | 600.34 | 95.10  | 17 | 555.14  | 645.55 |
| 3   | Anterior  | En dos partes    | 614.28 | 142.74 | 7  | 508.53  | 720.02 |
| 4   | Posterior | Monobloque       | 510.45 | 136.14 | 8  | 416.11  | 604.79 |
| 4   | Posterior | En dos partes    | 493.91 | 353.54 | 16 | 320.68  | 667.15 |
| 4   | Anterior  | Monobloque       | 562.95 | 204.17 | 17 | 465.89  | 660.00 |
| 4   | Anterior  | En dos partes    | 574.12 | 90.20  | 7  | 507.30  | 640.94 |

|   |           |               |         |        |    |         |         |
|---|-----------|---------------|---------|--------|----|---------|---------|
| 5 | Posterior | Monobloque    | 354.91  | 514.60 | 8  | -1.69   | 711.51  |
| 5 | Posterior | En dos partes | 309.26  | 330.34 | 16 | 147.40  | 471.13  |
| 5 | Anterior  | Monobloque    | 442.20  | 107.50 | 17 | 391.09  | 493.30  |
| 5 | Anterior  | En dos partes | 429.29  | 133.43 | 7  | 330.45  | 528.14  |
| 6 | Posterior | Monobloque    | 442.14  | 178.46 | 8  | 318.47  | 565.81  |
| 6 | Posterior | En dos partes | 421.69  | 307.07 | 16 | 271.23  | 572.16  |
| 6 | Anterior  | Monobloque    | 363.08  | 214.67 | 17 | 261.03  | 465.13  |
| 6 | Anterior  | En dos partes | 235.54  | 225.36 | 7  | 68.59   | 402.49  |
| 7 | Posterior | Monobloque    | -17.81  | 513.92 | 8  | -373.93 | 338.32  |
| 7 | Posterior | En dos partes | -231.10 | 485.28 | 16 | -468.89 | 6.68    |
| 7 | Anterior  | Monobloque    | -520.75 | 490.10 | 17 | -753.73 | -287.77 |
| 7 | Anterior  | En dos partes | -480.55 | 413.66 | 7  | -787.00 | -174.11 |

En la figura 253, se observó que no se encuentran evidencias de que la densidad ósea en cada ROI sea distinta según el tipo de implante de muestra o la posición anterior o posterior.

En ROI 1 se observó una menor desviación típica en los implantes monobloque colocado en sector posterior. Seguido de los implantes en dos partes en anterior. La mayor desviación típica se observó en los implantes en dos partes colocado en posterior, seguido de los implantes monobloque colocado en anterior.

En ROI 2 la desviación típica más marcada se observó en los implantes en dos partes en anterior; siendo la mayor desviación atípica de todos los valores. Seguido de los implantes de dos partes en posición posterior; a continuación, los implantes monobloque en anterior y por último la menor desviación típica se observó en los implantes monobloque en posición anterior.

ROI 3, la mayor desviación típica se observó en implantes monobloque posterior, muy similar, aunque con menor valor a la desviación de implantes en dos partes en posición posterior y anterior. Presentó la menor desviación típica los implantes monobloque colocados en anterior.

ROI 4, se observó la mayor a menor desviación típica, siendo la mayor desviación en implantes de dos partes colocados en posterior; seguido de los implantes monobloque en anterior; a continuación, los implantes monobloques colocados en posterior, por último, la menor desviación típica se observó en implantes de dos partes colocados en anterior.

ROI 5, la mayor desviación típica con diferencia se observó en los implantes monobloque colocados en la posición posterior; a continuación, los implantes de dos partes colocados en posterior. Seguidamente con valores similares los implantes colocados en anterior, se observa una mayor desviación típica en implantes de dos partes, seguidos de los implantes monobloques.

ROI 6, la mayor desviación típica se observa en implantes de dos partes en posterior, seguidos los implantes de dos partes en anterior, con valores muy similares a los implantes monobloques en anterior. Se observó la menor desviación típica en implantes monobloques en posterior.

En ROI 7 todas las desviaciones típicas son con un rango de valores elevado. Siendo la mayor desviación en implantes monobloque colocados en posterior, a continuación, los implantes monobloque en anterior, seguido de los implantes de dos partes en posterior y por último la menor desviación típica se observa en implantes de dos partes en anterior.

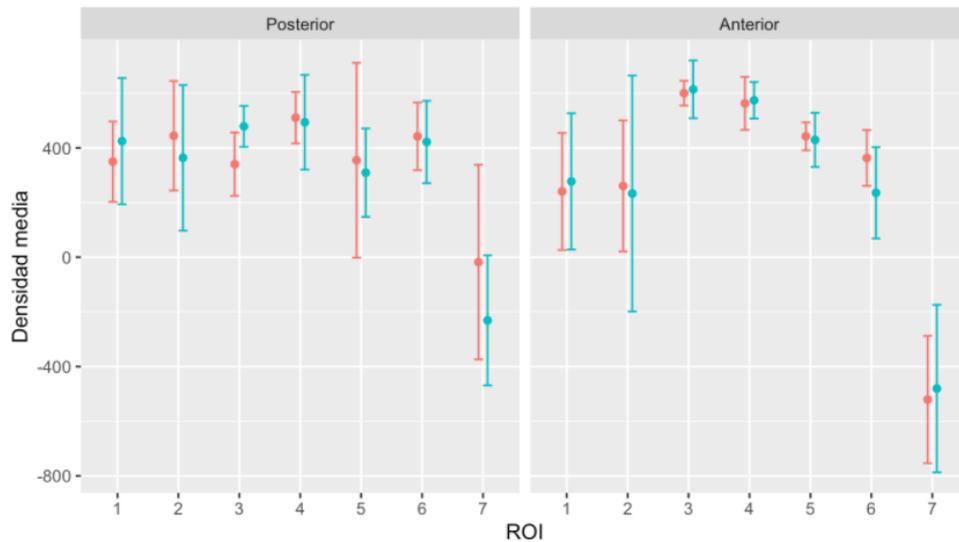


Fig. 253. Media e Intervalo de confianza al 95% en cada ROI según el tipo y posición de muestra.

#### 4.4.4. Modelo de regresión sin interacción. Modelo 1

- NO se encuentran evidencias significativas de que:
  - La densidad ósea generada, en promedio ( $p$ -valor = 0.652) con los dos tipos de implantes de muestra sea distinta. No obstante, en la muestra el implante de dos partes generó, en promedio, 19.20 unidades menos de densidad ósea que el implante monobloque.
  - La densidad ósea generada depende de la posición del implante ( $p$ -valor= 0.225), aunque en l
  - a muestra los implantes situados en los dientes anteriores (P2, P3) generaron, en promedio, 59.49 unidades menos.
- Encontramos evidencias significativas de que:

- Se encontraron evidencias significativas de que la densidad ósea generada en el ROI 3 y ROI 4 es superior a la generada en el ROI 1 (p-valor=0.008 y p-valor=0.004, respectivamente). En particular tenemos una confianza del 95 % en que la densidad generada por el ROI 3 supera a la del ROI 1 entre 50.35 y 335.52 unidades y de que la densidad generada por el ROI 4 supera a la del ROI 1 entre 64.65 y 349.81 unidades.
- Se encontraron evidencias significativas de que la densidad ósea generada en ROI 7 es inferior a la generada en el ROI 1 (p-valor <.001)

| <i>Predictors</i>      | <i>Estimates</i> | <i>media</i>      |  | <i>p</i>         |
|------------------------|------------------|-------------------|--|------------------|
|                        |                  | <i>CI</i>         |  |                  |
| (Intercept)            | 357.48           | 216.65 – 498.32   |  | <b>&lt;0.001</b> |
| Implante En dos partes | -19.20           | -102.68 – 64.29   |  | 0.652            |
| posicion [Anterior]    | -58.49           | -152.88 – 35.90   |  | 0.225            |
| roi [2]                | -3.97            | -146.55 – 138.61  |  | 0.956            |
| roi [3]                | 192.93           | 50.35 – 335.52    |  | <b>0.008</b>     |
| roi [4]                | 207.23           | 64.65 – 349.81    |  | <b>0.004</b>     |
| roi [5]                | 55.87            | -86.71 – 198.45   |  | 0.442            |
| roi [6]                | 51.61            | -90.97 – 194.19   |  | 0.478            |
| roi [7]                | -660.10          | -802.68 – -517.52 |  | <b>&lt;0.001</b> |

Fig. 254. Modelo de regresión sin interacción

#### 4.4.5. Modelo de regresión con interacción. Modelo 2

Para comprobar si la diferencia de densidad ósea media entre las muestras de estudio depende de otras variables como ROI, se añaden al modelo-1 términos

de interacción. No se encuentran evidencias en ninguno de los términos de interacción. Por tanto el modelo de referencia es el modelo-1.

| <i>Predictors</i>                               | <i>Estimates</i> | <i>media</i>      |  | <i>p</i>         |
|---|------------------|-------------------|--|------------------|
|   |                  | <i>CI</i>         |  |                  |
| (Intercept)                                     | 272.99           | 87.86 – 458.12    |  | <b>0.004</b>     |
| Implante En dos partes                          | 147.74           | -103.83 – 399.32  |  | 0.250            |
| posicion [Anterior]                             | -64.83           | -208.09 – 78.42   |  | 0.375            |
| roi [2]   | 43.85            | -155.92 – 243.62  |  | 0.667            |
| roi [3]   | 241.54           | 41.76 – 441.31    |  | <b>0.018</b>     |
| roi [4]   | 270.52           | 70.75 – 470.29    |  | <b>0.008</b>     |
| roi [5]   | 138.64           | -61.13 – 338.41   |  | 0.174            |
| roi [6]   | 112.75           | -87.02 – 312.53   |  | 0.269            |
| roi [7]   | -635.43          | -835.21 – -435.66 |  | <b>&lt;0.001</b> |
| Implante En dos partes*po-<br>sición [Anterior] | 1.58             | -193.20 – 196.36  |  | 0.987            |
| Implante En dos partes*ROI [2]                  | -99.80           | -388.39 – 188.80  |  | 0.498            |
| Implante En dos partes*ROI [3]                  | -101.43          | -390.03 – 187.17  |  | 0.491            |
| Implante En dos partes*ROI [4]                  | -132.09          | -420.68 – 156.51  |  | 0.370            |
| Implante En dos partes*ROI [5]                  | -172.73          | -461.33 – 115.86  |  | 0.241            |
| Implante En dos partes*ROI [6]                  | -127.61          | -416.20 – 160.99  |  | 0.386            |
| Implante En dos partes*ROI [7]                  | -51.48           | -340.08 – 237.12  |  | 0.727            |

Fig. 255. Modelo de regresión con interacción

## 5 DISCUSIÓN



## 5. DISCUSIÓN

Actualmente para conocer la interfase hueso-implante y valorar la viabilidad del hueso alveolar para la posterior colocación de un implante existen test clínicos invasivos y no invasivos. No siendo posible justificar el uso de test clínicos invasivos en humanos y además en las técnicas invasivas siendo necesario el sacrificio de animales por tanto con el fin de evitarlo se intenta sustituir dichas prácticas por técnicas no invasivas constituyendo a dicha premisa el estudio mediante el microCT.

Aludiendo a los test clínicos invasivos. En las técnicas histopatológicas siendo necesario tomar una muestra y realizar mediciones al microscopio histológicas e histomorfométricas. Y para el método diseñado por Johansson y Albrektsson siendo necesario la retirada del implante ya que mide el torque necesario para romper la interfase hueso-implante (Albrektsson,1998).

Haciendo referencia a los test clínicos no invasivos. Siendo el más común la técnica radiográfica, pero siendo su representación en dos dimensiones por tanto únicamente permite evaluar la altura ósea y valorar las áreas radiolúcidas. Los test clínicos no invasivos se dividen en:

La técnica de Johansson y Strid siendo un método subjetivo que valora la calidad ósea en el momento de la cirugía ya que depende de la resistencia al fresado durante la preparación del lecho para la posterior colocación del implante. El motor de implantes está conectado a un ordenador que mide la corriente eléctrica que usa el motor de implantes. Por tanto, los autores llegan a la conclusión que en el momento de la colocación del implante permite conocer la calidad ósea (Johansson, 1994). Por tanto, dicho método subjetivo permite conocer la calidad ósea justo antes de colocar el implante, no permite realizar una planificación previa a la cirugía. Además, pueden influir diversos factores: estado de corte de las fresas, la presión o desviación en el fresado de cada profesional.

Andell y cols. Postularon que la osteointegración podía ser evaluada golpeando el implante con un instrumento metálico y valorando el sonido. Pero es un método subjetivo debido a que el oído humano de cada individuo no siendo capaz de diferenciar toda la amplitud del sonido y además el sonido de cada profesional

detecta el sonido de una forma diferente (Adell, 1985). Con el fin de mejorar la sensibilidad del método otros autores han intentado diseñar instrumentos electrónicos o mecánicos, pero clínicamente no son prácticos (Derhami et al, 1995).

Para valorar la estabilidad primaria los métodos más fiables son: el método Periotest® y método Osstell® sistema de Análisis de la Frecuencia de la resonancia (Infante et al, 2007).

El método Periotest® (Siemens Medical Systems Inc, Charlotte, Nc) fue diseñado por Schulte y cols en 1893 en principio fue diseñado para medir la movilidad dentaria pero finalmente evalúa la osteointegración de los implantes. Formado por una punta metálica que golpea el implante perpendicularmente al eje longitudinal del mismo y paralelo al suelo. La velocidad es determinada con un valor Periotest (vpt) (Isidor, 1998). Los valores del periotest pueden verse alterados principalmente por la posición donde se coloque la punta metálica (Schulte, 1995); (Teerlinck et al, 1991).

Se han publicado diversos estudios que consideran que el valor del periotest puede ser alterado por diversas variables. Siendo la principal y más importante variable la posición donde se coloque el instrumento sobre el pilar. El resto de las variables: la longitud del implante, la calidad ósea, el tipo de implante, el tipo de material de la prótesis, la interposición de tejido blando o hueso entre el pilar y el implante, la fuerza de atornillado del pilar al implante y la calibración del aparato (Aparicio,1997).

Además, diversos estudios demuestran que el periotest mide de forma global la estabilidad del implante, pero no hay correlación con el contacto hueso implante. (Lukas, 1993); (Hass et al, 1995).

Drago y cols avalan que el periotest puede identificar con éxito la falta de integración en un 64% de los casos y puede identificar correctamente el 99% de los implantes colocados (Drago, 2000).

Método Osstell® diseñado por Meredith en 1994, siendo un método reproducible de análisis de la frecuencia de resonancia, consiste en la colocación de un pilar transmucoso, es decir transductor atornillado en el implante. Formado por dos piezoeléctricos, mediante una onda de frecuencia se excita uno de los piezoeléctricos y se produce la vibración del transductor y el otro piezoeléctrico capta la

respuesta del transductor. El aparato mide la vibración en ISQ. (Meredith et al, 1996).

Siendo el método Ostell un método reproducible ya que el pilar transmucoso va directamente atornillado y se ha comprobado que no existe variación en la medición simplemente apretándolo con la mano que serían unos 10 Newton (nw) (Frigberg et al, 1999). Dicho método se ha comprobado que permite conocer la estabilidad primaria del implante, pero no siendo predictor de fracaso (Meredith et al, 1998).

Cabe destacar, otro método en desarrollo, el estudio densitométrico mediante el micro-TC siendo una prueba objetiva y reproducible que permite conocer la densidad ósea (Hofstaetter et al, 2006). El microCT proporciona corte de 50 micras e inferiores, en contraste los TC convencionales realizan cortes de 0,5 mm. (Bagi et al, 2011). Con la técnica de microCT se obtuvieron unidades Hounsfield que corresponde a la densidad de la muestra de estudio y así permite conocer la densidad ósea periimplantaria. Traduciéndose las unidades Hounsfield para el hueso en + 1000 y para unidades de aire en - 1000.

El microCT no siendo invasivo excluyendo los efectos de la radiación. Permite evitar el sacrificio animal (Hofstaetter et al, 2006). Según la Declaración de Helsinki de 1964 en la Asamblea Médica Mundial, revisada en varias ocasiones, la investigación en sujetos humanos "debe estar basada en pruebas de laboratorio adecuadamente realizadas y en experimentación en animales" (Rodríguez 2007).

Además, el microCT permite estudiar en profundidad las imágenes realizando un análisis matemático, siendo posible una metodología predecible extrapolable al campo clínico para el futuro estudio en pacientes (Hofstaetter et al, 2006).

Actualmente no hay establecido un protocolo estandarizado ya que generalmente el profesional valora subjetivamente según sus conocimientos y experiencia, la densidad ósea para la posterior colocación de implantes y la evaluación de la osteointegración de los implantes dentales colocados anteriormente. Siendo el propósito principal de este estudio estudiar la dinámica de cicatrización alrededor de las zonas periimplantarias en modelos experimentales por medio de microtomografía computerizada y HU con el fin de crear un método y extrapolarlo a los seres humanos de forma no invasiva.

En el presente estudio se tomó la decisión de realizar el estudio en modelo experimental, los resultados del estudio no son de especial interés lo que se pretende es extrapolar el método usado estudio in vivo, evitando futuros sacrificios.

### **5.1. Protocolo de valoración visual y semicuantitativa de la imagen mTC**

Es necesario establecer protocolos radiológicos en el ámbito de la odontología al igual que se está realizando en medicina con el objetivo de instaurar un lenguaje común y así guiar al clínico en la toma de decisiones (Litmanovich et al, 2020). Recientemente, en pacientes con COVID-19 en el ámbito del diagnóstico radiológico se ha instaurado un protocolo visual mediante tomografía computerizada con el fin de estandarizar las lesiones pulmonares por neumonía de COVID-19. Para ello se establece un protocolo a través de escalas semicuantitativas. (Zhang et al, 2020). Consiste en dividir el pulmón en varias zonas que se fraccionan en partes iguales o según los límites anatómicos. Así cada zona se le asigna un valor cuantitativo y finalmente se obtiene un resultado con un valor de gravedad (Borghesi et al, 2020); (Wong et al, 2020).

En la misma línea, en el presente estudio se estableció un protocolo de valoración semicuantitativa de las imágenes de los implantes que fueron obtenidas mediante microCT dividiendo el implante en cuatro partes y nombrando a cada una de ellas con una puntuación. Tras la suma de dichas puntuaciones se obtiene un resultado final que determina el contacto de hueso alrededor del implante.

### **5.2. Protocolo de Cuantificación mediante realización de líneas y ROIs**

Numerosos artículos corroboran que en función de la densidad ósea la osteointegración y la técnica quirúrgica varía por ello el Micro-TC sería de gran utilidad con el fin de evaluar la cicatrización ósea.

Fanuscu y Chang evaluaron la estructura ósea en mandíbulas y maxilares mediante el microCT, pero no fue relevante debido a que únicamente analizaron

muestras de un solo cadáver por lo cual en las distintas zonas óseas no se observaron variaciones óseas (Fanuscu et al, 2004).

Dependiendo de la zona anatómica del hueso varia la calidad ósea, en función de si se trata de la zona anterior, posterior, mandíbula o maxilar (Phothikhun et al, 2012). Siendo una evidencia que la mandíbula presenta una mayor densidad que el maxilar. La mayor densidad ósea se encuentra en la zona anterior de la mandíbula continuando con los sectores posteriores de la mandíbula. Seguido del sector anterior del maxilar y continua con las zonas posteriores del maxilar que dichos sectores presentan la menor densidad ósea (Shapurian et al, 2006); (Fuh et al, 2010).

Observaron Jaffin y Berman que en el hueso de menor densidad es decir hueso tipo IV, los implantes colocados a los 5 años la tasa de fracaso era del 35%. Por otro lado, en hueso con mayor densidad, hueso tipo I, II, III, a los 5 años fracasaron el 3% de los implantes (Nappe et al, 2008).

Mediante el uso de microCT se confirmó la significativa diferencia ósea entre el maxilar y la mandíbula. En un estudio se evaluó la correlación entre la densidad ósea y la micro arquitectura ósea tridimensionalmente en cadáver humano de 34 especímenes de hueso de mandíbula, se confirmó la disimilitud en todos los parámetros de microarquitectura entre el maxilar y la mandíbula (Kim et al, 2013)

En la toma de decisiones clínicas con el propósito de planificar la colocación de implantes es fundamental conocer la densidad ósea de las zonas anatómicas debido a la influencia que presenta la densidad ósea para la toma de decisiones del procedimiento quirúrgico y el tipo de implante. Es decir, en función de la densidad ósea el profesional adopta la decisión óptima para cada caso. Por otro lado, generalmente para conocer la estabilidad primaria, secundaria y la calidad ósea alrededor de los implantes colocados se realiza de forma visual en la práctica clínica normalmente no se cuantifica por lo cual se diagnostica según los conocimientos, experiencia y ojo clínico (Del Cura, 2009).

Un estudio realizado en 28 paciente evaluó mediante TC el contacto hueso implante ulterior a la extracción de premolares inferiores y colocación de implantes inmediatos. Se dividieron los pacientes dos grupos: en el grupo A no fueron rellenados los gap tras la colocación de implantes inmediatos y en el grupo B se rellenaron los gap tras la colocación de los implantes. A los tres y seis meses tras cargar

los implantes se realizó una TC sagital y coronal, de esta manera se evitó realizar una biopsia ósea. El resultado del análisis estadístico mostró un aumento en la densidad ósea en el grupo B (Emad, 2013).

Un experimento mediante TC con ratas evaluó la densidad ósea en dos grupos: un grupo con osteoporosis inducida y otro grupo sin patología. Concluyendo que fue significativamente menor la densidad ósea en el grupo con osteoporosis (Y. Hao et al., 2007)

Conocer objetivamente la densidad ósea es fundamental tanto para la colocación de implantes como para evaluar su osteointegración. Para ello es de gran utilidad la tomografía computerizada siendo una técnica no invasiva, fiable y reproducible, utilizando UH con el fin de obtener valores densitométricos. Siendo el principal objetivo del microCT ayudar en el diagnóstico de manera que permite reducir errores, debido a que el ojo humano del clínico incapaz de observar ya que son diferencias matemáticas.

Por lo cual utilizando los medios que poseen las clínicas dentales se pretende protocolizar y estandarizar un método mediante: un protocolo de valoración visual, protocolo de cuantificación mediante la realización de líneas y ROIs. Cabe destacar que el análisis visual es una interpretación de las imágenes, la cual no es cuantitativa, al igual que la práctica clínica. En cambio, en el caso de las líneas y las cajas se interpretó analíticamente los cambios producidos en la muestra. Determinando las unidades Hounsfield (HU) de cada pixel contenido en la línea o en la caja. Los valores se trasladan a hojas de Excel, Microsoft y se comparan. De esta manera es posible obtener información relevante y cuantificable.

### **5.2.1. Protocolo de Cuantificación mediante realización de líneas**

Mediante la tomografía computerizada Norton y Gamble establecieron una escala objetiva de la densidad ósea llamada escala de Hounsfield. Afirmaron que presentaba una correlación entre la calidad ósea obtenida mediante puntuaciones subjetivas y los valores de densidad ósea. También afirmaron que la zona de la tuberosidad debido al alto contenido medular puede presentar valores negativos ( $<0$  HU). Además, indican que en la zona a evaluar tanto en maxilar como en mandíbula en pocos milímetros puede presentar grandes diferencias de densidad, es

decir zonas más mineralizadas al lado de otras zonas menos densas o viceversa. (Norton et al, 2001).

Por ese motivo es fundamental conocer el área de estudio. En el estudio fue utilizada dicha escala teniendo especial cuidado en delimitar las zonas de estudio para no abarcar estructuras que puedan interferir en la interpretación de los resultados mediante líneas y ROIs. Seleccionando las líneas e histogramas en coronal, medial y apical de la muestra de estudio.

### **5.2.2. Protocolo de Cuantificación mediante realización de ROIs**

En cada muestra de estudio se colocaron siete cajas o ROIs divididas en las zonas coronal, central, apical con el fin de abarcar las áreas de interés sin englobar estructuras que puedan influir en los resultados con el objetivo de medir la remodelación ósea periimplantaria. Se constató que no hay diferencia significativa entre la dinámica de cicatrización alrededor de las zonas periimplantarias entre las diferentes muestras, la menor densidad ósea tras la cicatrización ósea se observó en el ROI 7, situado en la zona más apical, probablemente debido a la presencia del canal medular. Y la mayor densidad ósea se observó en ROI 3 y 4, la zona central. Cabe destacar que dichas afirmaciones no son la finalidad del estudio si no la viabilidad del método usado en dicho estudio con el fin de extrapolarlo a la clínica y/o a futuros estudios evitando biopsias y sacrificios de animales. Por tanto, siendo posible con este protocolo realizar un estudio matemático de los DATRAW de los ROI obtenidos con el microTC de dichos resultados que no son significativos visualmente al ojo humano.

### **5.3. Importancia clínica y futuro predecible**

Con el presente estudio se pretendió desarrollar una técnica con el fin de mejorar la predictibilidad de los tratamientos ya que nos permite cuantificar los datos

obtenidos de la muestra de estudio. Con el fin de incorporar dicha técnica a la práctica clínica diaria y minimizar los sacrificios animales.

Por tanto, la utilidad de dicha técnica en la práctica clínica se basa en mejorar la predictibilidad. Ya que en la práctica clínica a los pacientes se les realiza un escáner y se valora visualmente tanto el tipo de hueso como la formación tejido óseo periimplantario. Pero no se valora cuantitativamente, simplemente subjetivamente. Sería de gran ayuda realizar el diagnóstico y plan de tratamiento conociendo exactamente el tipo de hueso en el que se va a trabajar, mejorando así la predictibilidad y reduciendo fracasos. Al igual que conocer como están cicatrizando los implantes que fueron colocados y que tipo de hueso periimplantario. Mediante los ROIs podemos conocer las unidades Hounsfield, es decir la densidad ósea exacta, alrededor de los implantes. Con el fin de extrapolar dicho método a la práctica clínica planteamos en un futuro la inclusión de la técnica en el Software del escáner de la clínica dental, permitiendo el análisis matemático de las imágenes digitales, evitando errores y conocer así información que se escapa de forma visual. Por tanto, sería interesante en un futuro tras realizar un escáner a un paciente obtener las imágenes y los datos numéricos exactos del tejido óseo periimplantario conociendo de esta forma el tipo de hueso neoformado alrededor del implante y así permitiendo conocer con certeza la osteointegración. Al igual que en la planificación para la colocación de implantes conocer matemáticamente el tipo de hueso en el que se va a trabajar y de esta forma seleccionar la mejor posición implantaría, evitando errores. Siendo también aplicable en el ámbito de la experimentación con animales ya que para conseguir los datos matemáticos en experimentación no serían necesario sacrificios animales

## **6. CONCLUSIONES**



## 6.CONCLUSIONES

- 6.1 El micro CT ha demostrado ser un método eficaz para evaluar la cicatrización ósea alrededor de los implantes de forma predictiva y reproducible obteniendo unidades Hounsfield de las muestras de estudio.
- 6.2 Los valores DATARAW o valores crudos permiten obtener toda la información no aparente con la simple valoración inicial y/o radiológica de las muestras.
- 6.3 Mediante el protocolo de líneas se obtiene información cuantitativa reproducible en dos dimensiones, principalmente de los trazados coronal, central y apical.
- 6.4 Mediante el protocolo de ROIs se obtiene información cuantitativa en tres dimensiones, permitiendo de forma predecible conocer los cambios producidos alrededor del hueso periimplantario en las muestras de estudio.
- 6.5 Se plantea en un futuro la inclusión de la técnica en el Software de escáner clínico, permitiendo el análisis matemático de las imágenes digita



## **7.BIBLIOGRAFÍA**



## 7.BIBLIOGRAFÍA

- Adell R et al. A long Term follow-up study of osseointegrated implants in the treatment of totally edentulous jaws. JOMI. 1990 Apr. 347-359.
- Adell R. Long-term treatment results. En: Branemark P-I, Zarb GA, Albrektsson T (eds). Tissue-Integrated Prostheses. Chicago: Quintessence. 1985: 175-186.
- Aerssens J, Boonen S, Lowet G, Dequeker J. Interspecies differences in bone composition, density, and quality: potential implications for in vivo bone research. Endocrinology. 1998; 139 (2): 663-670.
- Albrektsson T, Hansson HA. An ultrastructural characterization of the interface between bone and sputtered titanium or stainless steel surfaces. Biomaterials. 1986;7: 201-205.
- Albrektsson T. Osseointegration: historic background and current concepts. Clinical Periodontology and Implant Dentistry. 1998; 28:853
- Albuquerque C, Morinha F, Requicha J, Martins T, Dias I, Guedes- Pinto H et al. Canine periodontitis: the dog as an important model for periodontal studies. The Veterinary Journal. 2012; 191 (3): 299-305
- Aparicio C. The use of the periotest value as the initial success criteria of an implant: 8-year report. Int J Periodont Rest Dent. 1997;17: 151-161.
- Araújo M, Lindhe J. Dimensional ridge alterations following tooth extraction. An experimental study in the dog. JCP.2005 Feb 4;32(2): 212-2.
- Augat P, Simon U, Liedert A, Claes L. Mechanics and mechano- biology of fracture healing in normal and osteoporotic bone. Osteoporos Int. 2005;16: S36-S43.
- Bagi CM, Berryman E, Moalli MR. Comparative bone anatomy of commonly used laboratory animals: implications for drug discovery. Comp Med. 2011 Feb

- Berglundh T, Abrahamsson I, Lang NP, Lindhe J. De novo alveolar bone formation adjacent to endosseous implants. A model study in the dog. *Clin Oral Implants Res.* 2003;14: 251–262.
- Branemark PI, Hansson BO, Adell R, Breine U, Lindstrom J, Hallen J. Osseointegrated implants in the treatment of the edentulous jaw. Experience from a 10-year period. *Scand J Plast Reconstr Surg Suppl.* 1997;16: 1-132.
- Browne M, Gregson PJ. Effect of mechanical surface pretreatment on metal ion. *Biomaterials.* 200;21: 385–392.
- Borghesi A, Zigliani A, Masciullo R, Golemi S, Maculotti P, Farina D, et al. Radiographic severity index in COVID-19 pneumonia: relationship to age and sex in 783 Italian patients. *Radiol Medica.* 2020;125: 461-4.
- Brunski JB. Biomechanical factors affecting the bone dental implant interface. *Clin Mater.* 1992;10(3): 153-201.
- Coelho PG, Granjeiro JM, Romanos GE, Suzuki M, Silva NR, Cardaropoli G et al. Basic research methods and current trends of dental implants surfaces. *J Biomed Mater Res B Appl Biomater.* 2009; 88 (2): 579-596.
- Del Cura, JL. Pedraza, S. Gayete A. *Radiología esencial. Vol 2.* Madrid España: Ed Médica Panamericana; 2009.
- Derhami K, Wolfaardt F, Faulkner G, Grace M. Assessment of the periotest device in baseline mobility measurements of craniofacial implants. *Int J Oral Maxillofac Implants.* 1995;10: 221- 229.
- DeVos W, Casselman J, Swennen, GRJ. Cone-beam computerized tomography (CBCT) imaging of the oral and maxillofacial region: A systematic review of the literature. *International J of Oral and Maxillofacial Surgery.* 2009 Jun;38(6): 609-625.
- Drago CJ. A prospective study to assess osseointegration of dental endosseous implants with the periotest instrument. *Int J Oral Maxillofac Implants.* 2000;15: 389-395
- Dougherty G. Quantitative CT in the measurement of bone quantity and bone quality for assessing osteoporosis. *Med Eng Phys.* 1996;18(7): 557–568.

- Eley BM, Soory M, Manson JD. *Periodoncia*. 6th. ed. Barcelona: Elsevier, 2012.
- Emad Tawfik Daif, Effect of a Multiporous Beta-Tricalicum Phosphate on Bone Density Around Dental Implants Inserted Into Fresh Extraction Sockets, *Journal of Oral Implantology*. 2013;39(3): 339-344.
- Fanuscu MI, Chang TL. Three-dimensional morphometric analysis of human cadaver bone: microstructural data from maxilla and mandible. *Clin Oral Implants Res*. 2004;15: 213-8.
- Franchi M, Fini M, Martini D, Orsini E, Leonardi L, Ruggeri A, Giavaresi G, Ottani V. Biological fixation of endosseous implants. *Micron*. 2005;36(7-8): 665-71.
- Friberg B, Sennerby B, Linden K, Grondhl U, Lekholm U. Stability measurements of one-stage Branemark implants during healing in mandibles. A clinical resonance frequency analysis study. *Int J Oral Maxillofac Surg*. 1999;28: 266-272.
- Fuh LJ, Huang HL, Chen CS, Fu KL, Shen YW, Tu MG, Shen WC, Hsu JT. Variations in bone density at dental implant sites in different regions of the jawbone. *J Oral Rehabil*. 2010;37(5): 346-51
- Giavaresi G, Ambrosio L, Battiston GA, Casellato U, Gerbasi R, Fini M, Aldini NN, Martini L, Rimondini L, Giardino R. Histomorphometric, ultrastructural and microhardness evaluation of the osseointegration of a nanostructured titanium oxide coating by metal-organic chemical vapour deposition: A in vivo study. *Biomaterials*. 2004;25: 5583-5591.
- Godoy-Gallardo M, Manzanares-Céspedes MC, Sevilla P, Nart J, Manzanares N, Manero JM, et al. Evaluation of bone loss in antibacterial coated dental implants: an experimental study in dogs. *Mater Sci Eng C*. 2016;69: 538-45.
- Hamdy AM, Yousry ME, Abeer AE, Lobna RS. Cone Beam Computed Tomography voxel values of dental structures. *EDJ*. 2010; 56(4)
- Hass R, Saba M, Mensdorff-Pouilly N, Mallath G. Examination of damping behavior of IMZ implants. *Int J Oral Maxillofac Implants*. 1995;10: 410-441.

- Hatcher DC. Operational principles for cone-beam computed tomography. *JADA*. 2010;141: 3-6.
- Hao Y et al. Changes of microstructure and mineralized tissue in the middle and late phase of osteoporotic fracture healing in rats. *Bone* 41. 2007: 631–638.
- Hendry JA, Pilliar RM. The fretting corrosion resistance of PVD surface-modified orthopaedic implant alloys. *J Biomed Mater Res*. 2001;58: 156–166.
- Herring SW. Animal models of TMJ research. *J. Musculoskel. Neuron Interact*. 2003; 3(4):391-4.
- Hofer M. Manual práctico de TC. Introducción a la TC. 3ª ed. Médica Panamericana, Madrid. 2001.
- Hofstaetter JG, Wang J, Yan J, Glimcher MJ. Changes in bone microarchitecture and bone mineral density following experimental osteonecrosis of the hip in rabbits. *Cells Tissues Organs*. 2006;184(3-4): 138-147
- Huja SS, Fernández SA, Hill KJ, Li Y. Remodeling dynamics in the alveolar process in skeletally mature dogs. *Anat Rec A Discov Mol Cell Evol Biol*. 2006; 288 (12): 1243-1249
- Infante-Cossío P, Gutiérrez-Pérez JL, Torres-Lagares D, García-Perla A, González-Padilla JD. Relleno de cavidades óseas en cirugía maxilofacial con materiales autólogos. *Rev Esp Cirug Oral y Maxilofac*. 2007 Feb; 29(1): 7-19.
- Institute for Laboratory Animal Research. Guide for the care and use of laboratory animals. 8th Edition. Washington DC: National Academy of Sciences; 2011.
- Isidor F. Mobility assessment with the periotest system in relation to histologic findings of oral implants. *Int J Oral Maxillofac Implants*. 1998;13: 377-383.
- Jemt T, Lekholm U. Oral implant treatment in posterior partially edentulous jaws: a 5-year follow-up report. *Int J of Oral and Maxillofac Implants*. 1993;8(6): 635–640.

- Johansson P, Strid KG. Assessment of bone quality from cutting resistance during implant surgery. *Int J Oral Maxillofac Implants*. 1994;9: 279-288.
- Katsumata A, Hirukawa A, Okumura S, Naitoh M, Fujishita M, Ariji E, Langlais RP. Relationship between density variability and imaging volume size in cone-beam computerized tomographic scanning of the maxillofacial region: an in vitro study. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod*. 2009;107: 420-425.
- Keinan D, Yang S, Cohen RE, Yuan X, Liu T, Li YP. Role of regulator of G protein signaling proteins in bone. *Front Biosci (Landmark Edition)*. 2014;19: 634–648.
- Kim JE, Shin JM, Oh SO, Yi WJ, Heo MS, Lee SS, et al. The three-dimensional microstructure of trabecular bone: analysis of site-specific variation in the human jaw bone. *Imaging Sci Dent*. 2013;43: 227-33.
- Korovessis PG, Deligianni DD. Role of surface roughness of titanium versus hydroxyapatite on human bone marrow cells response. *J Spinal Disord Tech*. 2002;15: 175–183.
- Kuhn JL, Goldstein SA, Feldkamp LA, Goulet RW, Jesion G. Evaluation of a microcomputed tomography system to study trabecular bone structure. *J Orthop Res*. 1990;8: 833–842.
- Linder L. High-resolution microscopy of the implant-tissue interface. *Acta Orthop Scand*. 1985;56: 269–272.
- Linder L, Obrant K, Boivin G. Osseointegration of metallic implants. II. Transmission electron microscopy in the rabbit. *Act Orthop Scand*. 1989;60: 135–139.
- Lindhe L, Karring. *Periodontología clínica e implantología odontológica*. 5ª ed. Madrid: Editorial medica panamericana; 2009.
- Listgarten MA. Soft and hard tissue response to endosseous dental implants. *Anatomical Record*. 1996;245: 410–425.
- Litmanovich DE, Chung M, Kirkbride RR, Kicska G, Kanne JP. Review of Chest Radiograph Findings of COVID-19 Pneumonia and Suggested Reporting Language. *J Thorac Imaging*. 2020;9.

- Lewitt, RM, Member S, Matej S, Member S. Overview of Methods for Image Reconstruction From Projections in Emission Computed Tomography. *Proceedings of the IEEE*. 2003;91(10): 1588-1611.
- Maló P, Rangert B, Dvårsäter L. Immediate function of Brånemark implants in the esthetic zone: a retrospective clinical study with 6 months to 4 years of follow-up. *Clin Implant Dent Relat Res* 2000;2(3):138–146.
- Marsell R, Einhorn TA. The biology of fracture healing. *Injury*. 2011;42(6). 551-555.
- Martin JY, Schwartz Z, Hummert TW, Schraub DM, Simpson JrJ, Lankford J, Dean DD, Cochran DL, Boyan BD. Effect of titanium surface roughness on proliferation, differentiation and protein synthesis of human osteoblast-like cells (MG63). *J Biomed Mater Res*. 1995;29: 389–401.
- Masuda T, Yliheikkilä PK, Felton DA, Cooper LF. Generalizations regarding the process and phenomenon of osseointegration. Part I. In vivo studies. *Int J Oral Maxillofac Implants*. 1998;13: 17–29.
- Merchán S et al. Evaluación de la densidad ósea: técnicas densitométricas. *Cient Dent*. 2015;12(3): 179-186.
- Meredith N, Alleyne D, Cawley P. Quantitative determination of the stability of the implant-tissue interface using resonance frequency analysis. *Clin Oral Implant Res*. 1996;7: 261-267.
- Meredith N. Assessment of implant stability as a prognostic determinant. *Int J Prosthodont*. 1998;11: 491-501.
- Meyer U, Joos U, Mythili J, Stamm T, Hohoff A, Fillies T, Stratmann U, Wiesman HP. Ultrastructural characterization of the implant/bone interface of immediately loaded dental implants. *Biomaterials*. 2004;25: 1959–1967.
- Misch CE. *Implantología contemporánea*. 3ª Ed. Barcelona: Elsevier; 2009.
- Morán JM. Modelos animales para el estudio de la respuesta inflamatoria sistémica y de nutrición parenteral. *Nutr Hosp*. 2007; 22(2).
- Norton MR, Gamble C. Bone classification: an objective scale of bone density using the computerized tomography scan. *Clin Oral Implants Res*. 2001; 12(1):79-84.

- Nappe Abaroa, CE, Montoya Bacigalupo, C, Estudio Comparativo del Efecto del Macrodiseño en la Estabilidad Primaria del Implante Oseointegrado. *Rev. Clin Periodoncia Implantol Rehabil. Oral* Vol. 2008;1(1).
- Natsu S, Ali I, Alam, S, Giri Y, Agarwal A y Kulkarni V. The biology of distraction osteogenesis for correction of mandibular and craniomaxillofacial defects: A review. *Dent Res J*. 2014; 11(1): 16–26.
- Neyt JG, Buckwalter JA, Carroll NC. Use of animal models in musculoskeletal research. *Iowa Orthop J*. 1998;18: 118-123.
- Nicoli Aldini N, Fini M, Giavaresi G, Martini L, Dubini B, Ponzetti MG, Rustichelli F, Krajewski A, Ravaglioli A, Mazzocchi M, Giardino R. Osteointegration of bioactive glass-coated and uncoated zirconia in osteopenic bone: an in vivo experimental study. *J Biomed Mater Res*. 2004;68: 264–272.
- Norton MR, Gamble C. Bone classification: an objective scale of bone density using the computerized tomography scan. *Clin Oral Implants Res*. 2001;12: 79-84.
- Parfitt AM. Bone histomorphometry: standardization of nomenclature, symbols and units. *Bone*. 1988;9(1): 67– 69.
- Park JY, Davies JE. Red blood cell and platelet interactions with titanium implant surfaces. *Clin Oral Implants Res*. 2000;11: 530– 539.
- Park YS, Yi KY, Lee IS, Jung YC. Correlation between microtomography and histomorphometry for assessment of implant osseointegration. *Clin Oral Implants Res*. 2005;16(2): 156–160.
- Pearce AI, Richards RG, Milz S, Schneider E, Pearce SG. Animal models for implant biomaterial research in bone: A Review. *European Cells and Materials*. 2007; 13: 1-
- Percival CJ, Richtsmeier JT. Angiogenesis and intramembranous osteogenesis. *Dev Dyn*. 2013;242(8): 909-922.
- Phothikhun S, S Suphanantachat, Chuenchompoonut V, Nisapakultorn K. Cone-beam computed tomography evidence of the association between

periodontal bone loss and thickening of the mucosa of the maxillary sinus. *J Periodontol.* 2012;83(5): 557-64.

- Pfeilschifter J, Diel I, Pilz U, Brunotte K, Naumann A, Ziegler R. Mitogenic responsiveness of human bone cells in vitro to hormones and growth factors decrease with age. *J Bone and Miner Res.* 1993;8: 707–717.
- Puleo DA, Nanci A. Understanding and controlling the bone- implant interface. *Biomaterials.* 1999;20: 2311–2321.
- Peñarocha D, Palau D, Cabanes, Tarazona B. Comparison of digital protocols for the measurement of peri-implant marginal bone loss. *Clin Exp Dent.* 2018;10(12): 216-22.
- Qi MC, Zhou XQ, Hu J, Du ZJ, Yang JH, Liu M, Li XM. Estrogen replacement therapy promotes bone healing around dental implants in osteoporotic rats. *Int J Oral Maxillofac Surg.* 2004;33: 279–285.
- Rodríguez E. Ética de la investigación en modelos animales de enfermedades humanas. *Acta bioeth.* 2007; 13(1): 25-40.
- Rodríguez Yunta E. Ética de la investigación en modelos animales de enfermedades humanas. *Acta bioeth.* [Internet]. 2007 Jun [citado 2016 Dic 09] ; 13(1): 25-40.
- Roos J, Sennerby L, Lekholm U, Jemt T, Gro ñndahl K, Albrektsson t. A qualitative and quantitative method for evaluating implant success: a 5-year retrospective analysis of the Bra ñemark implant. *Int J of Oral Maxillofac Implants.* 1997;12(4): 504–514.
- Saavedra J, Balhen C, Zaragoza K, Kimura E, Saavedra S, Stoopen M. Dental Multisection CT for the placement of Oral Implants: Technique and Applications. *RadioGraphics.* 2010 Nov 1; 30(7).
- Sachot N, Engel E, Castaño O. Hybrid organic-inorganic scaffolding biomaterials for regenerative therapies. *Curr Org Chem.* 2014;18(18): 2299-2314.

- Salvin HE, McGreevy PD, Sachdev PS, Valenzuela MJ. The effect of breed on age-related changes in behavior and disease prevalence in cognitively normal older community dogs, *Canis lupus familiaris*. *J Vet Behav*. 2012; 7 (2): 61-69.
- Schulte W. *The Periotest método*. Bensheim: Siemens AG, Medical Engineering Group, Dental Sector, 1995.
- Shapurian T, Damoulis PD, Reiser GM, Griffin TJ, Rand WM.. Quantitative evaluation of bone density using the Hounsfield index. *Int J Oral Maxillofac Implants*. 2006;21(2): 290-7.
- Salonen MAM, Raustia AM, Kainulainen V, Oikarinen KS. Factors related to periotest values in endosseal implants: a 9-year follow-up. *J Clin Periodontol* 1997;24: 272-277.
- Schulte W. *The Periotest método*. Bensheim: Siemens AG, Medical Engineering Group, Dental Sector. 1995.
- Shimada T, Takeshita Y, Murohara T, Sajaki K, Egami K, Shintani S, Katsuda Y, Ikeda H, Nabeshima Y, Imaizumi T. Angiogenesis and vasculogenesis are impaired in the precocious aging klotho mouse. *Circulation*. 2004;110: 1148–1155.
- Soballe K, Hansen ES, Brockstedt-Rasmussen H, Jorgens PH, Bunger C. Tissue ingrowth into titanium and hydroxyapatite-coated implants during stable and unstable mechanical conditions. *J Orthop Res*.1992;10: 285–299.
- Suárez D. Principios básicos en regeneración ósea guiada. *Acta bioclínica*. 2012 Enero-Junio; 2(3).
- Swain MV, Xue J. State of the art of micro-CT applications in dental research. *Int J Oral Sci*. 2009;1(4): 177–188.
- Teerlinck J, Quirynen M, Darius P, Van Steenberghe D. Periotest: an objective clinical diagnosis of bone apposition toward implants. *Int J Oral Maxillofac Implants*. 1991;6: 55-61.

- Teo JC, Si-Hoe KM, Keh JE, Teoh SH. Relationship between CT intensity, micro-architecture and mechanical properties of porcine vertebral cancellous bone. *Clin Biomech.* 2006;21: 235–244.
- Tortora, Derrickson. *Principios de Anatomía y Fisiología.* 11ª ed. Madrid: Editorial Medica Panamericana, 2006.
- W, Lukas D. Periotest to monitor osseointegration and to check the occlusion of oral implantology. *J Oral implantol.* 1993;19: 23-32.
- Wittenberg R.H, Shea M, Swartz B.A, Lee SK, White AA, Hayes WC. Importance of bone mineral density in instrumented spine fusions. *Spine.* 1991;16: 647–652.
- Wong HYF, Lam HYS, Fong AH-T, Leung ST, Chin TW-Y, Lo CSY, et al. Frequency and Distribution of Chest Radiographic Findings in COVID-19 Positive Patients. *Radiology.* 2020;296: 72-8.
- Wong MM, Rao LGL, Hamilton L, Ish-Shalom S, Sturtridge W, Tong J, McBroom R, Josse RG, Murray TM. In vitro study of osteoblastic cells from patients with idiopathic osteoporosis and comparison with cells from non-osteoporotic controls. *Osteoporos Int.* 1994;4: 21–31.
- Zechner W, Tangl S, Furst G, Tepper G, Thams U, Mailath G, Watzek G. Osseous healing characteristics of three different implant types. *Clin Oral Implants Res.* 2003;14: 150–157.
- Zhang H, Lewis CG, Aronow MS, Gronowicz GA. The effects of patient age on human osteoblasts' response to Ti-6Al-4V implants in vitro. *Journal of Orthopaedic Research.* 2004;22: 30–38.
- Zhang N, Xu X, Zhou L-Y, Chen G, Li Y, Yin H, et al. Clinical characteristics and chest CT imaging features of critically ill COVID-19 patients. *Eur Radiol.* 2020;30: 6151-60.
  - Zhang S, Sun J, Xu Y, Qian S, Wang B, Liu F, et al. Adhesion, proliferation and differentiation of osteoblasts on zirconia films prepared by cathodic arc deposition. *Biomed Mater Eng.* 2013;23: 373–85.

## **8.ANEXO**



## 8.ANEXO

Fueron estudiadas en el Programa Amide las líneas realizadas en todas las muestras en posición coronal, central y apical. Además de cada muestra se analizó en la posición mesial y distal en el corte coronal. Y vestibular y lingual en la posición sagital. También fueron analizadas muestras de hueso sano.

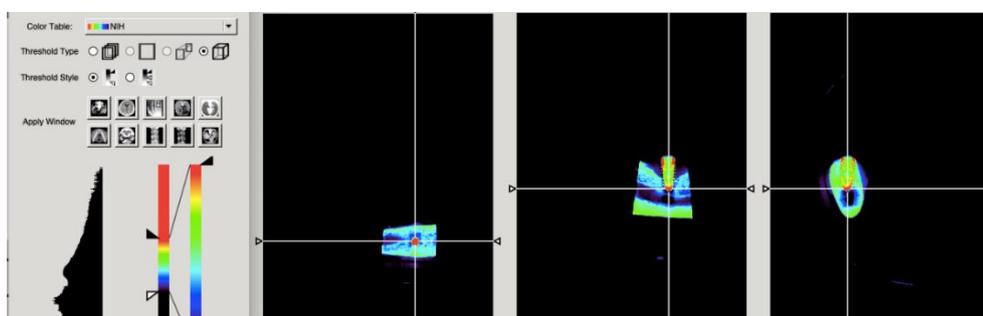


Fig. 256. Programa Amide

## 8.1. Imagen de muestra: M1MD-2987

## 8.1.1. Coronal

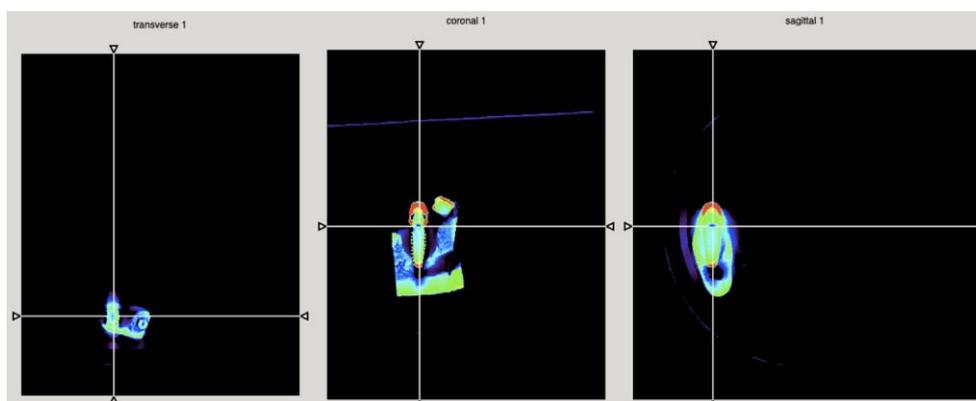


Fig. 257. Colocación de línea perpendicular en zona coronal.

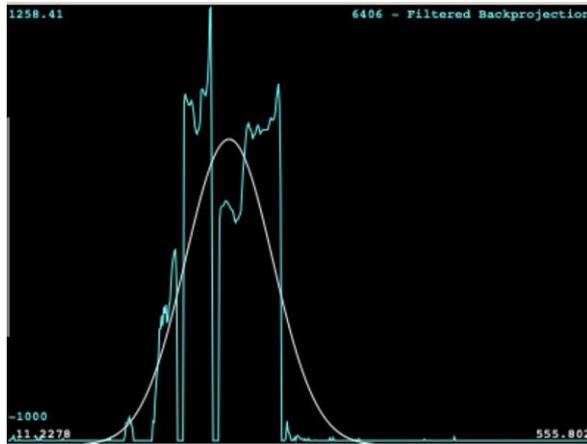


Fig. 258. En los valores densitométricos la línea trazada en coronal del implante en la zona izquierda se observaron valores numéricos negativos debido a la ausencia contacto hueso implante, a continuación, aparece una zona de transición con subida de los valores numéricos en UH correspondiendo al implante para volver a bajar en la zona del defecto.

### 8.1.2. Central

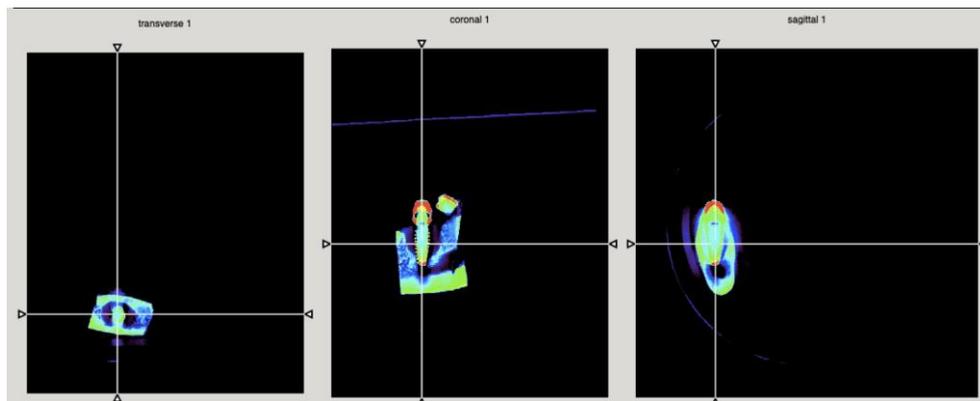


Fig. 259. Colocación de línea perpendicular en zona central

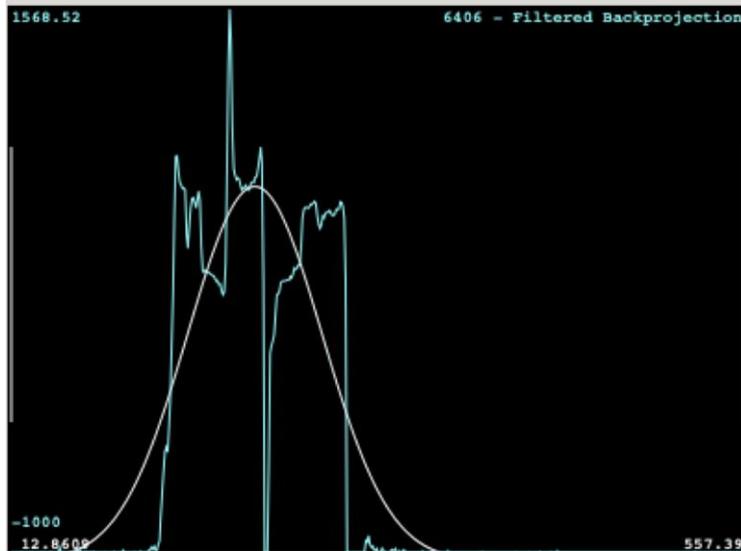


Fig. 260. En la línea que recorre el centro del cuerpo del implante, la línea central, se observaron picos de subida y bajada, a continuación, aparece una caída de los valores numéricos en UH en la zona sin contacto hueso implante en la izquierda para volver a subir las UH en la zona del implante. Seguidamente se observó una bajada de UH debido al defecto óseo en la derecha y vuelven a ascender las HU debido al tejido óseo homolateral.

### 8.1.3. Apical

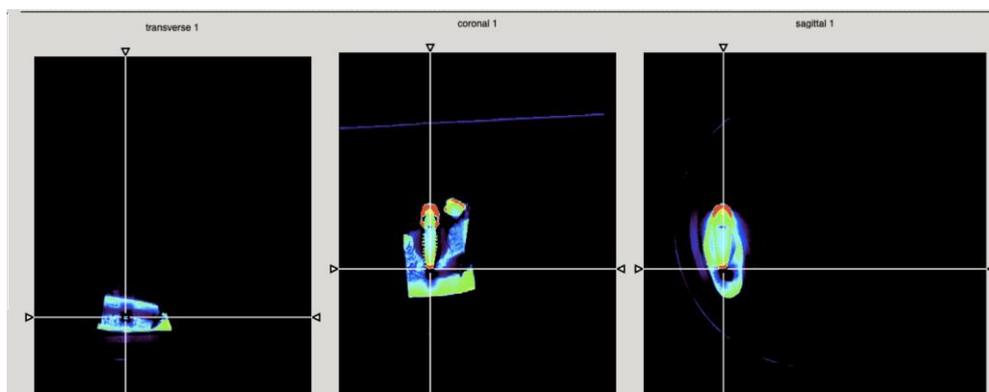


Fig. 261. Colocación de la línea perpendicular en la zona apical.



Fig. 262. En la línea apical una subida de las UH debido al tejido óseo en la zona izquierda, seguidamente comienza a descender llegando a -1000 HU, es decir no hay contacto hueso implante en la zona apical del implante debido al canal mandibular, seguidamente vuelve a subir al terminar el defecto.

#### 8.1.4. Coronal / Vestibular

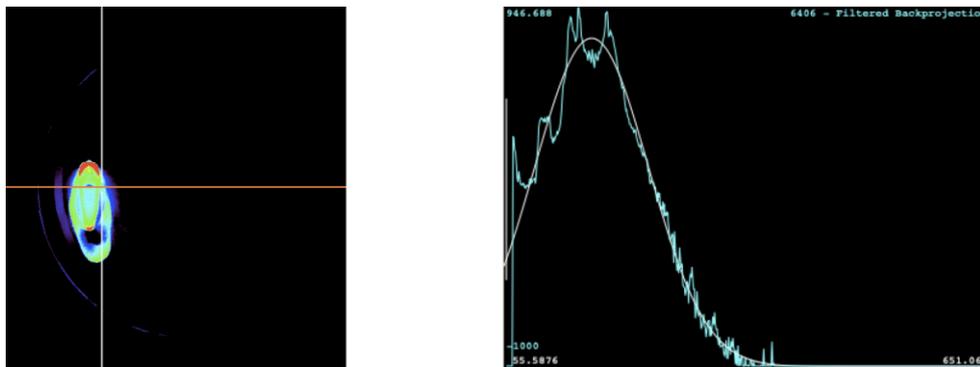


Fig. 263. En la línea que recorre la zona coronal del implante, a nivel del cuello, corresponde con valores densitométricos altos, debido a que el implante se observó rodeado de tejido ósea, aumentan más los valores UH correspondiendo con la zona del implante y van decreciendo los valores paulatinamente

## 8.1.5. Coronal / Lingual

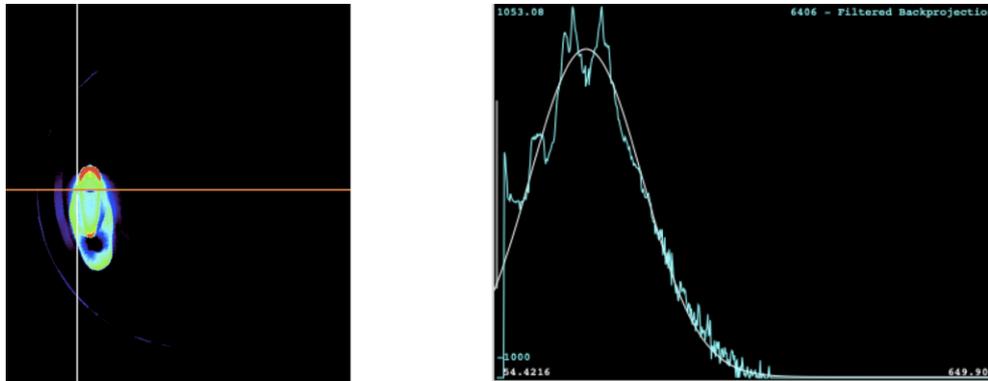


Fig. 264. El patrón es muy similar a la línea trazada en la zona coronal / vestibular. Se observó como los valores de numéricos son altos y aumentan en la zona del implante, se mantiene con un valor alto, descendiendo de forma gradual.

## 8.1.6. Coronal / Mesial

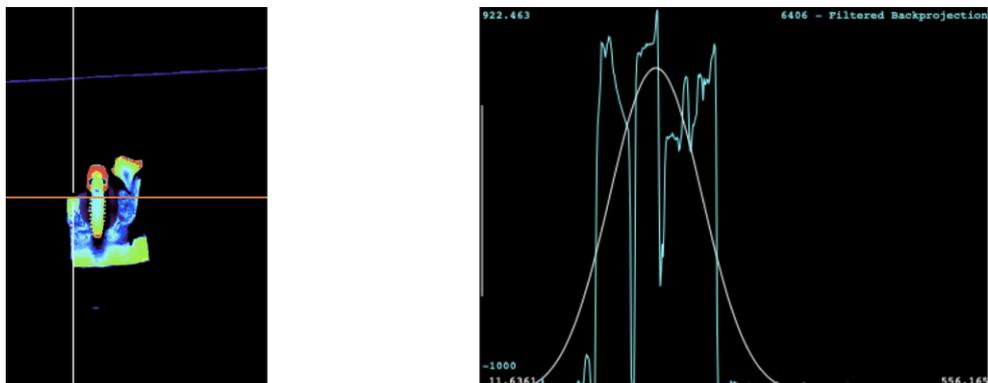


Fig. 265. Se observaron picos de densidad discontinuos, en la zona de la izquierda comienza con valores UH altos debido al tejido óseo y bajan bruscamente los valores numéricos en la zona del defecto, subiendo los valores en la zona del implante, seguidamente vuelven a disminuir los valores UH debido a que no se observó contacto hueso implante, finalmente los datos numéricos vuelven a subir al terminar el defecto óseo

## 8.1.7. Coronal / Distal

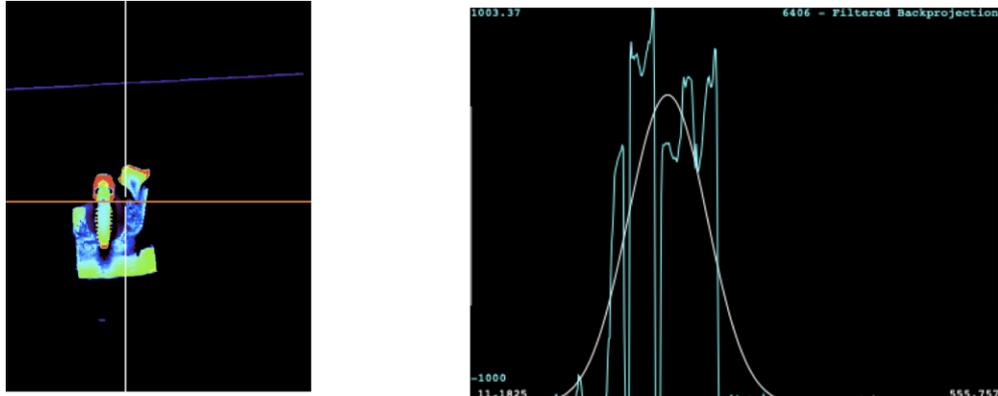


Fig. 266. El patrón es como en la imagen de la zona coronal / mesial, se observaron picos de densidad discontinuos destacando la bajada de las UH en la zona del defecto óseo debido a que no presentaba contacto hueso implante

## 8.1.8. Central / Vestibular

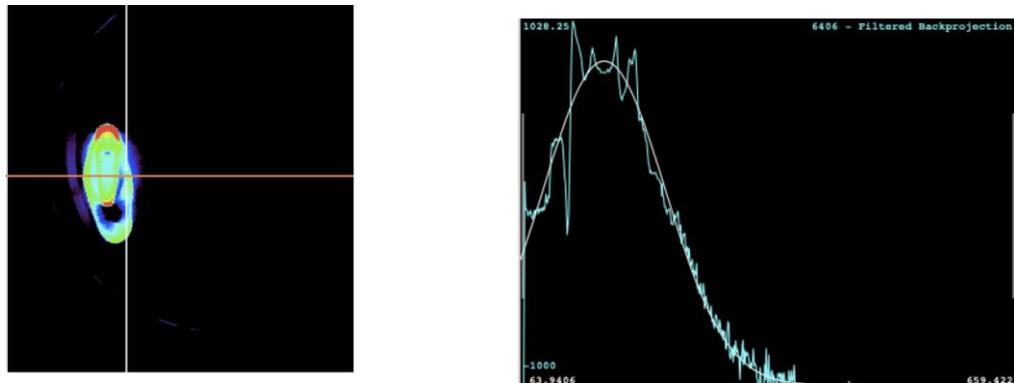


Fig. 267. Se observó como los valores de numéricos son medios altos, suben de forma importante, se mantiene con un valor medio alto y van descendiendo de forma gradual.

## 8.1.9. Central / Lingual

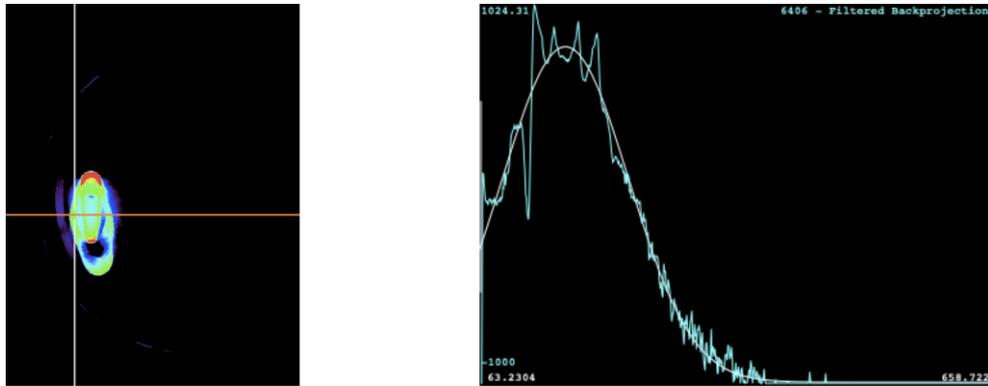


Fig. 268. El patrón sigue la misma línea que en la zona central / vestibular.

## 8.1.10. Central / Mesial

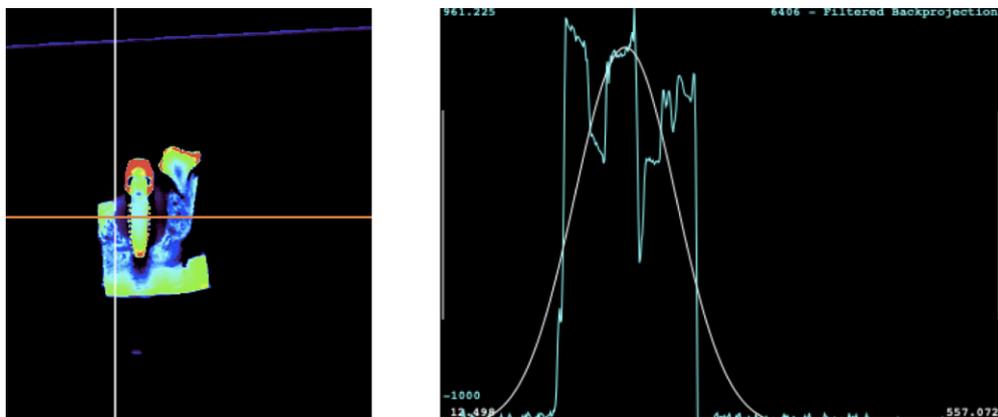


Fig. 269. Se observaron picos de densidad discontinuos, con valores de densidad muy altos y decaen a niveles bajos en la zona del defecto

## 8.1.11. Central / Distal

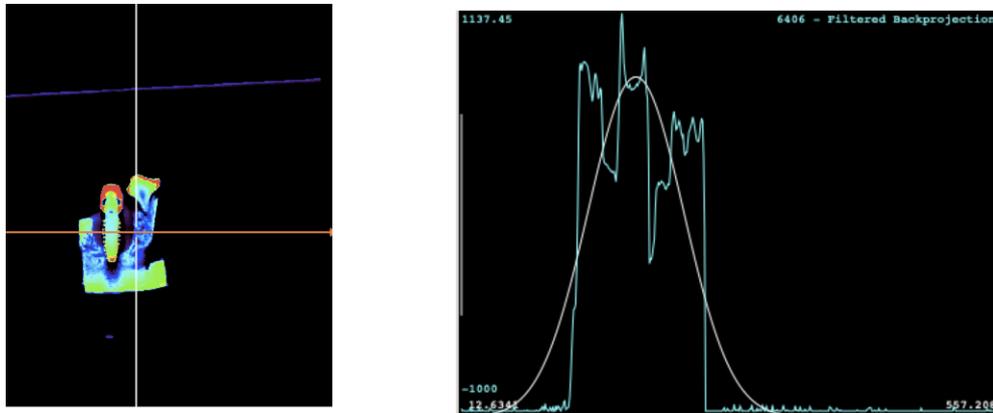


Fig. 270. El patrón se observaron picos de densidad discontinuos como en la imagen de la zona central / mesial, en la franja del efecto sigue presentando valores densitométricos bajos.

## 8.1.12. Apical / Vestibular

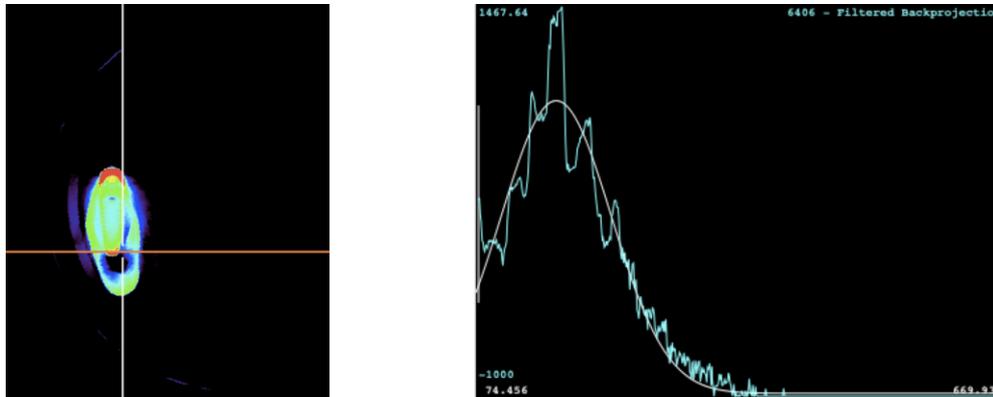


Fig. 271. Se observaron valores medios que van ascendiendo hasta llegar a una estrecha franja de valores UH altas para decaer en términos medios y finalmente decaer en valores densitométricos bajos paulatinamente

## 8.1.13. Apical / Lingual

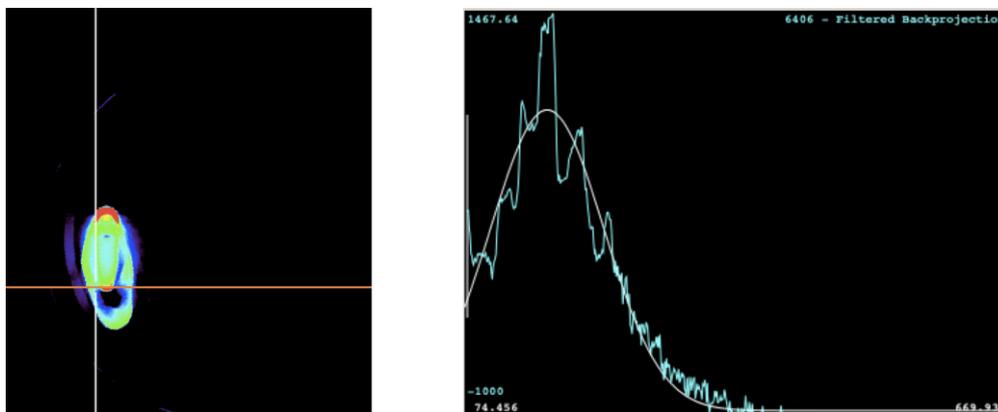


Fig. 272. Ocurre lo mismo en apical vestibular que en apical lingual. Se produce un ascenso inicial hasta los valores más altos y seguidamente decae en términos medios y finalmente en valores numéricos bajos.

## 8.1.14. Apical / Mesial

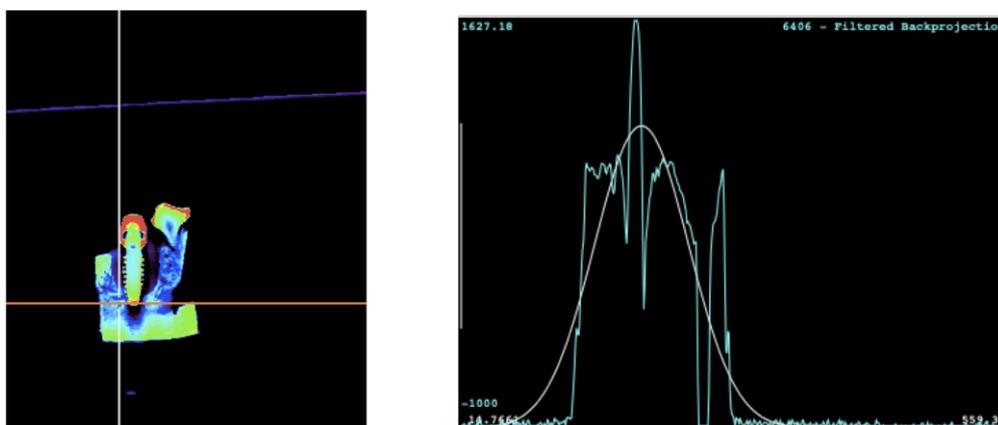


Fig. 273. Se observaron picos de densidad discontinuos. En primer lugar, los valores densitométricos van aumentando, se produce una bajada y seguidamente se observó un pico de subida importante. A continuación, decaen los valores UH, más que en la anterior bajada, para comenzar a subir de nuevo los valores UH. Seguidamente se observó otro pico importante de bajada que vuelven a aumentar los valores UH hasta que finalmente decrecen de forma progresiva

## 8.1.15. Apical / Distal

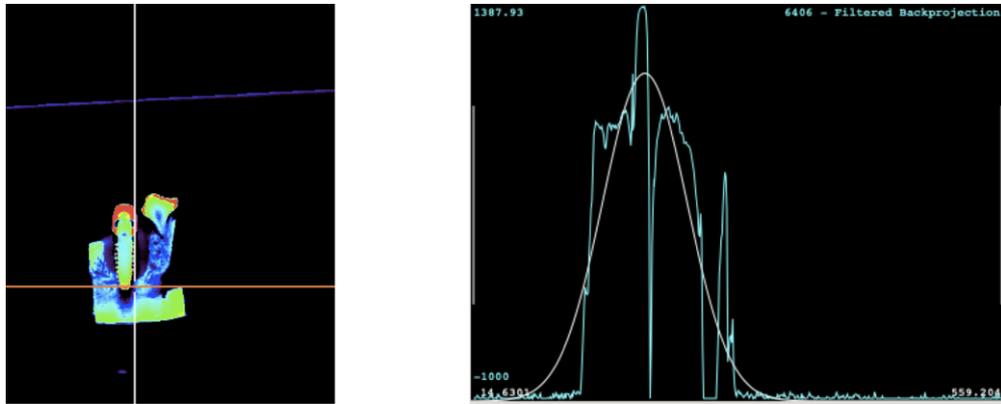


Fig. 274. En la misma línea que apical / mesial siendo el primer pico de bajada menos pronunciado y el segundo pico de bajada mucho más marcada llegado a valores de -1000.

## 8.2. Imagen de hueso sano de la muestra: M1MI4087

## 8.2.1. Coronal

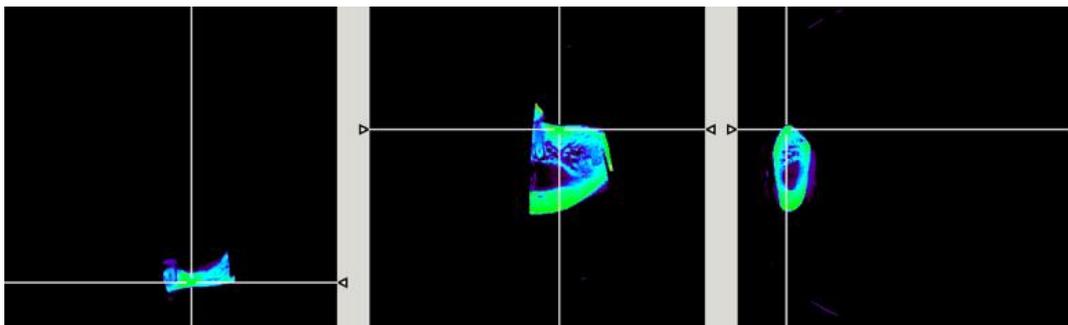


Fig. 275. Colocación de línea perpendicular en la zona coronal.

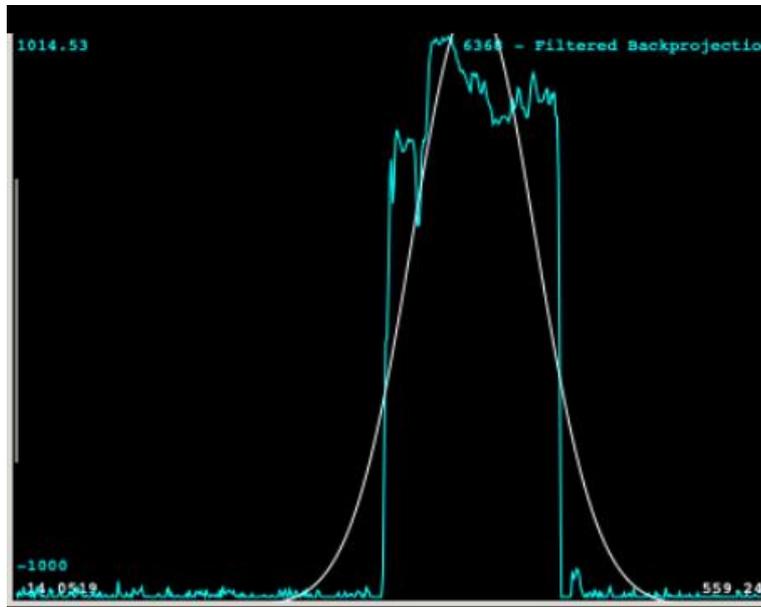


Fig. 276. Se observó en la línea coronal un aumento de los valores, un primer pico de subida el cual desciende levemente, para volver a ascender hasta valores máximos, descienden manteniéndose y finalmente decaen

### 8.2.2. Central

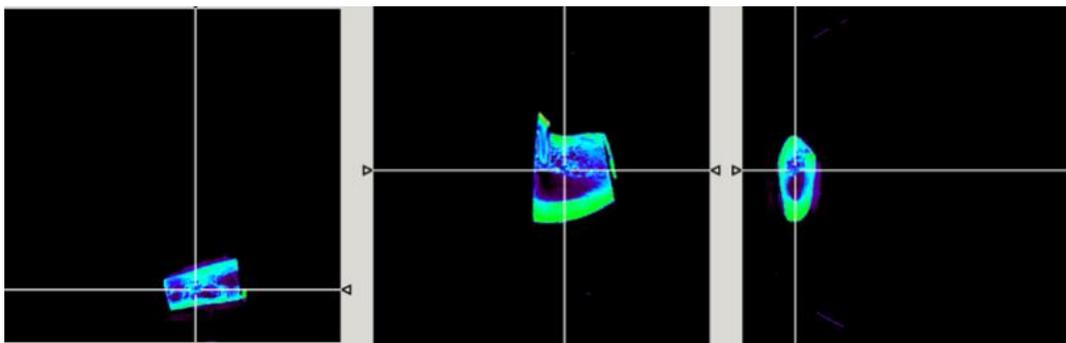


Fig. 277. Colocación de la línea perpendicular en la zona central.

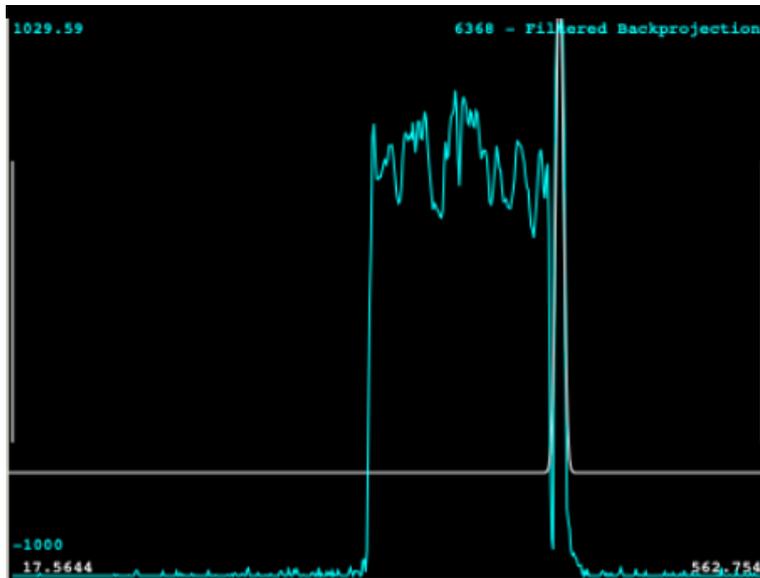


Fig. 278. Se observó en la línea central, aumento de las unidades Hounsfield, manteniéndose con numerosos picos de subida y bajada, finalmente desciende bruscamente y asciende hasta valores máximos. Volviendo a descender.

### 8.2.3. Apical

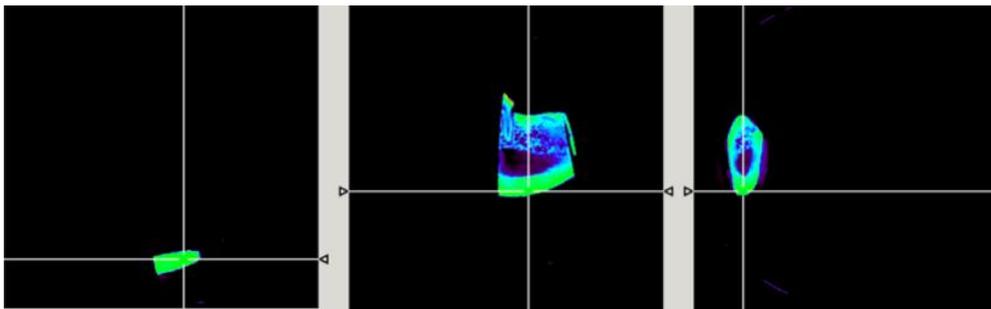


Fig. 279. Colocación de la línea perpendicular en la zona apical.

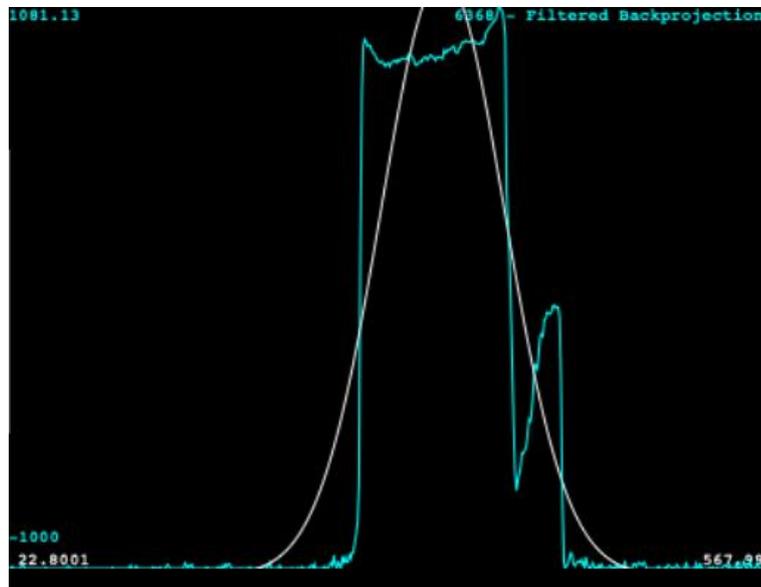


Fig. 280. Se observo en la línea apical, un primer pico hasta valores máximos, el cual se mantiene, aumentando levemente, desciende hasta valores bajos, aumenta sutilmente. Finalmente desciende.