







# **ESTUDIO DE LA MORFOLOGÍA ÓSEA DEL PROCESO ALVEOLAR MEDIANTE EL USO DEL TOMOGRAFÍA DE HAZ CÓNICO.**

---

Tesis presentada por:

**Paula López Jarana.**

Para optar al grado de Doctor en Odontología

---

Departamento de Estomatología

Facultad de Odontología de la Universidad de Sevilla 2018.

---

Dirección:

**Dr. Mariano Herrero Climent.**

**Prof. Dr. Vicente Ríos Santos.**





## **CERTIFICADO**

**Departamento de Estomatología.  
Facultad de Odontología.  
C/ Avicena, s.n.  
41009 Sevilla.**

**D. Mariano Herrero Climent.** Doctor en Odontología.

**D. Vicente Ríos Santos.** Doctor en Medicina y Cirugía y Profesor Titular de Odontología Integrada del adulto del Departamento de Estomatología de la Universidad de Sevilla.

Certifican:

Que el trabajo titulado **“ESTUDIO DE LA MORFOLOGÍA ÓSEA DEL PROCESO ALVEOLAR MEDIANTE EL USO DEL TOMOGRAFÍA DE HAZ CÓNICO”**, desarrollado por Dña. Paula López Jarana, para optar al grado de Doctor, ha sido realizado bajo nuestra dirección y supervisión, habiendo los que suscriben revisado el mencionado trabajo y estando conformes con su presentación como Tesis Doctoral, para ser juzgado ante el tribunal que en su día se designe.

Y para que conste y a los efectos oportunos, firmamos el presente certificado en Sevilla a 7 de Enero de 2019..

Fdo. D. Mariano Herrero Climent.

Fdo. D. Vicente Ríos Santos.



## Agradecimientos

A mi Padre y a mi Madre. Por su Amor incondicional. Por ser mi pista de despegue y aterrizaje. Transmisores del legado de familias trabajadoras que con el paso de las generaciones emplean su vida en colaborar con la Sociedad. Por su ejercicio de renuncia para darme aquello que estaba en su mano proporcionar, Formación. Conocimiento... para crecer.

A mi hermano, mi compañero de vida.

A mis abuelos por despertar la curiosidad de aprender desde pequeños.

A mi gran familia española y portuguesa, a mis tíos y primos que suponen para mí un referente. A mi prima Patri, mi hermana mayor.

A los amigos con los que compartes la vida, los temores y alegrías de la adolescencia, los universitarios, los laborales y los familiares. Amigos que aumentan nuestra familia de nuevas experiencias compartidas. Amigos trotamundos con un vínculo que nos otorga ese bien tan preciado en los emigrantes del “como decíamos ayer”... Mujeres como Toñi, como Elena y Carmen. Gracias por tener el teléfono siempre listo cuando una “desligada” como yo os llama. No son lugares aquello que añoramos en la distancia, son las personas.

A los Maestros por vocación que me han enseñado el amor por la lectura y la avidez del conocimiento.

A la Facultad por darme la oportunidad de conocer personas tan cariñosas como Reme y Manolo que nos acompañaron en nuestras penurias, con una sonrisa y un abrazo.

A Lucía Maestre por su dedicación al trabajo, a nosotros, y su cariño sincero.

A mis compañeros de trabajo, de la vida real, personas que te enseñan lo que la Universidad nunca consigue transmitir.

Por lo que ha supuesto para mí, un agradecimiento especial al Master de Periodoncia e Implantes. A los alumnos de la primera promoción que me mostraron una profesión a la que nunca antes había tenido acceso. Un grupo especial que me descubrió un Nuevo Mundo. A mis compañeros de promoción, juntos atravesamos el abismo del Master. A los profesores por no cejar en su empeño de amueblar mi mente dispersa: gracias Juanjo, gracias Pedro, gracias Manuel María, gracias Juan Luis, Paco , Gustavo, Alberto, Reyes, y a todos los que han aportado su sabiduría a este proyecto...

A Vicente Ríos, mi director, por acompañarme durante todos estos años, por su cercanía, su disponibilidad y su cariño.

Y como fuente de energía, mención especial al Dr. Mariano Herrero por su entrega total a la profesión y a los colegas. Por ejercer la labor de Maestro. Por darme la oportunidad, como a tantos otros. Gracias por ayudarme en mi carrera profesional y en mi crecimiento como persona.

Y por presentarme a Artur, mi compañero, que enriquece mi día a día con su personalidad y su Amor.

Artur desde que apareciste en mi vida te convertiste en mi apoyo incondicional en todos los órdenes de la vida, este trabajo está especialmente dedicado a ti por todo el tiempo que nos ha “robado” y que tú, con generosidad, has sabido llevar.

# ÍNDICE

Introducción o Principios de la Implantología.....Pág 13

- Tasas de supervivencia de la terapia con implantes..... Pág 13
- Protocolo quirúrgicos en Implantología..... Pág 14
- Índices de éxito estético en el tratamiento con implantes..... Pág 15
- Posición tridimensional del implante.....Pág 18
- Factores a considerar en implantes inmediatos..... Pág 19

Arcadas dentarias

- Cicatrización alveolar..... Pág 22

Factores que afectan a la remodelación del alvéolo

- Tipo de alvéolo..... Pág 27
- Grosor de la tabla vestibular..... Pág 27
- Anclaje apical..... Pág 29
- Anchura del alvéolo.....Pág 30
- Relación del proceso dento-alvéolo con el diente.....Pág 31
- Morfologías del hueso remanente y calidad ósea..... Pág 32
- Posición tridimensional del implante.....Pág 34
- Diseño del implante.....Pág 33
- Influencia a del protocolo quirúrgico.....Pág 38
- Estabilidad primaria.....Pág 40

Diagnóstico por imagen

- Tomografía de haz cónico (CBCT).....Pág 43

Planteamiento del problema .....	Pág 49
Objetivos del estudio.....	Pág 50
 Material y método	
○ Comité de ética.....	Pág 52
○ Población del estudio .....	Pág 53
○ Criterios de inclusión .....	Pág 54
○ Análisis de imágenes .....	Pág 55
○ Parámetros a valorar .....	Pág 54
○ Análisis estadístico .....	Pág 63
 Resultados	
○ Grosor de la tabla vestibular.....	Pág 65
○ Grosor de la tabla palatina.....	Pág 67
○ Distancia del LAC a la tabla vestibular y palatina.....	Pág 68
○ Grosor de la tabla vestibular a 2mm de altura.....	Pág 69
○ Diferencia de la tabla vestibular y palatina en altura.....	Pág 70
○ Anclaje apical.....	Pág 71
○ Anchura del proceso dento- alveolar .....	Pág 72
○ Calidad ósea .....	Pág 73
○ Angulación del proceso alveolar y el eje axial del diente .....	Pág 75
○ Grosor inter-radicular.....	Pág 77
○ Anchura del proceso basal .....	Pág 77
 Discusión .....	Pág 79
Conclusiones .....	Pág 91
Bibliografía .....	Pág 93
Anexos .....	Pág 103





## INTRODUCCIÓN GENERAL

La utilización de implantes dentales actualmente es un procedimiento habitual en la práctica odontológica, su uso como una herramienta terapéutica más en los planes de tratamiento para la rehabilitación oral es un hecho cotidiano. La alta predictibilidad de los tratamientos con implantes y la sencillez de su aplicación en la mayoría de los procedimientos en los que son necesarios, han hecho que las indicaciones consideradas complejas o de riesgo años atrás, se conviertan hoy en una práctica clínica frecuente y habitual. Entre ellas podemos considerar los procedimientos de regeneración ósea, la aplicación de protocolos de carga inmediata o la colocación de implantes inmediatos.

Las tasas de supervivencia del tratamiento con implantes se sitúan, según diferentes autores (1-3), entre el 95 % y el 100 %, con independencia de considerar su utilización en el maxilar superior o la mandíbula con la aplicación de protocolos de carga diferida. Tasas similares se encuentran en los estudios publicados en los que valoran la aplicación de protocolos de carga inmediata (4-7). Datos similares se refieren en la literatura para las situaciones consideradas tradicionalmente por la comunidad científica como más adversas, tales como podría ser la rehabilitación del sector anterior del maxilar (8) o las restauraciones sobre implantes de dientes unitarios (9).

Estos datos varían en función del tipo de superficie del implante empleado, del tipo de restauración o de la localización del tratamiento a valorar. La tasa de supervivencia y de éxito de los tratamientos aumenta cuando se emplean superficies rugosas, siendo este hecho más evidente cuando las situaciones son más exigentes, especialmente cuando se aplican protocolos de carga inmediata. En los estudios anteriormente referenciados las rehabilitaciones incluían prótesis sobre varios implantes, si bien estas unían o ferulizaban los implantes. El éxito de los tratamientos variaba en función del número de implantes que soportaban las prótesis. Valorando la situación más desfavorable, la reposición de un solo diente, la tasa de éxito disminuye con respecto a la restauración de múltiples dientes ausentes, así como en función del tipo de superficie empleada, superficies lisas o rugosas, siendo más favorable los datos obtenidos en los estudios en los que se emplearon estas últimas.

La instalación en el hueso de los pacientes de un dispositivo como es un implante necesita que se respeten los principios básicos que requieren cualquier procedimiento quirúrgico a realizar en un paciente. Un principio elemental en cirugía es el conocimiento de la anatomía del área que se va a trabajar. Cuando un diente de mal pronóstico o no mantenible debe ser extraído, puede ser repuesto con un implante. Esta reposición se puede realizar en diferentes momentos tras la exodoncia del diente. Los implantes inmediatos son aquellos que se colocan en el paciente inmediatamente tras la exodoncia del diente.

Según el momento de colocación del implante se han descrito diversos protocolos. En la reunión de Consenso de 2004, Hämmerle et al (10), se describe una nueva clasificación de protocolos quirúrgicos teniendo en cuenta los fenómenos fisiológicos que ocurren en el alvéolo tras la exodoncia de un diente y el momento de colocación del implante.

Esta clasificación describe 4 abordajes diferentes:

**-Tipo 1:**

La colocación del implante se realiza inmediatamente tras la exodoncia del diente. La inserción del implante forma parte del mismo procedimiento quirúrgico. Se consigue de esta manera reducir el número de procedimientos quirúrgicos y, por tanto, el tiempo total de tratamiento.

Como inconveniente presenta que la morfología de la ubicación donde va a ser colocado el implante puede dificultar su ubicación y el anclaje de éste en buenas condiciones. Así mismo, en pacientes que presenten un biotipo gingival fino, el resultado final puede quedar comprometido.

**- Tipo 2:**

La colocación del implante se realiza cuando el paciente presenta cobertura completa del alvéolo por tejido blando tras la exodoncia. Este hecho se consigue tras la espera de 4 a 8 semanas después de la exodoncia del diente. Se extrae el diente y se espera a que la mucosa recubra totalmente el alvéolo.

La mayor ventaja es que el paciente presenta una mayor superficie de tejido blando que facilitará el manejo del colgajo. Equivaldría a la realización de un implante inmediato diferido.

El inconveniente principal es, al igual que en el Tipo 1, que la morfología de la localización puede dificultar la correcta colocación tridimensional del implante, así como la consecución de una estabilidad primaria adecuada.

**-Tipo 3:**

Se engloban en este grupo aquellos implantes que se colocan tras un tiempo de espera en el que se ha producido el relleno sustancial clínico o radiográfico del alvéolo. Este hecho se produce normalmente a las 12 ó 16 semanas tras la exodoncia.

La ventaja principal se traduce en que el relleno del alvéolo facilita la colocación del implante, además la madurez del tejido blando facilita el manejo quirúrgico del colgajo.

Frente a las situaciones anteriormente expuestas, tipo 1 y 2, presenta la desventaja de necesitar un mayor tiempo de espera y por tanto de tratamiento, así como el que las paredes del alvéolo pueden presentar diferentes grados de reabsorción.

**Tipo 4:**

Dentro de este grupo se encuentran aquellas situaciones en las que se coloca un implante cuando el alvéolo está completamente cicatrizado (por encima de 16 semanas).

Presenta una mayor facilidad de manejo quirúrgico, pero requiere de un mayor tiempo de tratamiento total.

Los implantes inmediatos han demostrado una alta tasa de supervivencia (9, 11, 12). La tasa de éxito es la probabilidad de que tanto el implante como los tejidos periimplantarios permanezcan sin cambio durante el periodo de tiempo estudiado. Los tejidos que rodean a los implantes colocados de manera inmediata muestran una cierta variabilidad en el tiempo, estando según los diferentes autores su tasa de éxito entre el 70 % y el 80 % (8, 9, 13).

Desde que la implantología se protocolizó tras la conferencia de Toronto en 1982, en la que el profesor P-I Brånemark aportó un protocolo para la utilización de implantes dentales (14, 15), se consideró éxito el hecho de que un implante quede osteointegrado y éste permaneciera en la boca (14-16).

Ha habido que esperar hasta el siglo XXI para que se incorporaran a los criterios de éxito de un tratamiento con implantes la valoración de los tejidos periimplantarios. Es en 2005 cuando Fürhauser et al, publican un artículo en el que se ofrece una herramienta para poder valorar de forma objetiva el resultado estético de un tratamiento sobre implantes. Describe el índice Pink Esthetic Score (PES) que permite evaluar desde el punto de vista estético, la situación del marco en el que se engloba la restauración protética sobre implantes (17). El estudio describe el resultado obtenido en casos donde el paciente presenta una reposición unitaria implantosoportada comparándola con su homónimo contralateral como referente natural. Cuantifica mediante la estimación de cinco variables a nivel del tejido blando, el resultado de la restauración versus diente natural.

Unos años más tarde, Belser et al en 2009 complementan el PES al describir el índice White Esthetic Score (WES) (18), que analiza el resultado estético valorando lo que llaman la estética blanca. Valorizan otros cinco parámetros relativos al contorno, color, textura y tamaño de la restauración frente al diente natural contralateral, además de los relativos a la estética rosa o Pink Esthetic Score (PES).

Gracias a estos índices aplicados en la evaluación de estudios clínicos se puede puntuar objetivamente el resultado final de restauraciones y tejidos en el caso de prótesis implantosoportadas.

El reto que supone la realización de un implante inmediato estriba en el intento de control del proceso de cicatrización del alvéolo post-extracción. La incorporación de índices como el PES y el WES permite evaluar el comportamiento de las restauraciones y

los tejidos que las rodean. El problema de este tipo de índices es que valoran los resultados estéticos obtenidos después del tratamiento realizado, comparando la situación actual al diente natural contralateral. Sin embargo, no aplican criterios aplicables antes del tratamiento.

El Complex Esthetic Index (CEI) descrito por Juodzbaly et al en 2010 (19). Es un índice más reciente y de mayor complejidad que los anteriores, establecido a partir de las carencias de los índices anteriormente mencionados. Este índice aporta novedades como su objetividad y reproducibilidad inter e intra-examinador.

Dicho sistema se divide en 3 bloques fundamentales:

1. S: índice del tejido blando: variaciones del tejido blando, deficiencias verticales del tejido, variaciones color y texturas, existencia de papila mesial y distal.

2. P: índice predictivo: altura de la cresta interproximal en mesial y distal, biotipo gingival, posición ápico-coronal del implante, deficiencia del contorno horizontal.

3. R: índice restauración implantosoportada: color y translucidez, convexidad vestibular a nivel de la conexión pilar- implante, posición del borde incisal de la restauración, ratio de la corona en longitud y anchura, rugosidad de la superficies y surcos.

En cada bloque se puntúan 5 parámetros, siendo el total de los 5 el 100 % de cada bloque. Cada parámetro se puntúa con un porcentaje que varía entre el 0 y el 20, siendo 20 % un resultado adecuado, 10 % comprometido y 0 % deficiente.

En su trabajo el grupo de Juodzbaly presentan los resultados de la valoración de una muestra de 50 pacientes con una edad comprendida entre 18 y 50 años de edad que fueron sometidos al tratamiento con implantes en zona estética. Dos examinadores experimentados valoran los resultados sobre los tres parámetros. El CEI resulta ser un índice que incorpora la restauración y los parámetros de tejidos blandos y duros es una herramienta reproducible para predecir el éxito de la restauración. Juodzbaly describe un árbol de toma de decisiones (tabla1):

Tabla 1 Árbol de toma de decisiones descrito por Jouzdovalys et al 2010.

Tipo de alvéolos postextracción	Procedimientos quirúrgicos.	Procedimientos estéticos
<b>I gap &lt;2mm</b>	Implante inmediato (IIP)	Restauración provisional inmediata (si el implante es estable).
<b>I gap &gt;2mm</b>	Implante inmediato (IIP) + procedimientos de regeneración ósea guiada (ROG).	Restauración provisional inmediata (si el implante es estable).
<b>II-H (Hard tissue defect)</b>	Implante inmediato diferido (IID)	Ferulización fija o removible durante 3 meses, corona provisional durante la formación de los tejidos blandos.
	Alternativa: IIP + ROG	Provisional inmediato (implante estable)
<b>II déficit de tejido blando.</b>	IID + injerto de tejido conectivo subepitelial (SCGT)	Ferulización fija o removible durante 3 meses, corona provisional durante la formación de los tejidos blandos.
	Alternativa: IIP + SCTG	Provisional inmediato (implante estable)
	IDP + ROG y SCGT	Ferulización fija o removible durante 3 meses, corona provisional durante la formación de los tejidos blandos.
<b>II deficiencias de tejidos blandos y duros.</b>	IID + ROG y SCGT	Ferulización fija o removible durante 3 meses, corona provisional durante la formación de los tejidos blandos.
	Alternativa: II + ROG + SCTG	Coronas provisionales (implante inmediato)
	Alternativa: implante inmediato + ROG	Ferulización fija o removible durante 3 meses, corona provisional durante la formación de los tejidos blandos.
<b>III Deficiente</b>	Implante inmediato diferido después de ROG y SCTG tras posible tratamiento ortodóntico.	Provisional removible o fijo inicialmente; carga inmediata si implante estable.

La osteointegración hoy es un hecho en la mayoría de los implantes que se colocan. El éxito de tratamiento con implantes no radica solo en el que implante se mantenga en la boca de los pacientes. Siendo la osteointegración un objetivo conseguido, la Implantología actual tiene como prioridad el mantenimiento de la salud en los tejidos que rodean al implante, sin olvidar el hecho de conseguir la armonía de la restauración con el entorno que la rodea, dientes, encías y labios del paciente.

Es precisa una clasificación que tenga en cuenta parámetros como los que consideran el CEI de Juozdoyalys donde confluyen factores de tejido blando y duro. Esta clasificación tiene como objetivo facilitar al clínico un informe detallado del caso para la selección del tratamiento más predecible (20).

La búsqueda de la excelencia en los tratamientos con implantes es hoy el reto de la comunidad odontológica. La consecución de un marco apropiado que rodee la restauración en armonía e integración con las estructuras vecinas es el objetivo en los tratamientos con implantes, de forma y manera que dichos tratamientos pasen desapercibidos y simulen el aspecto de un diente natural. Otro gran objetivo es buscar el mayor confort de nuestros pacientes, lo cual obliga a intentar acortar los tiempos de tratamiento y a la aplicación de protocolos restauradores que aseguren la restauración de los espacios desdentados en los que se han colocado implantes, de forma que no se produzca un gran menoscabo estético y funcional del paciente. En muchos de estos casos estará indicada la aplicación de protocolos de carga inmediata de los implantes.

Esta armonía con tejidos y estructuras vecinas y circundantes a los implantes, se consigue merced a una correcta posición tridimensional de los implantes con respecto a la futura restauración que soportarán.

La posición tridimensional del implante con respecto a la restauración será determinante para conseguir el resultado deseado.

Según en I Consensus del grupo ITI (21), la colocación del implante en la correcta posición tridimensional dentro del alvéolo es esencial para el pronóstico del resultado estético de la restauración.

En esta reunión se describe el concepto de zona de confort o distancia mínima necesaria a respetar para mantener el volumen de tejidos periimplantarios estable. La zona de confort se define en las diferentes dimensiones del espacio por las siguientes distancias:

1. En sentido mesiodistal: el implante debe situarse a más de 1 - 5mm de la raíz del diente adyacente.
2. Dimensión orofacial: el implante debe colocarse a 1,5 ó 2mm de margen vestibular.

3. Dimensión corono-apical: el implante debe colocarse 1mm apical al límite amelo-cementario del diente contralateral en zonas sin pérdida de inserción.

Las complicaciones derivadas de no respetar la zona de confort pueden ser las siguientes:

En el estudio de cohortes de De Rouck en 2008 durante un año valora la remodelación de tejidos periimplantarios. En sentido mesiodistal: existe el riesgo de que se reabsorba el hueso interproximal crestal. Dicha reabsorción implica la pérdida de la altura de la papila. Esta pérdida empeora el resultado estético, modificando el perfil de emergencia de la restauración y cambiando los puntos de contactos por superficies de contacto (22).

En sentido vestíbulo-palatino no debe ser colocado demasiado hacia vestibular o demasiado a palatino, lo ideal es seguir la línea imaginaria que une el punto de emergencia de los dientes adyacentes. Una posición más vestibulizada conlleva mayor riesgo de recesión, e incluso dificultades restauradoras. Por el contrario, situar el implante más allá de 2 mm de la línea imaginaria, da lugar a un sobrecontorno hacia vestibular, pudiendo aumentar el tamaño de la restauración en sentido vestíbulo palatino.

En sentido corono- apical si el implante es situado hacia coronal, existe el riesgo de que largo plazo se exponga el cuello pulido, el pilar o la conexión, ocasionando una complicación en sectores anteriores en zona estética. Por el contrario, si el implante es situado más apical, puede dificultar la manipulación protésica, o facilitar la aparición de complicaciones biológicas a largo plazo si fracasa el sellado de la conexión.

La selección de esta posición tridimensional se dificulta más en el caso de estar indicada la realización de un implante inmediato. El conocimiento de la anatomía y de las características específicas de cada localización, contribuyen de forma indispensable a la consecución de un buen resultado.

En el 2017 Buser et al (23) recomienda al clínico verificar en el paciente una serie de parámetros anatómicos previos antes de avanzar hacia un protocolo de implantes inmediatos. Estos parámetros son los siguientes:

- Grosor, altura e integridad de la tabla ósea vestibular.
- Altura y grosor de la tabla ósea palatina.
- Anchura de la cresta en mesial y distal del alvéolo postextracción medidos a 3mm del LAC (límite amelo-cementario) del diente adyacente.
- Altura e inclinación del proceso dentoalveolar.
- Altura del hueso alveolar en el diente adyacente.
- Localización y extensión del canal del nervio nasopalatino.
- Cantidad de hueso disponible en apical y palatino del diente a extraer.
- Tamaño del gap mesio-distal resultante tras la extracción del diente.

Desde el punto de vista anatómico podemos diferenciar dos partes en el maxilar superior y en la mandíbula: el hueso basal o hueso propio del maxilar y el hueso o apófisis alveolar. El hueso del proceso alveolar se desarrolla a partir de las células del folículo dentario y otras que no proceden de él. Se extiende desde el hueso basal y se desarrolla en conjunción con la evolución de los maxilares durante la erupción dentaria, depende por tanto de la existencia de dientes.

## Las arcadas dentarias.

Éstas a su vez tiene en su interior un tejido de mayor trabeculación correspondiente a la médula ósea, de menor densidad y propiedades mecánicas, pero con alta capacidad osteogénica. La esponjosa en su exterior está recubierta por una capa de hueso corticalizado, más compacto y de menor vascularización.

El hueso basal o propio tarda en reabsorberse más tiempo que el hueso dento-alveolar que está diseñado para albergar los dientes en su interior. Una vez que el diente es extraído se pone en marcha una serie de mecanismos remodeladores, ampliamente estudiados en el proceso dento-alveolar, que tienen como objetivo economizar los tejidos anatómicos sin función.

El hueso alveolar es un tejido conectivo especializado mineralizado. Está compuesto principalmente por una matriz orgánica de colágeno tipo I además de diversas proteínas. Las estructuras óseas mineralizadas albergan células responsables del metabolismo óseo. Este grupo de células están formadas por osteoblastos, osteocitos, células de revestimiento y osteoclastos. Los osteoclastos derivan de una línea celular diferente a las anteriores, ya que son células procedentes de la médula ósea eritropoyética.

Los osteoblastos son los encargados de la síntesis de la matriz orgánica formando parte de un frente de avance de aposición ósea. Esta matriz orgánica se va mineralizando y los osteoblastos que se quedan confinados dentro de la matriz orgánica pasan a ser denominados osteocitos pues pierden su capacidad de síntesis. Estas células quedan conectadas entre sí por medio de un sistema de canales que son importantes ya que presentan receptores de mecano-propiocepción. Estos mecano-receptores reciben y transmiten las fuerzas al tejido mineralizado ayudando a su reorganización.

Los osteoclastos están situados en zonas de reabsorción ósea, destruyen el tejido mineralizado mediante la excreción de enzimas que disuelven las estructuras cristalinas de fosfato cálcico de la matriz mineralizada.

La osteogénesis puede producirse mediante por dos mecanismos diferentes: osificación intramembranosa, osificación endocondral. La primera forma de osteogénesis parte del tejido conectivo mesenquimatoso. La segunda forma parte se desarrolla a partir de los cartílagos, en los huesos largos durante las fases del desarrollo embriológico. La osificación intramembranosa se caracteriza por la producción directa de hueso por parte de los osteoblastos diferenciados.

En la cicatrización intramembranosa existe una relación directa entre la formación de vasos sanguíneos y la osificación, siendo las células endoteliales las que estimulan la diferenciación a osteoblastos de las células multipotenciales, además aportan nutrientes y oxígeno a los nuevos tejidos. La osificación intramembranosa se realiza a partir

de tejido conectivo embrionario a diferencia de la endocondral que se inicia por la diferenciación en condroblastos. Sin embargo, los huesos formados por ambos procesos de osificación se convierten en tejidos histológicamente semejantes.

### **Cicatrización alveolar.**

Tras la extracción dentaria se ponen en marcha una serie de mecanismos reparativos fisiológicos. Estos procesos son descritos tanto en la zona extra-alveolar como en la intra-alveolar.

### **Cicatrización intra-alveolar.**

Los fenómenos que acontecen de manera intra-alveolar se han dividido clásicamente por estadios en función del momento en el que suceden.

Amler et al realiza en 1960 (24) un estudio histológico e inmuno-histoquímico de biopsias de alvéolos humanos con intervalos de 2 ó 3 días durante un periodo completo de 50 días. Describe cinco estadios para explicar la secuencia de acontecimientos que ocurren tras la extracción dentaria.

1. Formación del coágulo.
2. Reemplazo del coágulo por tejido de granulación ( a los 7 días).
3. Reemplazo del tejido de granulación por tejido conectivo (a los 20 días).
4. Aparición del tejido osteoide en la base del alvéolo y relleno de los dos tercios de la base del alvéolo por un tejido óseo trabeculado (38 días).
5. Evidencia de epitelización a los 40 días.

Durante las primeras horas se forma un coágulo de células blancas y rojas mediante mecanismos de hemostasia que rellenan las paredes corticalizadas del alvéolo, hasta el tercer día. El coágulo está principalmente conformado por plaquetas y eritrocitos que junto con la fibrina se organizan en haces concéntricos y conforman el tapón plaquetario.

A partir del cuarto o quinto día, el coágulo será reemplazado por un tejido de granulación sintetizado por fibroblastos mediante un proceso de fibrinólisis. Se inicia la angiogénesis a través de la cadena de células endoteliales y con ella la formación de capilares. Comienza a desaparecer la lámina cribiforme o bundle bone.

A partir de las dos semanas tras la extracción, el tejido de granulación es reemplazado paulatinamente por un tejido conectivo mesenquimatoso.

El tipo de osificación que se da lugar en un alvéolo es intramembranosa. Este tejido tiene una matriz fibrosa donde las células mesenquimales se diferencian a células osteoblásticas. Se han identificado una serie de genes que favorecen la diferenciación hacia esa línea celular específicamente y no hacia otras como condrocitos o fibroblastos.

Este tejido conectivo se calcifica dando lugar a un tejido osteoide desde la base del alvéolo y la periferia, de forma centrípeta, hasta el centro de éste. Es ahora cuando comienza a apreciarse un recubrimiento epitelial completo de la parte externa del alvéolo.

A las seis semanas, el hueso trabecular rellena aproximadamente la totalidad el alvéolo y la epitelización es completa. A los 4 meses se finaliza el relleno óseo, con poca actividad osteogénica, teniendo en el interior del alvéolo un hueso de tipo medular y en el exterior un hueso más corticalizado.

Cardarópoli et al en 2003 describe el proceso de remodelación en un estudio realizado en nueve perros mongrel durante un periodo de 120 a 180 días. Se analizan a nivel histológico e histomorfométrico, los cambios intra-alveolares a nivel coronal, central y apical (25). Este estudio tiene la intención de ampliar el estudio de Amler que enfocaba el seguimiento de la secuencia de remodelación a nivel central del alvéolo.

Se describen cuatro zonas.

1. Zona A: El borde marginal de esta zona se localiza 1 mm apical a la línea que conecta el borde mesial y distal del alvéolo.
2. Zona B: Esta zona se localiza en la mitad del alvéolo.
3. Zona C: El borde apical de esta zona se localiza 1mm coronal a la extensión apical del alvéolo.

Todas estas zonas fueron seleccionadas a 1 mm de altura (en dirección ápico- coronal y cubren la anchura mesio-distal del alvéolo. Son excluidas de las medidas histomorfométricas las áreas que presentan ligamento periodontal. A partir de los resultados del estudio, se concluye que a los 3 días de la extracción el coágulo rellena por completo la zona de la extracción. Ese coágulo es reemplazado por matriz formada por células mesenquimatosas que poseen la capacidad de diferenciarse en osteoblastos, condrocitos o adipocitos a partir del séptimo día. A las dos semanas el tejido del alvéolo es hueso inmaduro, que se osifica en un 88 % a partir de los 30 días tras la extracción. La médula ósea del alvéolo pasa de ser un 60 % el día 60 a un 85 % a los 180 días.

### **Cicatrización extra-alveolar.**

Araujo et al, en 2005, realizan un estudio en perros Mongrel para determinar los cambios dimensionales de remodelación o modelación que se producen en la cresta ósea alveolar tras la extracción de un diente (26). Son un total de 12 perros incluidos en el estudio donde se elevan un colgajo lingual y vestibular a espesor total en el tercer y cuarto cuadrante. Se realiza la hemisección de las raíces de los premolares. La raíz distal es extraída, se elimina la pulpa de la raíz mesial y el tejido gingival se sutura sobre el alvéolo. Los perros son sacrificados a la primera, segunda, cuarta y octava semana postextracción. Los resultados indican que existen alteraciones dimensionales marcadas a partir de la

octava semana tras la extracción de los premolares mandibulares. La actividad osteoclástica o de reabsorción ósea es evidente en las tablas vestibular y lingual a nivel crestal, siendo la tabla vestibular aquella que se reduce más en altura. Sin embargo, la reducción es más acusada en sentido horizontal. Concluyen que la reabsorción de las tablas vestibular y lingual se produce en dos etapas. Primero, se reabsorbe el bundle bone, que es reemplazado por un hueso lamelar; y luego existe otra segunda reabsorción de las superficies externas de ambas paredes, sin embargo, no consiguen descifrar el porqué de esa segunda pérdida ósea.

El estudio de Scropp et al en 2003 en humanos (27) valora la remodelación del alvéolo tras la extracción dentaria. En un total de 46 pacientes (31 mujeres y 15 hombres). Se toman impresiones del tejido blando y del contorno óseo, se realizan mediciones del estatus periodontal del paciente y radiografías periapicales individualizadas mediante una huella de silicona. La media de la anchura del proceso alveolar es 12mm (8,6 - 16,5 mm). El punto más ocluso-vestibular se sitúa de media 1,3mm más apical que el más ocluso-palatino. En función de la anchura del proceso alveolar la reducción es del 50 % de la tabla vestibular a los 12 meses, de los cuales un tercio alrededor de 0,8mm de huesoápico-coronal ocurre en los tres primeros meses.

Según la revisión sistemática de Tan et al en 2012 de estudios realizados en humanos, la mayor parte de la remodelación ósea se produce en la tabla vestibular en sentido horizontal. Presenta de media una reabsorción horizontal de  $3,79 \pm 0,23$  mm, mayor que en sentido vertical de  $1,24 \pm 0,1$  mm en la tabla vestibular,  $0,84 \pm 0,62$  mm en mesial,  $0,80 \pm 0,71$ mm en distal a los 6 meses. El porcentaje de cambios dimensionales sentido vertical a los 3 meses es del 32 %, a los 6 meses de 29 – 63 %. Los cambios en el tejido blando demuestran una disminución del grosor del 0,4 - 0,5mm a los 6 meses de la tabla vestibular y lingual. Los cambios horizontales del tejido blando y duro ( $0,1 \pm 0,1$ mm) serán mayores que los verticales a los 12 meses (28).

En el estudio en perros de Araujo et al en 2005, se valora la remodelación de tejidos tras la colocación de un implante en un alvéolo post-extracción donde realizan la hemisección de las raíces de los premolares mandibulares previamente endodonciados (29). Se evalúa la cicatrización extra-alveolar mediante la extracción dental cuidadosa elevando un colgajo posteriormente suturado. Las muestras histológicas de la primera, segunda, cuarta y octava semana de cicatrización revelan que los cambios volumétricos ocurren principalmente en la tabla vestibular, aunque también existe reabsorción de la tabla palatina. Esta tabla vestibular en su porción más coronal suele estar formada por una fina capa de hueso que limita y se relaciona íntimamente con el ligamento periodontal, este hueso es también denominado fasciculado o bundle bone. El bundle bone desaparece tras la extracción ya que su irrigación corre a cargo del ligamento periodontal, lo que se traduce en una mayor reducción de la altura vertical de la pared vestibular del alvéolo, aunque también se produce reabsorción de la pared lingual. La altura de la tabla vestibular

de una cortical fina se remodela en mayor medida que una cortical gruesa. A las 12 semanas del estudio la tabla vestibular se localiza 2,5mm apical a la tabla lingual.

Previamente en el 2004, Boticelli et al realizaron un estudio en humanos, 18 pacientes con 21 dientes (incisivos, caninos o premolares) que serían extraídos mediante la elevación de un colgajo. Tras la colocación del implante inmediato y su re-entrada quirúrgica a los 4 meses existe un reducción horizontal del 56 % y lingual del 30 % (30).

En relación a la importancia clínica de levantar un colgajo o hacer una cirugía sin colgajo o flapless Blanco et al, en el 2008 realiza un estudio en 5 perros Beagles mediante la colocación de implantes en alvéolos post-extracción (31). Diseñan dos grupos, el grupo control donde la cirugía de implantes implica la elevación de un colgajo mucoperióstico hasta la línea mucogingival y el grupo test donde no se eleva ningún colgajo (transalveolar o flapless). Los perros son sacrificados a los tres meses. Los resultados de este estudio indican que la diferencia entre levantar colgajo o hacerlo transalveolar, no es estadísticamente significativa. Se obtiene diferencia de 1,33 / 0,82mm de reabsorción en casos de cirugía con elevación de colgajo frente a la cirugía transmucosa. Los dientes cercanos a la zona donde no se levantó colgajo tienen un periodonto normal, sin embargo existen signos de pérdida de inserción en los dientes involucrados en la elevación del colgajo

### **Cicatrización extra-alveolar e implante inmediatos:**

El protocolo de colocación de los implantes inmediatos o postextracción supone en ocasiones poder disminuir el número de intervenciones quirúrgicas y según algunos autores, podría modular la reabsorción fisiológica que acontece en un alvéolo post-extracción (32).

En relación a la remodelación ósea que se produce en un alvéolo por cicatrización espontánea versus la remodelación tras la colocación del implante inmediato, Vignoletti et al en 2012 realizaron un estudio en perros Beagles (33). En un total de 8 perros se extraen mediante la elevación de un colgajo, los terceros y cuartos premolares donde se colocan implantes de dos y una pieza en las raíces distales. Los alvéolos de las raíces mesiales sirven de zonas control. Después de 6 semanas de cicatrización, los animales son sacrificados y se preparan las muestras. Se valoraron un total de 32 implantes, y 32 alvéolos post-extracción como control. En los resultados que recogen Vignoletti et al, la reabsorción de la tabla vestibular es similar en relación a la lingual en ambos grupos. Los implantes inmediatos presentan una reabsorción de la tabla vestibular fue de 2,32mm (SD 0,36), que no es tan exacerbada en los alvéolos naturales.

Caneva et al, en 2010 desarrolla un estudio para evaluar la influencia de la posición del implante en el alvéolo postextracción. La población de estudio son seis perros labradores, en los que coloca implantes en la mandíbula donde previamente se han

extraído los premolares de tercer y cuarto cuadrante (34). En el grupo control, los implantes son colocados en el centro del alvéolo con la superficie rugosa infraósea y el cuello pulido de 0,8mm de altura a nivel supracrestal. En el grupo test, los implantes fueron situados en la raíz distal a 0,8mm de profundidad con respecto a la cresta ósea y en una posición más lingualizada, se mide la distancia del hombro del implante con la cresta mediante un calibre tanto en vestibular como en lingual. Se colocaron pilares de cicatrización en ambos grupos para suturar los colgajos de forma no sumergida, es decir, suturando el tejido periimplantario alrededor de los pilares y no por encima de ellos. Tras 4 meses de cicatrización se realiza la eutanasia de los perros y el procesado de las muestras. Los resultados demuestran que la colocación de implantes en alvéolos post-extracción no previene la remodelación ósea que se produce de manera fisiológica. El punto de contacto hueso implante cercano del hombro era más coronal en el grupo test de forma estadísticamente significativa.

Conocer la realidad de la morfología del proceso alveolar nos servirá para la planificación de la colocación de implantes inmediatos, ya que en el estudio de Pette et al 2012, concluye que aunque utilicemos regeneración ósea guiada en el gap entre el alvéolo y el implante para modular la remodelación ósea horizontal posterior, la pérdida ósea alveolar en altura y anchura estará correlacionada a la altura inicial de la pared vestibular (35).

## Factores que afectan a la remodelación del alvéolo tras un implante inmediato.

Los factores que afectan a la remodelación ósea de un alvéolo postextracción con independencia de la colocación de un implante inmediato o no, parecen ser múltiples y aún no están completamente descritos.

### **Tipo de alvéolo:**

El tipo de alvéolo que presenta el paciente tras una extracción es determinante en el devenir del tratamiento. Siguiendo a Elian et al en el 2007 describe 3 tipos de alvéolos posibles que implicaran diferentes tipos de abordajes de tratamiento (36).

1. Alvéolo tipo I: el tejido blando vestibular y la tabla ósea vestibular están a nivel normal en relación a la línea amelo-cementaria del diente que será extraído y permanece intacta tras la extracción.
2. Alvéolo tipo II: el tejido blando vestibular está presente, pero la tabla vestibular está parcialmente ausente tras la extracción dentaria.
3. Alvéolo tipo III: el tejido blando vestibular y la tabla ósea vestibular están marcadamente reducidas tras la extracción dentaria.

Si se planea un tratamiento en el que está indicado un implante inmediato, de todas las modalidades de alvéolos, el tipo I es el más fácil y predecible de tratar. La mayoría de los casos exhiben los mejores resultados estéticos. Sobre todo, en casos donde exista un espesor de tejido blando medio o grueso o biotipo gingival

Los alvéolos tipo II son los más difíciles de diagnosticar, sobre todo en casos donde se realiza una cirugía de colocación de implantes inmediatos transalveolar o a ciegas. Son situaciones donde un clínico con escasa experiencia puede tener un fracaso estético a largo plazo si opta por la colocación de un implante inmediato. Se sugiere que procedimientos de preservación alveolar en este tipo II consiguen resultados más predecibles y con mejores resultados estéticos.

Los alvéolos tipo III son más los difíciles de tratar, representando un reto para el clínico experimentado, ya que requieren de cirugías de reconstructivas del proceso alveolar previas a la colocación del implante, buscando el aumento tanto de tejidos duros, como de blandos. Exige una correcta planificación del tratamiento desde el punto de vista quirúrgico y rehabilitador.

### **Grosor de la pared vestibular:**

Según el artículo de revisión de Buser et al en 2017 (23) las complicaciones estéticas de los implantes inmediatos son variables y están frecuentemente asociados a una recesión gingival medio-vestibular >1mm ( de media en el 26 % de los casos). Explica que

después de 2008, para minimizar este error, los estudios posteriores seleccionan casos donde la tabla vestibular esté intacta (Alvéolo tipo 1 de Elian et al) y con biotipos medios o gruesos.

La anchura mínima vestibular necesaria para minimizar la reabsorción vertical de las paredes no ha sido establecida actualmente. En un estudio clínico Spray et al en el 2000 (37) presenta una muestra de 3061 implantes en los que mide el espesor de la tabla vestibular en un primer estadio tras la preparación de la osteotomía y en un segundo estadio tras la segunda fase quirúrgica y exposición del implante. El tiempo de cicatrización para la osteointegración que espera en mandíbula ronda los 3 ó 4 meses y en maxilar de 6 a 8 meses. Los resultados indican que la media de grosor de la tabla vestibular tras la osteotomía es de  $1,7 \pm 1,13$ mm. Con un espesor de 1,8 ó 2mm, la pérdida ósea de la tabla vestibular asociada al proceso de remodelación óseo fisiológico es menor. Por tanto, concluyeron que la delgadez crítica de la pared vestibular para reducir la pérdida ósea estaría alrededor de 2mm.

En el estudio de Ferrus et al (38) en 2010 el grosor de la tabla vestibular es considerado un factor que puede alterar la remodelación del proceso alveolar tras la colocación de un implante en un alvéolo postextracción. A mayor grosor de la tabla vestibular, menor reabsorción posterior (entorno a  $-0,4 \pm 1,3$ mm). De la misma forma, localizaciones con espesores de tabla vestibular estrechos ( $< 1$ mm) presentaban una pérdida vertical más acusada ( $-1,2 \pm 2,1$ mm).

La literatura se ha focalizado sobre todo en estudiar la anatomía de los procesos alveolares de dientes situados en zona estética. El estudio desarrollado por Huynh-Va et al en 2010, cuyo objetivo es analizar las dimensiones de la tablas óseas de dientes en zona estética (desde incisivos a premolares maxilares) dónde va a realizar una cirugía para colocación de un implante inmediato. Es un estudio prospectivo multi-céntrico que engloba la colocación de 93 implantes inmediatos unitarios en zona estética incluyendo hasta el segundo premolar. Se mide el grosor de la tabla vestibular y palatina a nivel intraoperatorio, mediante un calibre, durante la cirugía de colocación del implante. Los valores medios para la tabla vestibular eran de 0,5 – 1mm en el 71% de las localizaciones (40,9 % son espesores de 0,5 mm). Tan solo el 6,5 % de la muestra presenta un grosor de 2mm ó más. Para la tabla palatina, el 60,2 % presenta un grosor de 0,5 - 1mm, sin embargo, un 20,5 % presenta valores mayores o iguales a 2mm. En resumen, en sectores antero-superiores se puede encontrar que en un 87 % de los casos el grosor de la tabla vestibular es inferior de 1mm  $p < 0,056$  (39).

El grosor de la tabla vestibular ha sido un parámetro reciente estudiado en conjunto con las utilización de la tomografía de haz cónico (CBCT). Mediante la utilización de esta prueba es posible observar el alvéolo en tres dimensiones. Se ha empleado como

método mínimamente invasivo para estudiar la anatomía alveolar. Parecer ser que la ausencia de la tabla vestibular puede detectarse con una frecuencia entre el 24 y el 57 % de los casos evaluados (40, 41). Este hecho parece estar asociado a una mayor recesión.

### **Anclaje o disponibilidad ósea apical:**

La existencia de hueso alveolar apical al alvéolo va a permitir, en el caso de indicarse un implante inmediato, conseguir la estabilidad necesaria del implante para permitir su correcta cicatrización. Así mismo, la relación entre la morfología del alvéolo y su orientación con respecto a la correcta posición tridimensional del implante y la disponibilidad ósea apical al alvéolo van a facilitar el proceso de inserción del implante de manera inmediata tras la extracción del diente.

La morfología del proceso alveolar residual es crucial para determinar la orientación del implante. Carvalho et al en 2006 describieron el concepto de triángulo óseo, siendo este el hueso basal residual apical al proceso alveolar (42).

La posición del implante podría verse afectada por la angulación de este triángulo óseo basal, que a su vez es vital para lograr la estabilidad primaria para un implante inmediato. Relacionar la angulación del proceso basal con respecto a la emergencia de la restauración, es un parámetro a tener en cuenta sobre todo en zonas de compromiso como los incisivos laterales, caninos y primeros premolares superiores.

La diferencia entre la emergencia correcta de la corona del implante y la angulación ideal de este triángulo óseo apical debe ser de 10 grados buscando el poder realizar una prótesis atornillada convencional sin la ayuda procedimientos de regeneración ósea (43).

Muchas situaciones clínicas requieren procedimientos quirúrgicos adicionales, aparte de todas las consideraciones mencionadas anteriormente, para fabricar prótesis atornilladas con una emergencia de la conexión adecuada.

En el sector anterior buscamos el restaurar los implantes con prótesis retenidas mediante tornillos, evitando el cementar coronas sobre implantes que se sitúan de manera clara subgingivalmente en aras de conseguir una mejor estética (43). La emergencia correcta de los tornillos de retención será a nivel del cingulo de los dientes a restaurar (8).

Muchas situaciones clínicas requieren procedimientos quirúrgicos adicionales, aparte de todas las consideraciones mencionadas anteriormente, para fabricar prótesis atornilladas con una emergencia de la conexión adecuada. Las fenestraciones apicales de la tabla ósea en la región anterior del maxilar son comunes a la hora de seleccionar una posición adecuada del implante para facilitar las soluciones restauradoras atornilladas. Las fenestraciones apicales de la tabla ósea en la región anterior del maxilar son comunes cuando en soluciones restauradoras atornilladas.

En el estudio de Chan et al de 2014 (44), realizan una investigación con la ayuda de la tomografía de haz cónico (CBCT) para averiguar la incidencia de fenestraciones y el riesgo asociado a la planificación virtual del implante en sector maxilar estético. Las dehiscencias son descritas como áreas en la que no existe hueso alveolar recubriendo el margen coronal de la raíz. Las fenestraciones son definidas como ausencia de tejido duro sobre la superficie radicular situada a nivel del tercio medio o apical.

Chan et al en 2014 describen la importancia entre el ángulo del reborde alveolar y el implante colocado. Sobre una muestra total de 48 CBCT presentan una angulación entre de 124,32° de los rebordes alveolares y 110,91° en los implantes. El 18,75 % del total de los implantes colocados presentaron fenestraciones. La discrepancia de angulación y la profundidad de la concavidad entre estos parámetros es mayor en los sitios con fenestración (19,93°) que en los no fenestrados (13,05°). Concluyen que la aparición de fenestraciones es común (aproximadamente 20 %) si el implante está colocado siguiendo el eje axial de la restauración.

Estudios anatómicos como el de Leung et al en 2010 advierten aspectos relevantes a tener en cuenta, como la existencia de concavidades profundas en el hueso alveolar alrededor del ápex, lo que se convierte en una situación de riesgo, especialmente en la región del incisivo lateral y de los premolares debido a la disponibilidad limitada de hueso alveolar. En este estudio de Leung et al en 2010 utiliza 13 cráneos con 334 dientes para poder diagnosticar las fenestraciones y dehiscencias mediante la realización de mediciones directas sobre los cráneos. Estas medidas son comparadas con las mediciones hechas en el CBCT. Con un vóxel de 0,38mm y 2 mA se pueden visualizar los parámetros con un valor predictivo negativo alto ( $\geq 0,95$ ) y un valor predictivo positivo bajo (dehiscencia, 0,50; fenestración, 0,25) (45). Cuando se puede visualizar un defecto mediante CBCT, es en la mitad de los casos una dehiscencia y en un cuarto de los casos una fenestración. El valor predictivo negativo es de 0,93 para dehiscencias y 0,98 para fenestraciones. Eso significa que cuando no encontramos un defecto en esta prueba lo más probablemente es que no exista en la realidad.

### **Anchura del alvéolo:**

En el artículo de Levine et al de 2017 (46) se describen diez puntos clave para obtener éxito estético en los implantes unitarios de sector anterior. Dentro de los parámetros de riesgo estético se encuentra la anchura del espacio desdentado que debe ser mayor o igual a 7mm en una situación de riesgo estético.

Podemos diferenciar dos tipos de alvéolos:

- a- Los anchos o mayores de 7mm.
- b- Los estrechos con una anchura menor de 7mm.

Los anchos tienen espacio suficiente para colocar un implante de diámetro estándar (alrededor de 4 mm), suelen presentar idealmente una disponibilidad ósea apical mínima de 4mm, disponibilidad ósea en palatino para anclar el implante, una anchura de 2mm de tabla ósea vestibular y una situación ápico-coronal de esta a menos de 2mm de la tabla ósea palatina. Son en este tipo de situaciones en las que los implantes inmediatos tienen su indicación ideal, en simultáneo con relleno óseo del espacio remanente entre implante y pared del alvéolo e injerto de tejido blando (47).

Mención aparte son los dientes con múltiples raíces, ya que tras su extracción pueden presentar septos o tabiques óseos que suelen suponer zonas de anclaje extra. En el estudio de Smith et al en 2013 (48) establece una nueva clasificación de tipos de alvéolos de molares que van a ser reemplazados por un implante inmediato. Describe tres categorías:

- Alvéolo A: la parte coronal del implante está contenida por el centro del septo o tabique central que sirve de anclaje.
- Alvéolo B: el implante queda estabilizado, pero no contenido dentro del septo central, existe un gap o espacio entre el implante y las paredes.
- Alvéolos C: no existe un septo adecuado para la estabilización del implante.

En el mismo trabajo de Smith et al describen unas dimensiones medias para la anchura de las raíces a nivel del límite amelo-cementario de las raíces. La anchura vestibulo palatina de los primeros y segundos molares superiores son 10,7mm; para los primeros molares mandibulares es 9mm y los segundos 8,8mm (48).

Por el contrario, los alvéolos estrechos suelen disponer de escasa cantidad de hueso tanto apical al alvéolo, como en palatino donde poder anclar el implante buscando la estabilidad primaria de este. Obligan a seleccionar un implante de menor diámetro, pudiendo presentar con facilidad fenestraciones o dehiscencias en la preparación del lecho implantario y suelen estar acompañados de una mayor discrepancia en altura entre la tabla vestibular y la tabla palatina.

### **Relación entre el proceso dento-alveolar y el diente:**

Kan et al en 2011 pone en relevancia la importancia de la relación espacial entre el proceso alveolar y el diente. En su estudio retrospectivo sobre 100 pacientes utilizando el CBCT describe una clasificación de 4 relaciones distintas entre los dientes anteriores en sector estético y el alvéolo (49).

- Clase I: la raíz se posiciona próxima a la tabla ósea vestibular, en palatino existe suficiente cantidad de hueso para colocar un implante. Representa el 81,1 % de la muestra estudiada.

- Clase II: la raíz está centrada en el medio del alvéolo sin contactar con la tabla vestibular y palatina en el tercio apical. En este caso existe hueso en apical para poder anclar un implante, supone un 6,5 % de los dientes revisados.

- Clase III: la raíz se posiciona cerca de la tabla palatina. Clínicamente la disponibilidad ósea se encuentra en vestibular y obtienen este tipo en el 0,7 % de las situaciones revisadas.

- Clase IV: al menos los dos tercios primeros de la superficie radicular están en contacto con ambas tablas, es el 11,7 % de los casos revisados. Quizás es la más compleja porque el grosor de ambas tablas es mínimo sobre el diente y la única disponibilidad ósea es en apical para anclar un implante inmediato.

### **Morfología del hueso remanente y calidad ósea:**

La pérdida del diente puede dar lugar con el tiempo a la reabsorción completa del hueso alveolar, dejando tan solo el hueso basal o propio del maxilar o mandíbula. Lekholm y Zarb et al en 1985 (50): clasifican esta situación de la siguiente manera:

- Clase A: no hay reabsorción del hueso alveolar. El hueso cortical es denso.

- Clase B: reabsorción ligera del hueso alveolar. La zona trabecular es densa y la cortical es compacta.

- Clase C: reabsorción total del hueso del proceso alveolar, pero se mantiene íntegro el hueso.

- Clase D: reabsorción ligera del hueso basal. Cortical fina y esponjoso en la cresta y hueso trabecular fino.

- Clase E: Reabsorción completa del hueso basal, sólo presenta un hueso muy esponjosa.

Los mismos autores Lekholm y Zarb en 1985 describieron una clasificación en función de la calidad ósea.

Tipo 1: la cortical es gruesa y densa y el volumen del hueso esponjoso en escaso.

Tipo 2: la cortical es gruesa y densa con mayor de hueso esponjoso que en el tipo 1.

Tipo 3: La cortical es fina, el volumen óseo está compuesto fundamentalmente por hueso esponjoso.

Tipo 4: La cortical es mínima, el volumen ósea está formado por hueso esponjoso o medular.

La calidad ósea es un factor pronóstico determinante para el éxito de la supervivencia del implante, en función de esta será más sencillo el conseguir la estabilidad primaria del implante, uno de los factores esenciales para conseguir la osteointegración, siendo el tipo hueso 4 en el que encontramos una menor tasa de éxito.

Misch et al en 1999 (51) describen un clasificación de calidad ósea.

D1 - Cortical densa.

D2 - Cortical esponjosa y trabéculas finas.

D3 - Cortical esponjosa (delgada) y trabéculas finas.

D4 - Trabéculas finas.

Se han propuesto diversas modificaciones en las técnicas quirúrgicas para mejorar el éxito de los implantes situados en zona de escasa densidad ósea y alvéolos postextracción en donde el contacto hueso implante puede ser insuficiente para una correcta estabilidad primaria del implante. Un estudio de González-Martin et al, sobre técnicas de infra-fresado apical en implantes postextracción consiguen disminuir la tasa de remodelación ósea en el tercio apical mediante la visualización de CBCT pre y postquirúrgico 6 meses después (52).

En la tomografía computarizada (CT), los valores de escala de grises se presentan como unidades Hounsfield (53) (HU), que están basados en una escala estándar coeficientes de rayos X relativo a la densidad agua, fue descrito por Misch en 2008 (51). Las UH se representan en escala de grises. Los valores a nivel de los tejidos corporales, se distribuyen entre: -1000 a + 1000. Se puede clasificar a los tejidos según su coeficiente de atenuación en: Aire (< - 1000) , Agua (0), Pulmón (- 400 a - 600), Hueso (> + 400), Tejidos blandos (+ 40 a + 80), Grasa (- 60 a - 100). Parece que las unidades HU del CBCT son mayores que los medidos en CT convencional. Norton et al en 2001 (tabla 2) proponen una clasificación con el objetivo de tener una escala con las diferentes densidades óseas mediante la utilización de la tomografía computarizada (54).

Tabla 2 Escala para densidades óseas y UH ( Norton et al 2001(54))

Calidad (Lekholm y Zarb/Misch))	UH	Área anatómica
<b>Tipo 1 / D1</b>	> 850	Sínfisis mandibular
<b>Tipo 2 / D2</b>	500 - 850	Premaxila y zona posterior mandibular
<b>Tipo 3 / D</b>	0 - 500	Zona posterior del maxilar
<b>Tipo 4 / D4</b>	0	Tuberosidad

Si la resistencia del hueso al fresado se relaciona con la densidad ósea, ésta será un factor predictivo de la estabilidad primaria del implante. Tradicionalmente, los parámetros y clasificaciones de la calidad ósea se basaban principalmente en la densidad ósea, que podría estimarse mediante el uso de unidades de Hounsfield derivadas de conjuntos de datos de la tomografía computarizada multidetector (TCMD). Sin embargo, existen diferencias cruciales entre MDCT y CBCT, lo que complica el uso de valores de escala de grises cuantitativos (GV) para este último. Tanto en la investigación experimental como en la clínica, se puede observar que puede existir una gran variabilidad de GV en las imágenes CBCT debido a varias razones que están inherentemente asociadas con esta técnica (es decir, la amplitud del campo, la alta cantidad de radiación dispersa y las limitaciones actuales). Aunque se han hecho intentos para corregir la variabilidad de la GV, se puede decir que el uso cuantitativo de las GV en la CBCT debe ser evitado actualmente. Según el estudio de Pauwels et al de 2015, la calidad de imagen cada vez mejorada del CBCT permite mostrar patrones de hueso trabecular, lo que indica que puede ser posible aplicar métodos de análisis estructural que se usan comúnmente en micro tomografía computarizada o micro-CT e histología (55).

Según el estudio de Isoda et al, la calidad ósea evaluada mediante CBCT muestra una correlación alta con la estabilidad primaria. Por eso la valoración previa de la calidad ósea mediante CBCT puede ayudar al clínico en la planificación quirúrgica del caso (56).

### **Posición tridimensional del implante:**

En los implantes inmediatos el estudio de Boticelli et al 2006 (30) describe la reabsorción de los procesos alveolares vestibular y lingual posterior a la colocación de un implante inmediato. Como recomendación clínica, los implantes deben ser situados más hacia lingual (palatino) y subcrestal para conseguir mejor perfil de emergencia (57, 58)

Estos estudios están en sintonía a los publicados por Caneva et al en 2010 dónde los resultados no previenen de la reabsorción crestal tras los implantes inmediatos, y es mayor en vestibular, de media 2,5mm que en lingual 0,7mm a los 12 meses. Divide 2 grupos dónde el implante está colocado en el centro del alvéolo y la interfase superficie pulida/rugosa a nivel de la cresta ósea en el grupo control y otro grupo test dónde se sitúa el implante se sitúa sobre la tabla lingual y 0,8mm subcrestal el cuello pulido. El estudio concluye que a nivel clínico los implantes inmediatos deben situarse 1mm subcrestal a nivel de tabla vestibular y hacia lingual en relación al centro del alvéolo para disminuir la exposición derivada de la reabsorción ósea posterior (34).

### **Diseño macro y microscópico del implante:**

También se debe tener en cuenta aspectos relacionados con el implante como su longitud, superficie y diámetro; ya que, según Caneva et al en 2010, colocar implantes que rellenen el alvéolo no previene de la reabsorción ósea crestal, es incluso mayor que en alvéolos dónde se coloca un implante cilíndrico convencional (34).

Siguiendo el hilo de la importancia del macrodiseño y microdiseño de los dispositivos implantarios, un estudio de Koutouzis et al (2014) defiende que la ubicación de la conexión implante-pilar puede ser de gran importancia en el resultado estético de la restauración y, a menudo se coloca en una posición más apical para crear un perfil de emergencia ideal. Además, es común después de la colocación del implante localizar parte de la conexión en una ubicación subcrestal porque la morfología de reborde alveolar no es siempre plana (59). La conexión que menor pérdida ha demostrado ser dentro del concepto platform switching es el cono morse. El estudio de Koutousi, el CBCT se utilizó para determinar el nivel de la cresta vestibular y lingual marginal periimplantaria. La aparición del CBCT en 1998, supuso un importante avance en el diagnóstico radiográfico ya que disminuye considerablemente la dosis de radiación con respecto a la tomografía convencional y se ha distribuido mundialmente, de forma que representa la opción actual para la obtención de la mayor información de los tejidos duros del paciente. La evaluación de imágenes CBCT mostró que fue posible localizar la cresta vestibular y palatina en los 30 casos. Con la radiografía periapical, no podemos localizar con precisión el nivel óseo en vestibular y lingual. Por lo que el CBCT nos aporta mucha más información.

Esto está de acuerdo con un estudio publicado por Vera et al en 2012 que evaluó las alteraciones óseas vestibulares tras la colocación de implantes inmediatos y diferidos. Encontraron que el nivel óseo vestibular podría ser visualizado inmediatamente y 1 año después de la colocación del implante en 13 de 15 casos utilizando CBCT con un tamaño de vóxel entre 0,15 y 0,30mm (60).

En el estudio de Koutousis et al en 2014, un sistema CBCT con un tamaño de voxel es de 0,076. Se ha estudiado que un tamaño de vóxel de 0.125mm pueden propor-

cionar mediciones precisas de corticales finas. Los resultados del presente estudio demostraron diferencias en las respuestas de hueso periimplantario entre los implantes colocados con su conexión implante pilar a diferentes profundidades en relación con la cresta alveolar. Más específicamente, a los 12 meses, todos los grupos de implantes demostraron significativamente diferentes posiciones crestales; el grupo 2 con la conexión a 2mm de la cresta vestibular mantienen la mayor posición subcrestal. Además, los implantes colocado con la interfase IAI a 1 y 2mm apical a la cresta vestibular demuestran un mayor porcentaje de superficies de implante con hueso, coronal a la plataforma del implante en comparación con los implantes colocados con la IAI en el nivel de la cara vestibular. No hubo diferencias entre los grupos a nivel del primer contacto hueso implante. Sin embargo, los implantes colocados con la interfase al nivel de la tabla vestibular muestran significativamente menor remodelación vestibular comparado con los implantes colocados con la interfase apical a 2 mm de la tabla vestibular.

No obstante, debido a los altos porcentajes de reabsorción ósea en el sector anterior, es necesario realizar técnicas regenerativas además del procedimiento de enterrar el implante para evitar la futura exposición del implante y poner así en compromiso la estética final del tratamiento.

Las hipótesis sobre la etiología de la remodelación ósea crestal alrededor de los implantes se pueden clasificar en tres propuestas principales (61):

- Los primeros estados de hipótesis gira en torno a un factor mecánico que perjudica a los tejidos circundantes cuando se transmiten las fuerzas oclusales a través del componente de prótesis al implante. Este creará fuerzas de compresión y tensión en la cresta hueso, causando la respuesta del tejido periimplantario.

- La segunda hipótesis argumenta que el infiltrado de células inflamatorias causado por bacterias situadas en el microespacio entre el implante y el pilar activará los cambios en el hueso crestal.

Otros autores demostraron que era el movimiento del infiltrado inflamatorio hacia el hueso alveolar el que causa una pérdida neta de tejido. Los resultados indican que los mediadores proinflamatorios tales como la interleuquina 1 (IL-1) y factor de necrosis tumoral (TNF) tienen la capacidad de activar las vías que conduce a la destrucción del tejido y la reabsorción ósea (62).

Por lo tanto, no era sólo la filtración bacteriana a través del epitelio y sus subproductos los que causan daños directos sobre los tejidos, sino también la respuesta del paciente. Con lo que se concluye que factores genéticos, sistémicos del paciente, hábitos y factores locales como motivos de extracción, condiciones del alvéolo antes y después de la extracción, así como el espesor de la tabla vestibular, son factores que se conocen como influyentes en la cicatrización y el nivel de reabsorción.

Garant demostró la secuencia destructiva de la inflamación y la respuesta del sistema inmunitario en un modelo de rata. Un denso infiltrado de neutrófilos se concentra proximal al hueso del paladar que en 24 horas desarrolla daño óseo rápido, caracterizado por microfracturas del periostio y necrosis de osteocitos y osteoblastos (63).

- La tercera hipótesis afirma que es una respuesta adaptativa de la anchura biológica a la condición local y no está relacionado a factores de estrés o factores inflamatorios. Berglundh et al. informaron que es necesario un espesor mínimo de mucosa; de lo contrario, la remodelación de la cresta ósea se produce, ya que el tejido blando periimplantario puede ser menos eficiente y menos estable (64). A nivel histológico, la unión del tejido blando al implante está compuesta por epitelio y conectivo. La función de ambos es proteger al tejido óseo subyacente de irritantes procedentes de la cavidad oral.

Gould et al (1984) describen a los hemidesmosomas y la lámina dura como mecanismo de fijación, sin infiltrado inflamatorio, similar al del diente natural. Al contrario, la composición del conectivo y la disposición de células difieren de su unión al diente. Debido a la falta de cemento y fibras de tejido conectivo unidos a la superficie del implante, el tejido conectivo yace estrechamente adaptada a la superficie de titanio, se separa constantemente por una capa de proteoglicano de 20 micras (65).

Listgarten et al en 1996 observan una orientación más o menos paralela de las fibras de colágeno hacia la superficie del implante, y la no evidencia de inserciones de fibras en las irregularidades de la superficie lisa o rugosa (66).

Berglundh et al informan de la misma configuración de fibras paralelas del tejido conectivo cuando se enfrentan a la superficie de un pilar. El tejido conectivo periimplante contiene más fibras de colágeno y menos fibroblastos que el tejido conjuntivo relacionado con los dientes. La importancia de esta diferencia no se entiende completamente, pero pueden comprometer la capacidad de sellado de la conectivo tejido, así como la adherencia epitelial que conduce a remodelación dimensional ósea periimplantaria (67).

El estudio de Caram et al en 2014 tiene como objetivo evaluar radiográficamente la respuesta de los tejidos periimplantarios en torno a diferentes configuraciones de la interfase implante-pilar. Los diseños pilar del implante que se proponen en este estudio crearon dos variables de adaptación de los tejidos blandos diferentes y tres variables de la interfase del microgap diferentes. Estudian 6 conexiones diferentes que prueban clínica y radiográficamente sin complicaciones técnicas ni biológicas. Los implantes en una sola pieza no sumergidos con perfil recto demuestran menor remodelación del hueso crestal. El grupo con perfil de implante-pilar cóncavo no mostraron diferencias estadísticas entre ellos. Sin embargo, la pérdida de la cresta ósea se produjo alrededor de todos los implantes con un diseño cóncavo con el nivel de hueso colocados sistemáticamente apical a la concavidad. Además, cuando existe una concavidad, existe remodelación de la cresta ósea

y se estabiliza apical a la concavidad independientemente del microgap. Apoya la idea de que la adaptación de la respuesta de la anchura biológica en función de las condiciones locales: la pérdida ósea ocurre en los implantes de diseño cóncavo. Por lo que la anchura biológica en este caso no es un concepto lineal tradicional; más bien está relacionada con la cantidad del tejido blando (mayoritariamente tejido conectivo) que rodea a los implantes. En resumen, la concavidad podría mejorar el mecanismo de protección de los tejidos blandos, permitiendo a más conectivo rodear el componente transmucoso del implante. Sin embargo, necesitan este estudio necesita más experiencia clínica (68).

Aun cumpliendo los criterios hasta ahora expuestos, existen casos en los que no son suficientes para asegurar el resultado de la terapia en zonas estéticas. Sobre todo en zonas como son principalmente (8):

1. Zona interproximal. La presencia de tejido blando mesial y distal a un implante en el momento de cerrar el espacio interproximal es un factor importante para conseguir una estética agradable. La presencia de los “triángulos negros” es un elemento percibido como muy antiestético tanto para el paciente como para el clínico. Para que la papila se forme, se requiere la presencia de un nivel de inserción adecuado en el diente natural, así como una distancia mínima de 1.5mm-2mm entre el implante y el diente natural (69).

2. Zona vestibular. Esta zona puede poner al clínico en dificultad si no tiene en cuenta el déficit horizontal o vertical de los tejidos que puede llevar consigo problemas de naturaleza estética. Una falta de volumen en sentido horizontal, puede afectar al color de la mucosa periimplantaria, mientras una recesión de los tejidos hacia apical pueden dejar al descubierto una parte del pilar, que con su coloración gris es uno de los elementos más antiestéticos percibidos en una sonrisa (70).

### **Influencia del protocolo quirúrgico:**

Que la extracción sea realizada con técnica de colgajo o sin ella, es un tema en controversia: si influye o no en la posterior reabsorción. Blanco et al en 2008 comprobó que en la zona vestibular si existe una ligera diferencia de mayor reabsorción según la técnica se realice con o sin colgajo, siendo esta última la de menor repercusión(31). Este fenómeno se debe a la intervención de la irrigación sanguínea en el mismo, como vasos supraparióísticos, del ligamento periodontal y del hueso alveolar.

Tras la extracción, los vasos del ligamento periodontal desaparecen, reduciéndose así la fuente de vasos existentes. Si, además, se procede al levantamiento de un colgajo mucoperióstico, los vasos supraparióísticos se ven también comprometidos; quedando únicamente la irrigación del hueso alveolar. En cambio, en la técnica “flapless”, además de los vasos del hueso alveolar, se mantienen los vasos supraparióísticos al evitar la elevación del colgajo (71).

- Colocación de implantes inmediatos si el alvéolo no presenta infección y es candidato para una buena estabilidad primaria del implante, colocados sin levantar colgajo. El aumento quirúrgico del volumen de los tejidos blandos y/o duros evitan el compromiso del éxito del proceso de osteointegración y favorezcan el acondicionamiento del tejido adecuado con la restauración provisional (23).

Mauricio y Araujo et al en 2011 publicaron un artículo que defendía el relleno del gap como método profiláctico en implantes inmediatos para que el remodelado mejorase y no comprometiese a la estética final (72).

Existen situaciones clínicas, en las que son necesarias técnicas adicionales que favorezcan y conduzcan a la obtención óptima de los tejidos blandos y duros. El espacio entre el implante y la pared del alvéolo, se conoce como “dimensión del defecto horizontal” o “distancia de salto” (72).

Tomasi et al en 2010, demostraron que el grosor de la pared vestibular y palatina del alvéolo está íntimamente relacionado con el relleno del gap vestibular y palatino que ocurre durante la cicatrización (73).

Varios estudios como el de Zhou et al en 2014 muestran que cuando esta distancia es de 2 mm o menos, no se requiere la colocación de relleno óseo o de una membrana, pero si la cresta es fina (igual o menor a 1mm) habrá menos relleno óseo, de forma que, localizaciones con un grosor de la pared vestibular mayor a 1mm y un gap mayor de 1mm cicatrizarán con un mayor relleno del gap y con una menor reabsorción vertical de la cresta; pero no hay que olvidar mencionar que, tras la extracción del diente natural, el reconocido “bundle bone” (parte de hueso alveolar alimentado por el ligamento periodontal) se reabsorbe a las ocho semanas de la exodoncia, por lo que se requiere un aumento de contorno que acompañe a la colocación del implante para evitar un resultado estéticamente comprometido (74).

Este aumento tisular puede realizarse con la técnica de regeneración ósea guiada; consistente la colocación de partículas óseas autólogas o de xenoinjerto, situadas en el espacio que existe entre la pared del alvéolo y el implante y la cobertura de una membrana de colágeno empapada en sangre y colocada a doble capa para darle mayor adaptabilidad y estabilidad que ayude al mantenimiento de los tejidos a largo plazo según Buser et al en 2013 (75)

Huynh.Va et al en 2018 realizaron un análisis donde determinaron que la mayoría de los alvéolos en localización estética presentaban un grosor igual o menor de 1mm, por lo que consideraron que gran parte de estas localizaciones necesitarían procedimientos de aumento óseo para conseguir un contorno adecuado y por tanto una mejor estética (12).

### **Estabilidad primaria del implante:**

La estabilidad primaria es el resultado del contacto entre el hueso y la superficie del implante tras su colocación sin movilidad diagnosticada clínicamente. Si existen movimientos al introducir el implante nunca podrá realizarse la carga inmediata. Se entiende, por tanto, que la estabilidad primaria, es el factor clave en este tipo de tratamientos. Los sistemas de valoración de la osteointegración son muy útiles debido al actual incremento de demanda de implantes con carga inmediata, por el mayor confort que pueden proporcionar al paciente, así como la estética inmediata (23).

Por esta razón, los métodos de análisis de frecuencia, se convierten en una herramienta eficaz para el diagnóstico y predictibilidad del tratamiento. Estos métodos son precisos, coherentes y aportan medidas fiables de estabilidad. El análisis de frecuencia de resonancia es considerado un test de flexión medido con un dispositivo denominado Osstell, donde el transductor ejerce una fuerza mínima en la interfase hueso-implante. (76)

Para realizar la medición es necesario enroscar un dispositivo denominado “Smartpeg”; barra de metal fijada al implante atornillándolo de forma manual con un instrumento plástico que suministra el fabricante, con un torque de 4 ó 5 N. La parte más superior del smartpeg recibe los impulsos magnéticos desde el dispositivo portátil, haciendo vibrar la barra en dos direcciones casi perpendiculares y se mueve en sentido a la resonancia más alta y en la otra dirección hacia la frecuencia más baja. Los valores obtenidos son de la escala centesimal Impant Stability Quotient o cociente de estabilidad del implante (ISQ) medidos con la escala de frecuencia en unidades kHz en un rango que va desde 1 a 100. Cuanto mayor sea la estabilidad con la que hemos colocado el implante mayor valor ISQ obtendremos. La escala ISQ es universal para todos los implantes. Los sistemas de análisis de frecuencia ayudan a la decisión de cuándo cargar el implante y evitar así el fracaso en situación de alto riesgo, siendo un sistema de garantía de calidad en la práctica clínica. Cuando se obtienen valores ISQ por debajo de 55 debemos tomarlo como una señal de alerta y aplicar medidas que mejoren la estabilidad. (77).

Recientemente, Tanaka et al en 2018 utiliza el análisis de frecuencia de resonancia (AFR) para medir los cambios en la estabilidad de los implantes dentales durante la osteointegración. Este estudio retrospectivo tiene como objetivo evaluar la estabilidad del implante en el momento de la colocación del implante (estabilidad primaria; PS) y la estabilidad secundaria (SS) después de la osteointegración con RFA, e investigar la relación entre la estabilidad del implante y el grosor del hueso cortical.

En total de 113 pacientes se colocaron 229 implantes en la región mandibular (118) o en la región maxilar (111), con procedimientos de aumento óseo en algunos casos. Se realizaron mediciones de RFA en 3 direcciones, y se registró el valor más bajo. Además

también se midió el grosor preoperatorio de la cortical en el sitio de colocación del implante mediante tomografía computarizada (CBCT), excluyendo los casos de injertos óseos y la colocación inmediata de implantes. Las mediciones son realizadas en 3 puntos, uno a nivel del centro del implante y otras dos medidas a 2 mm del centro del implante en vestibular y lingual.

En los resultados del estudio el cociente medio de estabilidad del implante (ISQ) fue de  $69.34 \pm 9.43$  para PS y  $75.99 \pm 6.23$  para SS. El grupo de implantes mandibulares tenía valores ISQ medios significativamente más altos que el grupo de implantes situados en maxilar para PS y SS ( $P < 0.01$ ). Se encontró una diferencia significativa en los valores ISQ medios para PS entre la cirugía en 1 ó 2 fases ( $P < 0,5$ ). Los valores medios de ISQ en el grupo de no aumento fueron mayores que en el grupo de aumento para PS y SS ( $P < 0.01$ ). Se observó una débil correlación positiva entre el grosor del hueso cortical y la estabilidad del implante para PS y SS en todos los casos ( $P < 0.01$ ).



## Diagnóstico por imagen

Las pruebas radiográficas complementarias son importantes por la cantidad de información que aportan al clínico en el tratamiento odontológico. Los estudios radiográficos preliminares permiten indicar opciones terapéuticas además de completar el diagnóstico médico. Existen pruebas con diferentes grados de precisión y extensión.

Dentro de las pruebas bidimensionales tenemos varias opciones diagnósticas:

La radiografía intraoral periapical que constituye un recurso frecuente en la consulta odontológica por su inmediatez para informar de detalles anatómicos relevantes. A partir de ella se pueden solicitar registros más avanzados. Esta prueba tiene limitaciones asociadas al momento de la toma, como es la posición de la radiografía con respecto al sujeto, el movimiento del sujeto. Es una prueba en dos dimensiones, con un campo de visión limitado al área de la placa radiográfica, pues las estructuras tridimensionales son proyectadas sobre una placa plana. Nos aporta información detallada de estructuras periodontales de interés como: el espacio del ligamento periodontal, la morfología de la cortical, los defectos infraóseos, la forma de las raíces, la longitud del tronco radicular, el estado endodóntico del diente, la presencia de caries, etc...

Tradicionalmente, la ortopantomografía es la prueba radiográfica extraoral más utilizada para el estudio de la anatomía de la anatomía ósea del paciente. Esta prueba junto con la radiografía periapical muestran de forma bidimensional la altura, densidad ósea y relación con los antecedentes anatómicos de interés. Esta prueba requiere de un detector que se mueve junto con el tubo de rayos X alrededor del sujeto a explorar durante la captura de la imagen. La radiografía panorámica es una tomografía curva donde el plano de interés es curvilíneo a lo largo del alineamiento de las arcadas. Dentro de las limitaciones de esta prueba se destacan: una menor resolución, la magnificación impredecible y los sesgos de una incorrecta posición de la cabeza del sujeto (78).

La ortopantomografía no consigue apreciar estructuras como la fosa submandibular / sublingual y las variaciones de la extensión de la morfología de los senos maxilares. También es conocida la dificultad para reconocer el trayecto del nervio dentario inferior (79).

La precisión de la radiografías bidimensionales en la evaluación de los tejidos periimplantarios no es comparable a la de la tomografía de haz cónico o al micro tac computarizado (MCT) (80).

La tomografía convencional se basa en el movimiento tanto del detector como del tubo de rayos X durante la captura de las imágenes. Tradicionalmente se ha aplicado al estudio de estructuras con alto contraste, como la articulación temporomandibular y en la planificación de implantes.

La tomografía convencional ha sido reemplazada por MCT y CBCT. Las limitaciones de la tomografía convencional incluyen: una baja resolución, la edición de la prueba está íntegramente definida por el radiólogo, malestar y molestia del paciente. (Klinge et al. 1989; Ylikontiola et al. 2002)

Según Benavides et al en 2011 la introducción de la tomografía computarizada de haz cónico (CBCT) a finales de 1998 representó un avance sin precedentes en el campo de la radiología dental y maxilofacial, ya que reduce en gran medida la exposición a la radiación para los pacientes. El CBCT es una técnica avanzada de imágenes digitales que permite al operador generar cortes multiplanares de una región de interés, para reconstruir una imagen 3D de dichas estructuras mediante el uso de un cono giratorio en forma de haz de rayos X a través de una serie de algoritmos matemáticos. Los cortes pueden ser de 0,5mm ó 1mm (81).

La imagen en 3D que proporciona un CBCT parece ser una herramienta preoperatoria útil para la planificación. Se obtienen en cualquier plano mediante la reconstrucción primaria de la imagen en formato DICOM (Digital Imaging and Communication in Medicine).

El equipo de CBCT utiliza un haz de rayos X de forma cónica (en lugar de plano o en abanico que es el utilizado en TC) y un detector especial, por ejemplo, un intensificador de imagen. El equipo orbita alrededor del paciente durante 20 - 40 segundos y en un ciclo o escaneo toma imágenes de un volumen cilíndrico o esférico descrito como campo de visión. Como toda la información que se obtiene de un solo escaneo, el paciente debe permanecer absolutamente quieto durante toda la exposición.

El tamaño del campo de visión cilíndrico o esférico varía según la máquina. Cuando se usa un campo de visión grande (15 cm de diámetro) la mayoría del esqueleto maxilofacial entra en la forma cilíndrica o esférica. Obtenidos los datos del escaneo, el ordenador recopila la información en pequeños cubos o vóxeles (0,15mm x 0,15mm x 0,15mm) proceso denominado reconstrucción primaria. Un escaneo suele contener más de 100 millones de vóxeles. Los diferentes softwares permiten que el operador escoja los vóxeles que desee en los planos sagital, medio y coronal o axial (reconstrucción secundaria o multiplanar). Las imágenes sagital, coronal, axial aparecen simultáneamente en el monitor del ordenador. Al seleccionar y mover las líneas del cursor en una imagen, por ejemplo, la sagital, automáticamente se alteran los otros dos cortes, coronal y axial reconstruidos, permitiendo así que las imágenes puedan deslizarse en tiempo real. La reconstrucción multiplanar también permite seleccionar vóxeles en otros planos. Así, por ejemplo, es posible graficar la curvatura y la forma del arco dentario para dejar que el ordenador construya una imagen panorámica compuesta por vóxeles que coinciden con la forma del arco graficado (82).

Así mismo, es posible reconstruir imágenes transversales de cualquier porción del maxilar y, con el programa adecuado, producir imágenes tridimensionales. El equipo suele emplear un haz pulsado de luz de kilovoltio alto (90 - 110 kV) para minimizar la absorción del tejido blando. Así, por ejemplo, durante un escaneo que dura 20 segundos, el paciente se expone a las radiaciones ionizantes por sólo unos 3,5 segundos. Se ha estimado que la dosis efectiva total es del orden de 0,035 - 0,10mSv (usando los factores de peso del tejido ICRP) según la longitud del escaneo, el tamaño del campo de visión y el tipo de equipo utilizado. Esto equivale a aproximadamente 2 - 8 radiografías panorámicas convencionales. Es considerablemente menor que una tomografía de mandíbula y maxilar. Que equivale a 200 - 300 radiografías panorámicas. El nivel de exposición de un escaneo es menor que la exposición anual ambiental(81).

El objetivo es obtener una imagen de mayor calidad con la menor dosis de radiación posible. La disminución de la radiación se realiza mediante la optimización del sistema de rayos X, permitiendo modelar las imágenes utilizando radiación pulsada o limitando el tamaño del foco. Para conseguir la mayor definición de la imagen y poder diferenciar los diferentes tejidos anatómicos existen radiaciones de baja energía (60 - 90 KV).

La imagen que obtiene un CBCT es similar al TAC convencional como una gran avance el software. Estos programas de edición de las imágenes en tres dimensiones aportan una enorme variedad de posibilidades para conseguir el máximo rendimiento de la información obtenida.

Las imágenes en 3D generadas por esta técnica ofrece la posibilidad de mejorar el diagnóstico y la planificación del tratamiento para una amplia gama de aplicaciones clínicas: traumatología dental, tratamiento endodóntico, cirugía apical o cirugía de implantes.

La llegada de la CBCT ha hecho posible visualizar la dentición, el esqueleto maxilofacial, y la relación de las estructuras anatómicas adyacentes en tres dimensiones. El uso de CBCT en la profesión dental está aumentando exponencialmente debido a un aumento de los fabricantes de equipos y la creciente aceptación de esta modalidad de imagen. Las imágenes son reconstruidas en un ordenador y su calidad depende del tamaño del vóxel del movimiento del paciente mientras se registra la prueba, objetivos radiopacos cercanos al área a evaluar.

Recientemente se han incrementado las publicaciones sobre dicha prueba diagnóstica en revistas de impacto, siendo utilizado para valorar la anatomía de los senos maxilares, la variabilidad anatómica del loop del nervio dentario inferior a nivel del orificio mentoniano, trazado del nervio dentario inferior, tratamientos endodónticos, valoración de la precisión de la planificación de cirugía guiada posterior a la colocación de los im-

plantes e incluso hallazgos accidentales insospechados como calcificaciones en la carótidas en individuos con antecedentes de accidentes cardiovascular cerebral y variaciones en el nervio palatino anterior.

Se ha demostrado que el CBCT reproduce adecuadamente el volumen de las estructuras anatómicas dentarias con mediciones cuantitativas exactas en estudios in vitro y su posterior correspondencia in vivo, siendo un método mínimamente invasivo.

El CBCT puede ser considerada como un preciso método para medir el volumen de hueso bucal alrededor de los implantes, ya que no se ha demostrado diferencia estadística entre las mediciones del modelo real y los de la imagen de CBCT en un estudio hecho en cadáveres. Pero parece ser necesario en algunos casos un mínimo de estructura para ser visualizado mediante CBCT.

En el estudio de Pactas et al en 2012 sobre la precisión de las medidas óseas obtenidas con CBCT. Las diferencias de medias, que van desde - 0.13 a + 0.13 mm, no fueron estadísticamente significativas, pero los límites de concordancia mostraron discrepancias en las mediciones tan grandes como 2.10 mm, dependiendo de la medición y la resolución (83).

Gracias a esta prueba podremos ahondar en el conocimiento de la anatomía ósea de una muestra representativa de la población del medio que nos rodea.

En el CBCT la resolución espacial es prácticamente la misma en todas direcciones, mientras que con las imágenes en CT se ha encontrado una pérdida de resolución en el cambio de formato de la sección transversal. Cuando necesitamos cortes más estrechos en el CT para obtener datos exactos, se necesita mayor dosis de radiación para visualizar la imagen con la misma calidad. En el estudio de Abboud et al 2013, verifican pequeñas diferencias entre las mediciones realizadas en tejidos duros entre el CT y el CBCT pero sin significación clínica (84).

Por lo que el objetivo del estudio sería valorar la disponibilidad ósea del paciente mediante las mediciones de las imágenes de los procesos alveolares en zonas dentadas previa a la cirugía de colocación de implantes inmediatos en pacientes dentados diferenciando grupos de edad, sexo, raza, ya que se han encontrado diferencias significativas en cada uno de estos aspectos.

Las dosis de otras técnicas radiográficas exploratorias son 10 - 14  $\mu\text{Sv}$  en una ortopantomografía, de 34.9  $\mu\text{Sv}$  a 388  $\mu\text{Sv}$  para una serie periapical y de 474  $\mu\text{Sv}$  a 1162  $\mu\text{Sv}$  para una tomografía convencional. La dosis media está entre 13 - 479  $\mu\text{Sv}$  dependiendo del campo de visión, la longitud del escaneo, y el sistema utilizado(85).

Uno de los avances más importantes del CBCT con respecto a la tomografía convencional es la reconstrucción tridimensional y la posibilidad de imprimir modelos tridimensionales que reproducen los maxilares y sus características, así como férulas estereolitográficas o elementos para la reconstrucción de defectos óseos fabricados de xenoinjerto o materiales como el titanio (86).



## PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

La colocación de implantes dentales postextracción o implantes inmediatos es una práctica habitual en las clínicas dentales en la actualidad. Son múltiples los factores que influyen en conseguir un resultado satisfactorio, tanto desde el punto de vista de la salud de los tejidos periimplantarios, como del resultado estético del tratamiento:

- El posicionamiento tridimensional correcto del implante es un factor de capital importancia para conseguir un resultado estético óptimo.
- El hueso remanente apical alvéolo será determinante para el anclaje del implante y por tanto de su estabilidad primaria.
- La existencia o no de la pared vestibular del alvéolo y su grosor serán así mismo factores clave para conseguir la estabilidad posicional y dimensional de los tejidos blandos que se sitúen alrededor de la restauración.
- La dirección de la raíz del diente a extraer y su relación con el alvéolo marcará la complejidad quirúrgica del caso.

Como se puede observar, el conocimiento de las características anatómicas de la zona a tratar facilitará la consecución de un tratamiento exitoso, buscando una correcta estética de la restauración (necesidad de un correcto posicionamiento tridimensional del implante) y salud y estabilidad de los tejidos periimplantarios.

El objetivo del presente estudio es valorar las características anatómicas de las diferentes localizaciones candidatas a recibir un tratamiento con implantes inmediatos o postextracción.



## OBJETIVO

Hipótesis nula: Actualmente la CBCT es utilizada en la planificación de implantes postextracción por su capacidad para reproducir de la manera más exacta la anatomía de los tejidos duros de la cavidad oral, tanto en sectores anteriores como posteriores.

### **Objetivo principal**

Valorar el grosor de la tabla vestibular de los dientes de la arcada superior e inferior en puntos situados a diferentes alturas.

### **Objetivos secundarios**

1. Estudiar el grosor de la tabla palatina a 2mm de la cresta.
2. Valorar la distancia de la cortical vestibular y la cortical palatina o lingual al límite amelo-cementario.
3. Conocer la posición de la porción más coronal de la cortical vestibular con respecto a la porción más coronal de la cortical lingual o palatina en sentido ápico-coronal en las diferentes localizaciones.
4. Valorar el grosor de la tabla vestibular a 2mm de la cresta en las diferentes localizaciones.
5. Establecer la disponibilidad ósea en sentido ápico-coronal existente apical al alvéolo en las diferentes localizaciones.
6. Medir la anchura del proceso alveolar a nivel coronal.
7. Establecer las diferencias en la calidad ósea en unidades Hounsfield del proceso basal en las diferentes localizaciones.
8. Calcular el ángulo existente entre el eje del diente y el eje del hueso remanente apical al alvéolo en las diferentes localizaciones.
9. Medir la disponibilidad ósea en anchura de los tabiques inter-radicales a nivel de los dientes multirradicales.
10. Medir la disponibilidad ósea en anchura del proceso basal o triángulo óseo.

# INFORME DEL COMITÉ ETICO DE INVESTIGACION CL



## Informe Dictamen Favorable Proyecto Investigación Biomédica

C.P. MORFOLOGÍA HUESO - IMPLANTE DENTAL (HAZ CONICO) - C.I. 2333

### CEI del Hospital Universitario Virgen Macarena

Dr. Víctor Sánchez Margalet  
Secretario del CEI del Hospital Universitario Virgen Macarena

#### CERTIFICA

1º. Que el CEI del Hospital Universitario Virgen Macarena en su reunión del día 25/04/2014, ha evaluado la propuesta del promotor referida al estudio:

**Título:** ESTUDIO DE LA MORFOLOGÍA ÓSEA DEL PROCESO ALVEOLAR MEDIANTE EL USO DE TOMOGRAFÍA DE HAZ CÓNICO

**Código Promotor:** MORFOLOGIA HUESO - IMPLANTE DENTAL (HAZ CONICO) **Código Interno:** 2333  
**Promotor:** Investigador

1º. Considera que

- El estudio se plantea siguiendo los requisitos de la Ley 14/2007, de 3 de julio, de Investigación Biomédica y su realización es pertinente.
- Se cumplen los requisitos necesarios de idoneidad del protocolo en relación con los objetivos del estudio y están justificados los riesgos y molestias previsibles para el sujeto.
- Son adecuados tanto el procedimiento para obtener el consentimiento informado como la compensación prevista para los sujetos por daños que pudieran derivarse de su participación en el estudio.
- El alcance de las compensaciones económicas previstas no interfiere con el respeto a los postulados éticos.
- La capacidad de los Investigadores y los medios disponibles son apropiados para llevar a cabo el estudio.

2º. Por lo que este CEI emite un **DICTAMEN FAVORABLE**.

3º. Este CEI acepta que dicho estudio sea realizado en los siguientes CEI/Centros por los Investigadores:

CEI de los Hospitales Universitarios Virgen Macarena y Virgen del Rocío

José Vicente Ríos Santos  
*Universidad de Sevilla*

Lo que firmo en Sevilla, a 25 de abril de 2014

Fdo:



Dr. Víctor Sánchez Margalet  
Secretario del CEI del Hospital Universitario Virgen Macarena

## MATERIAL Y MÉTODO

### **Población**

Se presenta un estudio descriptivo transversal realizado sobre tomografías de haz cónico (CBCT).

Pacientes que son referidos al departamento de Periodoncia de la Universidad de Sevilla desde enero a diciembre de 2014. El comité ético del Hospital Universitario Virgen Macarena de Sevilla aprueba este estudio no intervencionista (ilustración 1). Aprueba la adquisición de las imágenes, que no fueron tomadas específicamente para este estudio (número 0159-N-14, PEIBA 2333 de la junta de Andalucía, España). Las imágenes fueron extraídas de los CBCT del banco de pruebas diagnósticas del departamento de Periodoncia indicadas para la cirugía de colocación de implantes.

Los pacientes se seleccionaron de manera consecutiva comenzando por la exploración más próxima en el tiempo al momento de comenzar el estudio.

Un total de 49 pacientes (edad media de 40,3 años) cumplieron los criterios de inclusión (19 hombres y 30 mujeres), lo que resulta en una muestra de 407 dientes analizados. Se declaran nulos 4 dientes por razones estadísticas, por lo que se valoran finalmente 403 dientes. 208 son dientes superiores y 195 inferiores. Para el maxilar superior: 32 incisivos centrales, 34 incisivos laterales, 33 caninos, 25 primeros premolares, 25 segundos premolares, 31 primeros molares y 28 segundos molares. Para mandíbula: 39 centrales, 38 incisivos laterales, 35 caninos, 37 primeros premolares, 25 segundos premolares, 10 primeros molares y 11 segundos molares.

Se analizaron todos los dientes presentes en la boca de los pacientes seleccionados para el estudio

### **Aparatología y software de radiodiagnóstico**

Las exploraciones utilizadas para el estudio se realizaron en un aparato de RX Planmeca ProMax 3D que utiliza técnica de espiral con un grosor de 0,2 mm de corte (200 µm como tamaño del vóxel, 200 mm de campo de visión (FOV), 90 kV, 10 mAs y 1 mm de paso).

### **Codificación y procesamiento de las imágenes**

Como se ha comentado con anterioridad, los CBCT utilizados para el presente estudio se seleccionaron de la base de datos de la facultad de odontología de la Universidad de Sevilla, no se adquirieron específicamente para este estudio.

Los estudios de CBCT fueron anónimos y se guardaron dentro de una computadora protegida con un software específico para la planificación de implantes. Las imágenes se

guardaron en formato Digital Imaging and Communications in Medicine (DICOM) y se realizaron las mediciones mediante un software específico Adobe Photoshop CS5, siendo valoradas por 3 examinadores pre-calibrados.

Las imágenes capturadas del escaneo se guardaron con el zoom estándar del visor Romexis de Planmeca y se exportaron a Adobe Photoshop CS5 para poder ser evaluadas.

### **Criterios de inclusión – exclusión**

Los criterios de inclusión fueron:

1. Pacientes con ausencia de enfermedades sistémicas de una enfermedad grave, particularmente las relacionadas con el metabolismo óseo, diabetes no controlada.
2. Pacientes que no recibieron tratamiento de radioterapia o quimioterapia en los últimos 5 años.
3. Pacientes que no presentaran enfermedades autoinmunes o abuso de drogas.
4. Pacientes que no estuvieran en periodos de embarazo o lactancia.

Los criterios de exclusión fueron de carácter local:

1. Presencia de imágenes de radiolucidez periapical mayor que el tercio apical.
2. Presencia de angulación severa de la raíz, en el corte no se consigue reunir la corona y el ápice del diente.
3. Presencia de reabsorción radicular severa.
4. Evidencia radiográfica de necesidad de procedimientos regenerativos simultáneos.

### **Calibración de los examinadores**

Las mediciones de las imágenes se realizaron por tres examinadores calibrados. Para su calibración se utilizaron imágenes de 10 CBCT seleccionados de forma aleatoria aleatoria, cada examinador realizó las valoraciones de los 10 estudios en 2 días diferentes, con 48 h de diferencia, registrando el grado de reproducibilidad. El coeficiente de correlación (CCI) intra-examinador e inter-examinador fue de 0,98 y 0,97, respectivamente (tablas 3 y 4).

Intra-examinador	Cervical <sup>1</sup>	1A <sup>2</sup>	1B <sup>3</sup>	1C <sup>4</sup>
Examinador A	0,994	0,977	0,994	0,998
Examinador B	0,999	0,992	0,991	1,0
Examinador C	0,991	0,875	0,994	0,998

Tabla 3 Calibración de los examinadores: coeficiente de correlación intra-examinador.

Inter-examinador	Cervical	1A	1B	1C
1º medida	0,993	0,964	0,993	0,998
2º medida	0,994	0,897	0,989	0,997

Tabla 4 Calibración de los examinadores: coeficiente de correlación inter-examinador.

### **Análisis de las imágenes de las CBCTs**

Las imágenes de los CBCT se analizaron en dos ordenadores, ambos con sistema operativo Windows 7, procesador Intel Core i-7 con una resolución de monitor de 1366 x 768. Los datos se reconstruyeron con un tamaño de imagen de 401 x 401 vóxel 200 µm, 90 Kv, 14 mA, 12,249 s y DAP 12,3 (mGy / cm<sup>2</sup>).

La herramienta de selección de forma de arco se sitúa en el centro a lo largo de la mitad del arco en el plano axial. El grosor del hueso alveolar se evaluó observando la imagen de la sección transversal realizada en el punto medio del diente paralelo a su eje axial (Ilustración 1).

<sup>1</sup> Cervical: Primera medida del espesor de la tabla vestibular a 2mm de la cresta ósea.

<sup>2</sup> 1A: Medida del espesor a nivel del punto A, es decir a nivel del punto más coronal de la cresta ósea.

<sup>3</sup> 1B: Medida de espesor en el punto B, es decir a 4mm del punto A anterior.

<sup>4</sup> 1C: Medida del espesor en el punto C, es decir a nivel del ápice del diente.

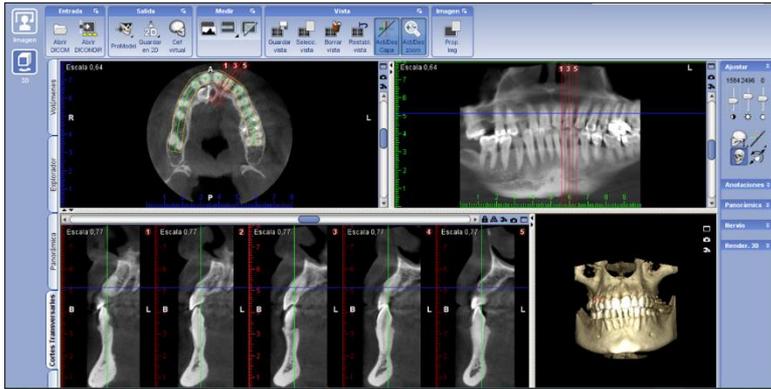


Ilustración 1 Selección del corte axial tras dibujo del arco sobre el escaneado

El punto del corte para dibujar el arco pasa a través del centro de la raíz. Para realizar las mediciones, se seleccionan exploraciones sagitales a partir de los datos reconstruidos, lo que da como resultado imágenes en las que está presente la raíz completa y

la corona del diente con el límite amelo-cementario visible en el mismo corte.

Se seleccionaron un corte diferente para los dientes con múltiples raíces, uno por cada raíz a estudiar, considerándose cada raíz de manera independiente. El eje axial del diente determinó el corte.

Las imágenes de escáner capturadas se guardan con la herramienta zoom estándar del visor Romexis de Planmeca y se exportaron a Photoshop CS5 para poder evaluarlas y realizar las mediciones.

### Parámetros o variables locales

#### 1. Grosor óseo de la tabla alveolar en vestibular:

Se mide el grosor de la cortical y medular vestibular mediante las herramientas del software Photoshop CS5 a distintas alturas. Para ello se traza una línea que siga el eje axial del diente y se marcan tres puntos descritos a continuación a diferentes alturas en la pared vestibular. A partir de esos puntos seleccionados y en sentido perpendicular a eje axial del diente, se mide el grosor desde la superficie radicular hasta la

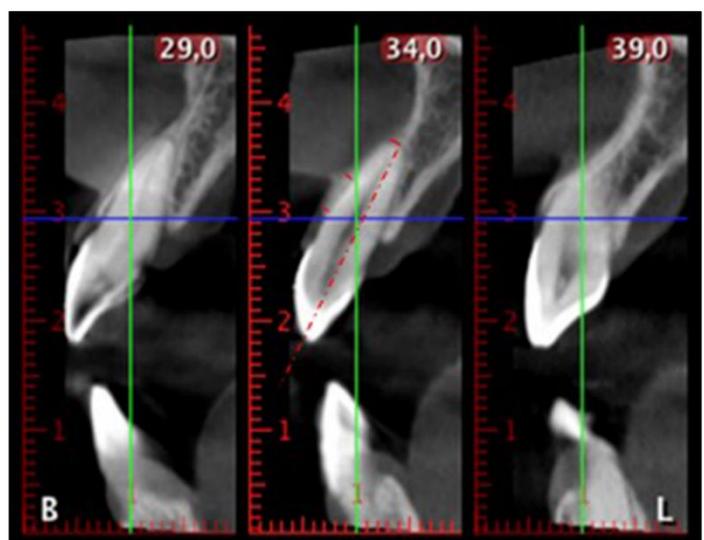


Ilustración 2 Valoración del espesor de la tabla vestibular en A, B y C.

parte más superficial de la tabla vestibular. Todas las medidas anteriores se realizarán perpendiculares al eje axial del diente (ilustración 2). Los tres puntos de referencia son:

1. Punto A: Grosor de la pared a nivel del punto más coronal de la cresta o cercano al límite amelo-cementario (LAC): distancia desde la superficie radicular hasta la zona más superficial de la tabla vestibular
2. Punto B: Punto intermedio a 4 mm más apical del punto A inicial: distancia desde la superficie radicular a 4mm de altura desde el punto B, hasta la parte más superficial de la tabla vestibular.
3. Punto C: Grosor a la altura del ápice o de la constricción apical: distancia entre la superficie radicular y la superficie externa de la tabla vestibular.

Las imágenes son procesadas con una resolución de 72 pixeles/inch guardadas mediante el zoom estándar de Planmeca Romexis viewer y exportadas al software Photoshop CS5 para ser medidas.

Todas las mediciones realizadas mediante el software Photoshop CS5 Adobe Photoshop CS5, Adobe Systems Incorporated, 345 Park Avenue, San Jose, California 95110, USA. Las imágenes son calibradas a las medidas reales en unidades del sistema internacional (mm) a través de la regla milimetrada incorporada que aparece en todas las imágenes

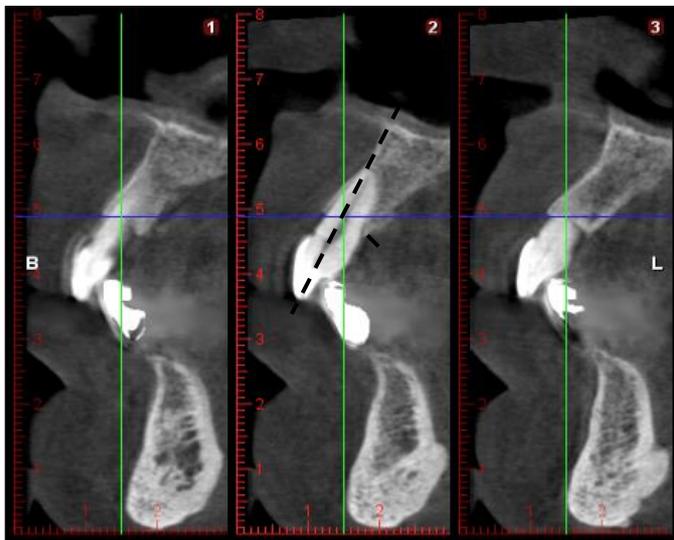


Ilustración 3 Grosor palatino.

la altura más coronal o punto más cercano al LAC en palatino (ilustración 3).

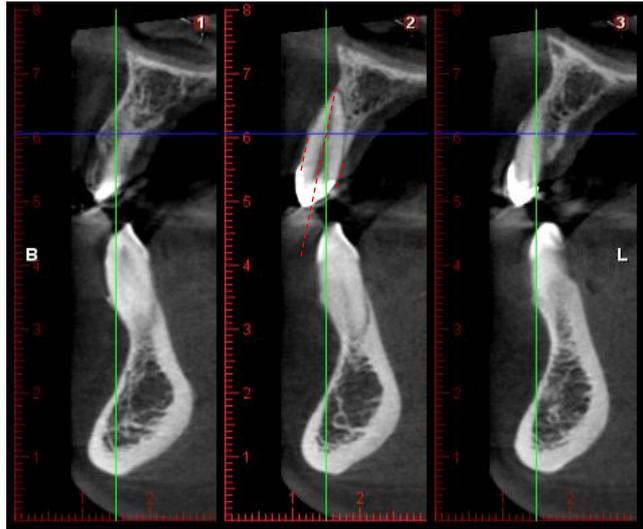
nes DICOM a la izquierda del corte axial.

## 2. Grosor palatino:

Medida del grosor o espesor de la cresta, en sentido vestibulo-palatino, perpendicular a la línea que marca el eje axial del diente en el punto más coronal de la tabla palatina. Distancia medida desde la superficie radicular hasta la superficie externa de la tabla palatina a

**3. Distancia desde el límite amelo-cementario (LAC) hasta la cresta ósea en palatino y en vestibular:**

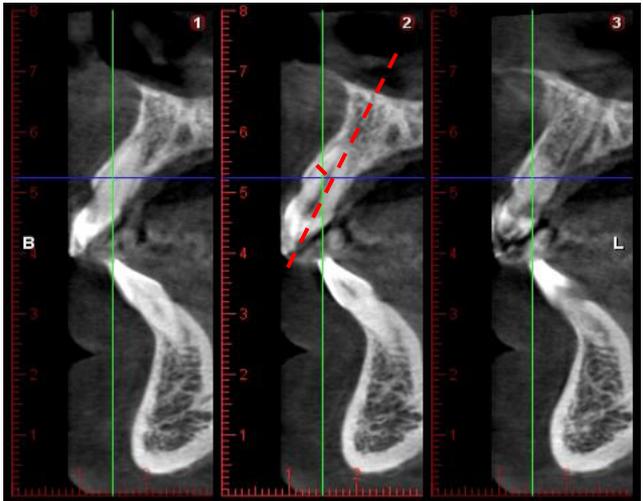
Para ello se trazan dos líneas paralelas al eje axial del diente que discurren desde punto más coronal de la cresta hasta el LAC, una línea en vestibular y otra línea en palatino. Se registran ambas mediciones de forma individual( ilustración 4).



*Ilustración 4 Distancia desde el límite amelo-cementario hasta la cresta ósea en palatino y en vestibular.*

**4. Grosor de la tabla vestibular a 2mm de altura desde la cresta:**

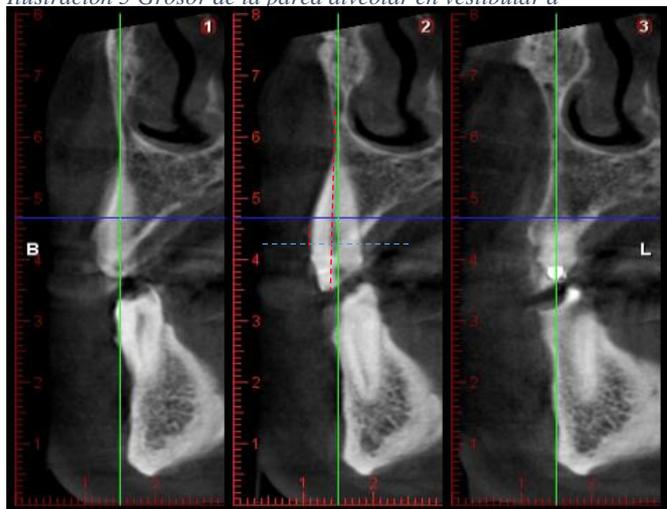
Se registra la distancia entre la superficie radicular y la superficie externa de la tabla vestibular mediante una línea perpendicular al eje axial del diente, que se dibuja a 2mm del punto más coronal de la cresta ósea en vestibular (ilustración 5).



*Ilustración 5 Grosor de la pared alveolar en vestibular a*

**5. Diferencia de la altura de la cortical palatina con respecto a la cortical vestibular:**

Se traza el eje axial del diente y una línea perpendicular que pase por la cresta vestibular en el punto más coronal vestibular. Se mide la distancia que existe entre la línea perpendicular y la



*Ilustración 6 Diferencia de la altura entre la cortical palatina y la vestibular.*

cresta en palatino, trazando una línea que sea a su vez paralela al eje axial de diente, hasta en punto donde la cresta palatina comienza. Se darán valores positivos si la cresta palatina está situada más coronal que la cortical vestibular y valores negativos si la cresta ósea palatina o lingual está más apical que la cresta vestibular (ilustración 6).

La anchura de los alvéolos es medida en la imagen en formato DICOM de un corte en sentido axial del diente, por lo que la anchura del alvéolo valorada es en sentido vestibulo-palatino/ lingual.

## 6. Anclaje apical:

Se traza una línea que vaya desde punto más coronal cercano al ápice del diente, en sentido palatino, dónde fresaríamos el lecho del implante inmediato que se prolongará hasta encontrar una barrera anatómica que nos limita la disponibilidad ósea existente para la colocación del implante (tabiques óseos, trayectos nerviosos, ...) (ilustración 7).

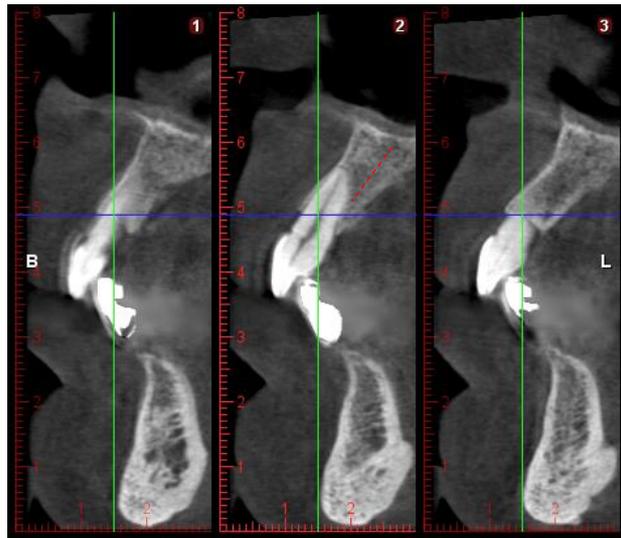


Ilustración 7 Anclaje apical.

## 7. Anchura del proceso dento- alveolar:

Se traza una línea que vaya desde un punto en vestibular coincidente con el punto más coronal y exterior de la cresta vestibular hacia otro punto correspondiente al punto más coronal y exterior o superficial de la cresta palatina. Dicha línea es perpendicular al eje axial del diente en la parte más coronal del alvéolo, a nivel crestral (ilustración 8).

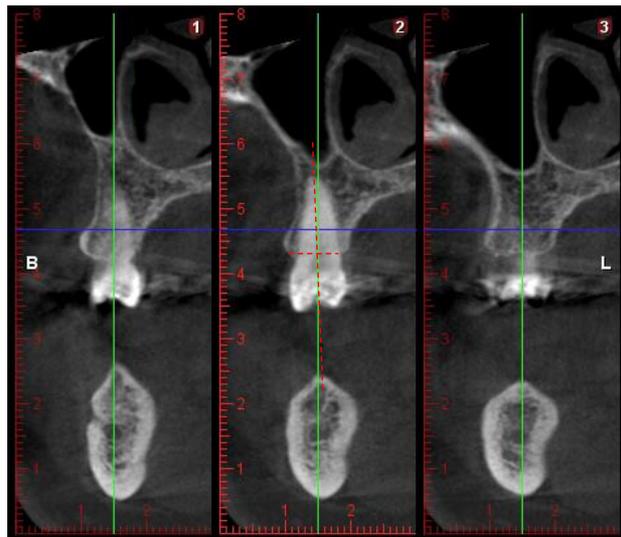


Ilustración 8 Anchura del proceso dento- alveolar.

## 8. Calidad de hueso según la clasificación de Lekholm y Zarb (1985) según densidad del CBCT:

La zona conocida como el triángulo óseo apical es dividido en cuatro partes mediante dos ejes X e Y, y se registra el valor en unidades Hounsfield (HU) del centro cada cuadrante. Las unidades reflejan diferentes valores de grises que corresponden a la atenuación de la radiación a través de los tejidos con diferentes

densidades. Se marca con el puntero del ratón una localización en centro de cada cuadrante, de forma simultánea, en la base de la imagen a la derecha aparecen las unidades HU de ese punto en concreto, que son anotadas. Los valores oscilan entre - 1000 y + 1000 (ilustración 9).

- Primer cuadrante D.
- Segundo cuadrante E.
- Tercer cuadrante F.
- Cuarto cuadrante G.

## 9. Angulación entre el proceso dento-alveolar y el eje axial del diente:

El eje del hueso remanente apical al alvéolo o zona conocida como triángulo óseo basal se definió mediante dos líneas. Una primera que une la cortical vestibular y palatino/ lingual en dos puntos seleccionados a nivel coronal y otra en la zona basal a nivel

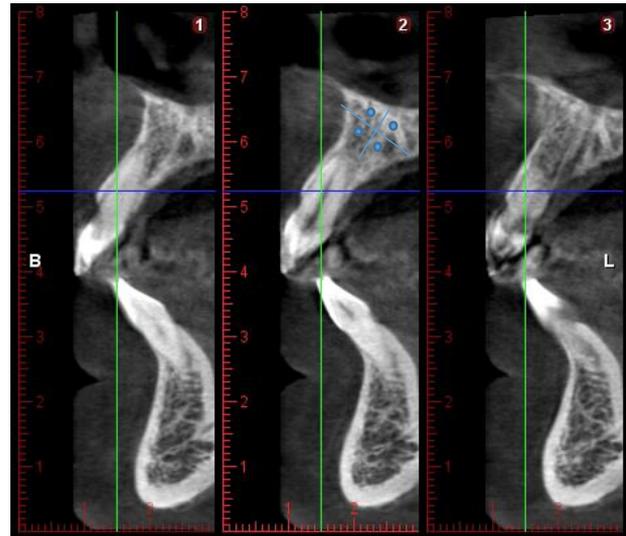


Ilustración 9 Calidad de hueso según la clasificación de Lekholm y Zarb (1985).

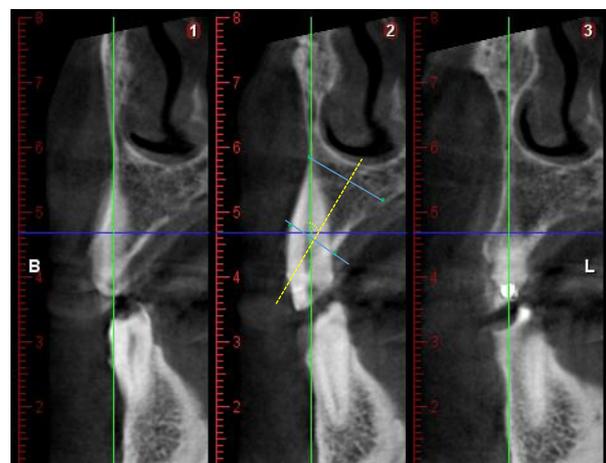


Ilustración 10 Angulación entre el proceso dento-alveolar y el eje axial del diente.

del ápice del diente que también se crea a través de dos puntos situados en la porción más exterior de la tabla vestibular y palatina/lingual. La unión de los centros de estas dos líneas por su zona medial, nos dará el eje del triángulo basal. Se determinó el ángulo formado entre el eje del diente y el eje del triángulo basal. Con la herramienta de ángulo, se dibujaron el eje del diente y el eje del hueso basal y se determinó el ángulo formado en su intersección (ilustración10).

**10. Grosor de los tabiques inter-radulares a nivel de los molares superiores e inferiores:**

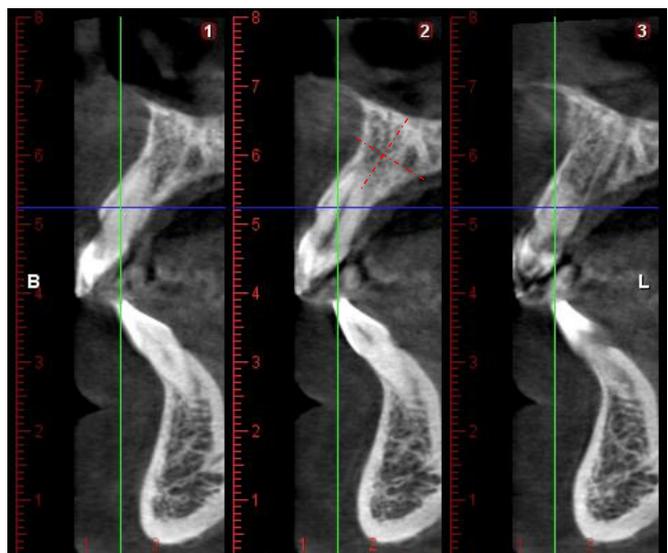
Se realizó la medida de la distancia de una raíz a otra en un corte coronal a 4mm de altura de la cresta ósea, desde una raíz a otra iniciando la línea desde la mitad de un cono radicular a otro Se toman tantas medias como conos radiculares tenga el paciente, desde vestibular hacia palatino/ lingual (ilustración 11).



*Ilustración 11 Grosor de los tabiques inter-radulares a nivel de los molares superiores e inferiores.*

**11. Anchura del proceso basal o de la disponibilidad ósea apical:**

Se traza una línea desde la porción más externa de la tabla vestibular a la porción más externa de la tabla palatina que sea perpendicular el eje del alvéolo residual apical al ápice del diente en la zona de máximo contorno o anchura del triángulo basal óseo (ilustración12).



*Ilustración 12 Anchura del proceso basal o de la disponibilidad ósea apical.*



### **Análisis estadístico:**

Los datos obtenidos se introdujeron en el software Excel (Microsoft) para el registro de los datos.

Se realizó un análisis descriptivo con la codificación adecuada (anónima) de los pacientes. Los datos se analizaron utilizando el software SPSS 22.

Se realizó una exploración o depuración estadística de los datos mediante métodos numéricos y gráficos. Las variables se resumieron con medias, desviación estándar y con intervalos de confianza (IC) del 95 %.



## RESULTADOS

### 1. Grosor de la tabla vestibular:

En el maxilar superior, la tabla ósea vestibular de los premolares y molares es la más gruesa en cada punto de referencia. En el grupo de los 66 incisivos la media para el punto A fue de  $1.036 \pm 0.46$  mm, para el punto B  $1.021 \pm 0.49$  mm, para el punto C  $1.614 \pm 0.95$ mm. Sobre una muestra de 33 caninos las medias para el punto A fueron de  $1.047 \pm 0.39$  mm, en el punto B de  $1.27 \pm 1.95$ mm, en el punto C de  $1.26 \pm 0.68$ mm. Para los 50 premolares, el punto A presenta  $1.20 \pm 0.67$ mm, punto B de  $1.43 \pm 0.95$ mm, y en el punto C  $2.19 \pm 1.68$ mm. Los 59 molares presentan en el punto A  $1.240 \pm 0.83$ mm, en punto B es de  $1.55 \pm 1.41$  mm y en el punto C de  $2.153 \pm 1.68$ mm. El 89,4% de los incisivos, el 93,94% de los caninos, el 78% de los premolares y el 70,5% de los molares tienen un espesor inferior al ideal de 2mm (tabla 5).

Maxilar	$\mu$	A	B	C
Incisivos	66	$1.04 \pm 0.46$ mm	$1.02 \pm 0.49$ mm	$1.61 \pm 0.95$ mm
Caninos	33	$1.05 \pm 0.39$ mm	$1.27 \pm 1.95$ mm	$1.26 \pm 0.68$ mm
Premolares	50	$1.20 \pm 0.67$ mm	$1.43 \pm 0.95$ mm	$2.19 \pm 1.68$ mm
Molares	59	$1.24 \pm 0.83$ mm	$1.55 \pm 1.41$ mm	$2.15 \pm 1.68$ mm

Tabla 5 Valores medios del grosor de la tabla vestibular en maxilar.

Mandíbula	$\mu$	A	B	C
Molares	21	$0.92 \pm 0.42$ mm	$3.11 \pm 2.03$ mm	$6.78 \pm 2.92$ mm
Premolares	62	$0.84 \pm 0.40$ mm	$1.49 \pm 0.97$ mm	$3.81 \pm 1.83$ mm
Caninos	35	$0.79 \pm 0.41$ mm	$1.08 \pm 0.86$ mm	$3.53 \pm 1.87$ mm
Incisivos	77	$0.77 \pm 0.36$ mm	$0.94 \pm 0.77$ mm	$3.19 \pm 1.90$ mm

Tabla 6 Valores medios del grosor de la tabla vestibular en mandíbula..

En la mandíbula, la tabla ósea vestibular de los premolares y molares también son las más gruesas, en cada punto de referencia. El grosor medio de los 77 incisivos fue de  $0.77 \pm 0.36$ mm en el punto A,  $0.94 \pm 0.77$ mm en el punto B,  $3.19 \pm 1.90$ mm en el punto C. Para los 35 caninos los valores fueron de  $0.79 \pm 0.41$ mm para el punto A,  $1.08 \pm 0.86$ mm en el punto B,  $3.53 \pm 1.87$ mm en el punto C. En la muestra de los 62 premolares

0.84 ± 0.40mm para punto A, 1.49 ± 0.97mm para el punto B y 3.81 ± 1.83mm para el punto C. En los 21 molares inferiores muestra 0.92 ± 0.42mm para el punto A, 3.11 ± 2.03mm para el punto B y 6.78 ± 2.92mm para el punto C (tabla 6).

Para comprender la distribución de los grosores de la tabla vestibular, la muestra del estudio se dividió en tres grupos: a- grosor menor de 1mm; b- grosor entre 1 y 2mm, c- grosor mayor de 2mm.

El grosor medio de la tabla vestibular menor de 1 mm está presente en 57 incisivos, en 24 caninos, en 40 premolares y en 11 molares para el punto A. Este grosor aumenta a más de 2mm en 54 incisivos, en 26 caninos, en 54 premolares y en 12 molares cuando nos referimos al punto C. Por tanto, y en términos porcentuales, el 74,02 % de los incisivos presenta un grosor inferior a 1 mm para los punto A y B. La misma situación se registra en el 68,57 % de los caninos, en el 64,51 % de los premolares y en el 57,14 % de los molares (tabla 6).

Maxilar	<1mm			1-2mm			>2mm		
	A	B	C	A	B	C	A	B	C
<b>Incisivos (C, L)</b>	35 (53-53%)	32 (53-44%)	15 (13-32%)	26 (38-41%)	31 (44-50%)	34 (59-44%)	5 (9-6%)	3 (3-6%)	17 (28-24%)
<b>Caninos</b>	8 (45%)	19 (58%)	12 (36%)	12 (30%)	13 (39%)	17 (52%)	3 (8%)	1 (3%)	4 (12%)
<b>Premolares (1°, 2°)</b>	20 (54-24%)	18 (56-16%)	12 (36-12%)	27 (42-64%)	21 (36-48%)	5 (28-32%)	4 (4-12%)	10 (8-32%)	25 (36-56%)
<b>Molares (1°, 2°)</b>	25 (45-32%)	28 (55-39%)	19 (48-14%)	25 (45-39%)	13 (23-21%)	15 (26-25%)	11 (10-29%)	18 (23-39%)	25 (26-61%)

Tabla 7 Distribución de la muestra en tres espesores: < 1mm, 1 - 2mm, > 2mm en maxilar.

La distribución de los grupos según el grosor de la tabla vestibular en mandíbula es la siguiente: alrededor del 60 % a nivel del punto A de todos los dientes presentan un grosor inferior a 1mm, tan solo los caninos son los dientes que disfrutan de un grosor de 2mm en el punto más coronal. Los grosores generales mandibulares son inferiores a 2mm, excepto a nivel de los segundos premolares y molares inferiores (tabla 7).

Mandíbula	<1mm			1-2mm			> 2mm		
	A	B	C	A	B	C	A	B	C
<b>Incisivos (C, L)</b>	57 (79-68%)	47 (62-61%)	5 (5-8%)	20 (21-32%)	26 (33-34%)	18 (31-16%)	0	4 (5-5%)	54 (64-76%)
<b>Caninos</b>	17 (49%)	15 (43%)	3 (9%)	2 (6%)	16 (46%)	6 (17%)	16 (46%)	4 (11%)	26 (74%)
<b>Premolares (1°, 2°)</b>	40 (68-60%)	23 (46-24%)	2 (5-0%)	22 (32-40%)	23 (35-40%)	4 (5-8%)	0	16 (19-36%)	54 (84-92%)
<b>Molares (1°, 2°)</b>	11 (70-36%)	0	0	10 (30-64%)	9 (80-9%)	0	0	12 (20-91%)	21 (100-100%)

Tabla 8 Distribución de la muestra en tres espesores : < 1mm, 1 - 2mm, > 2mm en mandíbula.

## 2. Grosor palatino:

A continuación, se presentan los datos relativos al grosor de la tabla ósea palatina en todos los grupos dentarios.

Los valores medios en maxilar son  $1,7 \pm 0,9\text{mm}$  en incisivos,  $2,2 \pm 1,7\text{mm}$  en caninos,  $1,6 \pm 0,9\text{mm}$  en premolares y  $1,9 \pm 1,5\text{mm}$  en molares. En mandíbula, los valores medios son  $1,3 \pm 0,8\text{mm}$  en incisivos,  $1,7 \pm 1,2\text{mm}$  en caninos,  $2,3 \pm 1,3\text{mm}$  en premolares,  $2,6 \pm 1,7\text{mm}$  en molares.

Los valores medios de la tabla ósea palatina son inferiores a 2mm en los dientes de la arcada superior excepto en el caso de los caninos. En la mandíbula, los premolares y molares son aquellos que presentan un mayor espesor de hueso residual en la zona palatina. En cuanto a los valores máximos del maxilar, poner en relevancia que caninos y molares superiores son localizaciones dónde se registran mayores valores en cuanto al grosor palatino, aunque también so localizaciones dónde pueden encontrarse los valores mínimos. En la mandíbula acontece la misma situación que el maxilar en cuanto a los máximos valores registrados, sin embargo, en relación a los valores mínimos son los incisivos y los premolares las zonas de menor espesor (tabla 8).

Grosor palatino maxilar	Válidos	Media	SD	Mínimo	Máximo
<b>Incisivos</b>	66	1,7mm	0,9mm	0,6mm	5,2mm
<b>Caninos</b>	33	2,2mm	1,7mm	0,1mm	8,6mm
<b>Premolares</b>	50	1,6mm	0,9mm	0,4mm	4,0mm
<b>Molares</b>	59	1,9mm	1,5mm	0,0mm	8,1mm

Grosor lingual mandibular	Válidos	Medias	SD	Mínimo	Máximo
Incisivos	77	1,3mm	0,8mm	0,1mm	3,5mm
Caninos	35	1,7mm	1,2mm	0,3mm	5,1mm
Premolares	62	2,3mm	1,3mm	0,5mm	5,2mm
Molares	21	2,6mm	1,7mm	0,5mm	7,6mm

Tabla 9 Grosor de la tabla palatina en maxilar y mandíbula.

### 3. Distancia de la cresta ósea hasta el LAC en vestibular y en palatino en el punto medio-vestibular:

Para esta medida en maxilar los valores de la distancia entre el LAC y la cortical vestibular es menor que en palatino. Los valores medios para los molares son  $4 \pm 2,38$ mm en vestibular y  $4,06 \pm 2,74$ mm en palatino en vestibular y palatino respectivamente. Para los incisivos se encuentran valores medios de  $3,3 \pm 3,34$ mm en vestibular y  $2,51 \pm 2$ mm en palatino. La distancia entre el LAC y la cortical, en un corte axial, sea vestibular o palatina aumenta en sentido creciente desde los incisivos a los molares en maxilar. En mandíbula las medias para los incisivos son de  $4,96 \pm 1,72$ mm en palatino y  $2,79 \pm 2,31$ mm en vestibular; para los caninos en palatino  $3,94 \pm 2,74$ mm y  $3,13 \pm 3,65$ mm en vestibular; para los premolares son  $3,8 \pm 2,59$ mm en palatino y  $3,09 \pm 2,43$ mm en vestibular. En los molares los valores medios son de  $2,58 \pm 2,37$ mm en palatino y  $2,7 \pm 2$ mm en vestibular. En general en mandíbula los valores son mayores en sectores anteriores que en sectores posteriores (tabla 9 y 10).

Maxilar	Válidos	Distancia hasta el LAC	Media	SD	Mínimo	Máximo
Molares	59	Palatino	4,00mm	2,38 mm	0,7mm	9,9mm
		Vestibular	4,06mm	2,74mm	6,8mm	10,3mm
Premolares	50	Palatino	3,80mm	2,59 mm	0,9mm	11,5mm
		Vestibular	3,09mm	2,43mm	8,0mm	9,4mm
Caninos	33	Palatino	4,70mm	2,39 mm	0	14,2mm
		Vestibular	2,94mm	2,3mm	3,8mm	9,7mm
Incisivos	66	Palatino	3,30mm	3,34 mm	0	16,5mm
		Vestibular	2,51mm	2,0mm	2,0mm	12,4mm

Tabla 10 Distancia desde el LAC a la cortical vestibular y palatina en maxila.

Mandíbula	Válidos	Distancia hasta el LAC	Media	SD	Mínimo	Máximo
Molares	21	Palatino	2,58mm	2,37mm	0,3mm	10,8mm
		Vestibular	2,70mm	2,00mm	9,3mm	6,9mm
Premolares	62	Palatino	3,99mm	2,14mm	0,7mm	10mm
		Vestibular	3,26mm	3,09mm	4,5mm	17,1mm
Caninos	35	Palatino	3,94mm	2,74mm	0,7mm	9,4mm
		Vestibular	3,13mm	3,65mm	2,3mm	19,2mm
Incisivos	77	Palatino	4,96mm	1,72mm	0,7mm	9,9mm
		Vestibular	2,79mm	2,31mm	1,7mm	9,7mm

Tabla 11 Distancia desde el LAC a la cortical vestibular y palatina en mandíbula.

#### 4. Grosor de la tabla vestibular a 2mm de altura de la cresta:

Los valores medios en relación al grosor de la tabla vestibular a 2mm de la cresta para los dientes de la arcada superior son para los incisivos  $1,8 \pm 1,16\text{mm}$ , para los caninos  $2,3 \pm 2,4\text{mm}$ , para los premolares  $2,2 \pm 1,9\text{mm}$ , para los molares  $2 \pm 1,5\text{mm}$ . Los mayores y menores valores máximos se encuentran en los caninos y premolares superiores con más de 10mm de espesor en algunas situaciones puntuales.

Para la mandíbula en los incisivos se pueden encontrar los valores medios entre  $2,3 \pm 2,5\text{mm}$ , en los caninos  $2,5 \pm 3,3\text{mm}$ , para los premolares  $2,5 \pm 2,3\text{mm}$ , para los molares  $2,3 \pm 1,3\text{mm}$ . Los mayores valores máximos se encuentran en los incisivos y caninos

Grosor palatino maxilar	Válidos	Media	SD	Mínimo	Máximo
Incisivos	66	1,8mm	1,16mm	0,2mm	4,8mm
Caninos	33	2,3mm	2,4mm	0,1mm	11,1mm
Premolares	50	2,2mm	1,9mm	0,5mm	12,1mm
Molares	59	2,0mm	1,5mm	0,0mm	7,4mm
Grosor lingual mandibular	Válidos	Medias	SD	Mínimo	Máximo
Incisivos	77	2,3mm	2,5mm	0mm	11,1mm
Caninos	35	2,5mm	3,3mm	0,1mm	12,2mm
Premolares	62	2,5mm	2,3mm	0mm	10,2mm
Molares	21	2,3mm	1,3mm	0,8mm	5,4mm

Tabla 12 Grosor de la tabla vestibular a 2mm de altura de la cresta.

seguidos por los premolares que a su vez son los mismos grupos que presentan menores valores mínimos (tabla11).

### 3. Diferencia de la altura palatina con respecto a la vestibular:

En todos los grupos dentarios, la altura de la tabla palatina está a más de 1mm de altura más coronal que la tabla vestibular. En el maxilar presentan dicha situación: 19 de los 32 incisivos centrales, 19 de los 34 incisivos laterales, 22 de los 33 caninos, 18 de los 25 primeros premolares superiores, 8 de los 22 segundos premolares, 24 de los 36 primeros molares superiores y 11 de los 23 segundo molares. Este hecho es más acentuado en los dientes de los sectores anteriores y molares superiores (tabla12).

En la mandíbula, la muestra estudiada presenta un comportamiento diferente, en el caso de los incisivos, la tabla vestibular se registra con más frecuencia a un nivel más coronal. De esta forma, 19 de los 32 incisivos centrales junto con 19 de los 34 incisivos laterales presentan la tabla vestibular a menos de 1mm de la palatina. Para los caninos 21 de los 35 en total están a más de 1mm de diferencia, es decir, la tabla palatina más coronal que la vestibular. De la misma forma, 24 de los 35 primeros premolares, 14 de los 26 segundos premolares, 4 de los 10 primeros molares y 8 del total de 11 segundos molares mandibulares (tabla13).

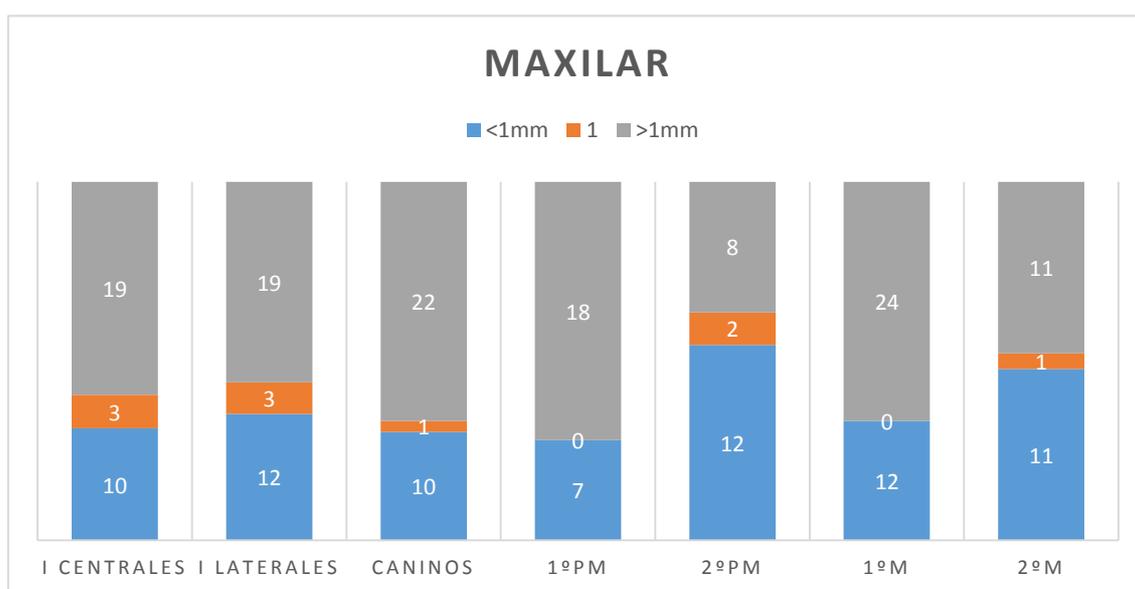


Tabla 13 Diferencia de la altura de la tabla palatina con respecto a la vestibular en el maxilar (número de dientes)

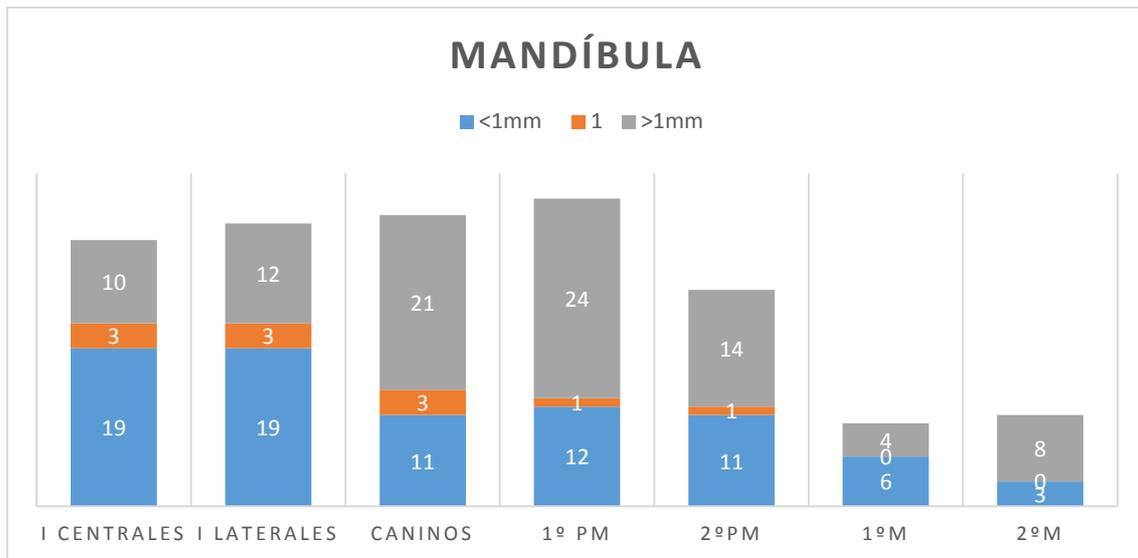


Tabla 14 Diferencia de la altura de la tabla palatina con respecto a la vestibular en la mandíbula (número de dientes).

#### 4. Anclaje apical:

Los resultados son distribuidos en dos grupos: un primer grupo con una disponibilidad menor de 4mm, un segundo grupo con una disponibilidad ósea igual a 4mm y un tercer grupo con una disponibilidad ósea apical mayor de 4mm. En la arcada superior 36 incisivos centrales y 36 laterales, 34 caninos, 31 primeros premolares muestran una disponibilidad ósea apical mayor de 4mm. Por el contrario, sólo 10 segundos premolares, 5 primeros molares y 4 segundos molares presentan más de 4mm de anclaje apical. En resumen, todos los dientes anteriores hasta el primer premolar de ambos maxilares encontramos como mínimo una disponibilidad ósea de 4mm. A partir del segundo premolar hasta el segundo molar es difícil encontrar esa disponibilidad en nuestra muestra en ambos maxilares (tabla 14).

Para la mandíbula 37 de los incisivos centrales y 35 laterales, 31 caninos junto con 26 primeros premolares mandibulares exhiben una disponibilidad ósea apical de media superior a 4mm de disponibilidad apical. En los dientes posteriores, 14 de los segundos premolares entran dentro del grupo de los 4 mm de disponibilidad apical. En relación al comportamiento de la muestra de molares estudiados tenemos 6 primeros y 6 segundos molares con valores medios superiores a 4mm de anclaje apical al ápice de las raíces (tabla15).

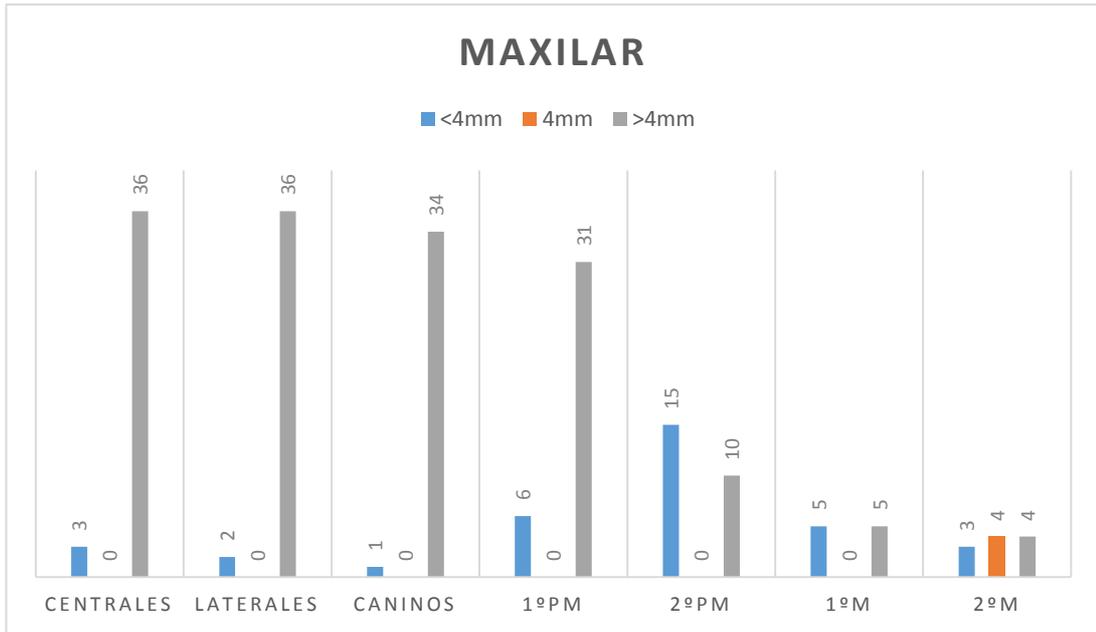


Tabla15 Distribución del anclaje apical en el maxilar por grupos.

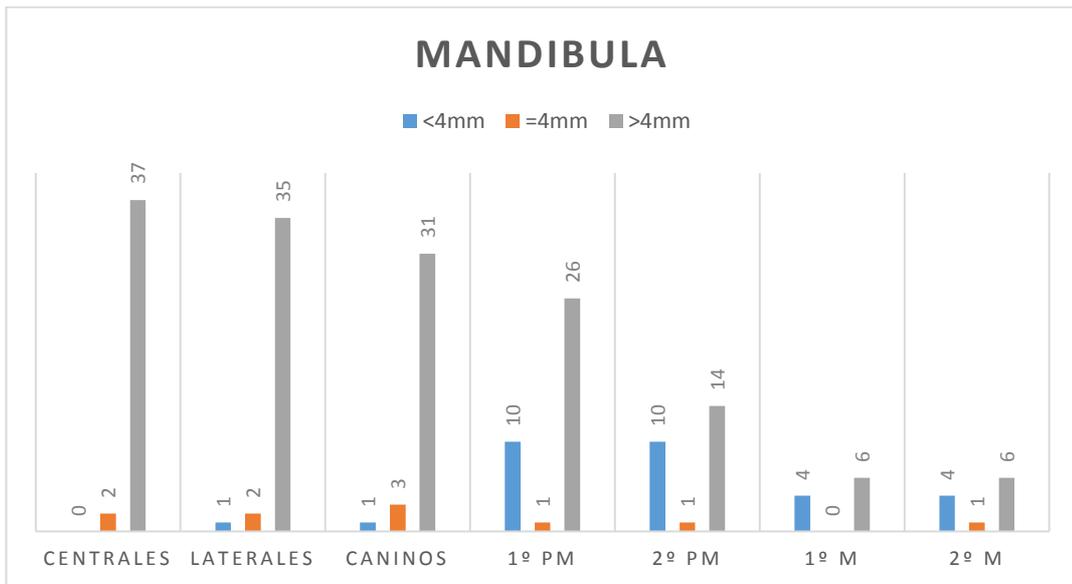


Tabla 168 Distribución del anclaje apical en la mandíbula por grupos.

## 5. Anchura del proceso dento-alveolar:

La anchura de los alvéolos es medida en la imagen en formato DICOM de un corte en sentido axial del diente, por lo que la anchura del alvéolo es valorada en sentido vestíbulo-palatino/ lingual. A la altura a la que se miden los valores de media registrados en sentido vestíbulo-palatino o lingual, son superiores a 7mm en la mayor parte de las categorías, siendo inferiores a nivel de los incisivos mandibulares. Las localizaciones con una

mayor anchura en sentido horizontal vestibulo-palatino o lingual son los molares de ambas arcadas.

Para el maxilar los valores medios de la anchura de los alvéolos a nivel coronal es  $7,8 \pm 1,4$ mm, para los caninos  $8,8 \pm 1,3$ mm, para los premolares  $9,5 \pm 1,9$ mm y en los molares  $11,9 \pm 2$ mm. Tener en consideración los valores mínimos de anchura vestibulo palatina maxilar que presentan medias de 5,7 mm en incisivos, 5,3mm en caninos, 6,8 mm en premolares y 7,6mm en molares superiores. Los máximos valores de la muestra en maxilar se distribuyen dentro de los grupos de premolares y molares superiores.

Los valores medios de la anchura vestibulo- lingual en la mandíbula son  $6,8 \pm 1,4$  mm en incisivos,  $8,6 \pm 1,7$ mm en caninos,  $8,8 \pm 1,6$ mm en premolares,  $11 \pm 1,4$ mm en molares inferiores. Los valores mínimos mandibulares pertenecen al grupo de los incisivos y premolares inferiores. Los valores máximos son recogidos en los caninos y molares mandibulares (tabla16).

Anchura del proeso alveolar	Válidos	Media	SD	Mínimo	Máxima
Incisivos superiores	66	7,8mm	1,4mm	5,7mm	11,9mm
Caninos superiores	33	8,8mm	1,3mm	5,3mm	11,6mm
Premolares superiores	50	9,5mm	1,9mm	6,8mm	16,9mm
Molares superiores	59	11,9mm	2mm	7,6mm	16,4mm
Incisivos inferiores	77	6,8mm	1,4mm	4,4mm	12,7mm
Caninos inferiores	34	8,6mm	1,7mm	5,1mm	13,7mm
Premolares inferiores	62	8,8mm	1,6mm	4,9 mm	11,6mm
Molares inferiores	21	11mm	1,4mm	8,9mm	13,2mm

Tabla 9 Anchura del proceso dento-alveolar.

## 6. Calidad de hueso en unidades Hounsfields:

En relación a este parámetro para los molares maxilares en los puntos D los valores de la UH medios oscilan entre  $257 \pm 25$ UH de calidad en el cuadrante G hasta  $258 \pm 23$ UH en el cuadrante D. Los valores máximos 839 UH en el cuadrante E. Para los premolares superiores la calidad varía desde  $231 \pm 24$  UH en el cuadrante E hasta  $290 \pm 24$ UH. Los valores máximos son de cuadrante F con 929 UH. En los incisivos maxilares

se encuentran valores entre  $226 \pm 231$ UH del cuadrante F a  $291 \pm 256$  UH del cuadrante G. Los valores máximos para los incisivos son 960 UH del cuadrante G a 759 UH del E. En los caninos superiores se encuentran valores medios de  $157 \pm 212$  UH en el cuadrante F a  $243 \pm 271$  UH del cuadrante G (tabla 17).

		Válidos	Media	SD	Mínimo	Máximo
<b>Molares max</b>	Calidad D	59	258	231	-168	821
<b>Molares max</b>	Calidad E	59	267	261	-154	839
<b>Molares max</b>	Calidad F	59	325	538	-79	391
<b>Molares max</b>	Calidad G	59	257	251	-233	825
<b>Premolares max</b>	Calidad D	50	231	249	-302	759
<b>Premolares max</b>	Calidad E	50	259	260	-336	712
<b>Premolares max</b>	Calidad F	50	239	277	-185	929
<b>Premolares max</b>	Calidad G	50	290	245	-171	862
<b>Incisivos max</b>	Calidad D	66	254	222	-107	850
<b>Incisivos max</b>	Calidad E	66	254	184	-150	759
<b>Incisivos max</b>	Calidad F	66	226	231	-250	897
<b>Incisivos max</b>	Calidad G	66	291	256	-279	960
<b>Caninos max</b>	Calidad D	33	203	235	-163	693
<b>Caninos max</b>	Calidad E	33	157	212	-294	694
<b>Caninos max</b>	Calidad F	33	184	285	-391	960
<b>Caninos max</b>	Calidad G	33	243	271	-363	871

Tabla 18 Calidad ósea en Unidades Hounsfields en el maxilar.

Los valores medios de calidad ósea en UH de los dientes inferiores son distribuidos por grupos de igual forma que en la arcada superior. La calidad ósea en unidades Hounsfield en la mandíbula se distribuye en valores de  $136 \pm 242$  UH del cuadrante F a  $178 \pm 257$  UH del cuadrante D en molares De  $395 \pm 300$  UH en el cuadrante D a  $323 \pm 282$  UH en el cuadrante F de premolares. En los caninos la calidad oscila entre los  $392 \pm 320$  UH del cuadrante G hasta  $410 \pm 328$  UH del cuadrante D. Los valores máximos que se pueden encontrar en la muestra de calidad en mandíbula se encuentran en la zona de la sínfisis mandibular a nivel de los incisivos inferiores, seguidos de los caninos y premolares inferiores.

Este parámetro tiene una alta variabilidad según el punto de colocación del puntero de ratón para un mismo diente, tal y como se puede apreciar en la distribución de valores para ambas tablas, en maxilar y mandíbula (tabla 18).

		Válidos	Media	SD	Mínimo	Máximo
Molares inf	Calidad D	21	178	257	-117	951
Molares inf	Calidad E	21	144	306	-173	1010
Molares inf	Calidad F	21	136	242	-211	627
Molares inf	Calidad G	21	145	183	-116	532
Premolares inf	Calidad D	62	395	300	-195	1074
Premolares inf	Calidad E	62	350	321	-127	1187
Premolares inf	Calidad F	62	323	282	-159	1218
Premolares inf	Calidad G	62	337	288	-181	1042
Incisivos inf	Calidad D	77	370	334	-233	1455
Incisivos inf	Calidad E	77	402	428	-264	1409
Incisivos inf	Calidad F	77	374	415	-377	1430
Incisivos inf	Calidad G	77	371	333	-305	1490
Caninos inf	Calidad D	35	410	328	-54	1169
Caninos inf	Calidad E	35	431	356	-172	1148
Caninos inf	Calidad F	35	404	353	-117	1183
Caninos inf	Calidad G	35	392	320	-98	1423

Tabla 19 Calidad ósea en unidades Hounsfield para la mandíbula.

### 7. Angulación entre el proceso alveolar y el eje axial del diente:

Los valores medios de la angulación entre el proceso alveolar y el eje axial del diente en incisivos son  $12^\circ \pm 6^\circ$ , caninos  $17^\circ \pm 8^\circ$ , premolares  $14 \pm 8^\circ$ , molares  $10^\circ \pm 5^\circ$  en arcada superior. Los valores máximos en maxilar pertenecen a los caninos con  $34,2^\circ$  y los premolares con  $42,6^\circ$ . En el maxilar superior, 31 de 66 incisivos, 6 de 32 caninos, 1 de 47 premolares y 32 de 58 molares mostraron un ángulo inferior a  $10^\circ$  (tabla 19).

Maxilar	Muestra	Media	Mínimo	Máximo
Incisivos	66	$12^\circ \pm 6^\circ$	$0,7^\circ$	$27,0^\circ$
Caninos	33	$17^\circ \pm 8^\circ$	$2,2^\circ$	$34,2^\circ$
Premolares	50	$14^\circ \pm 8^\circ$	$0,3^\circ$	$42,6^\circ$
Molares	58	$10^\circ \pm 5^\circ$	$2,1^\circ$	$20,9^\circ$

Tabla 20 Angulación entre el proceso alveolar y el eje axial del diente en el maxilar.

Los valores medios en mandíbula son los incisivos con  $11^\circ \pm 9^\circ$ ,  $11^\circ \pm 7^\circ$  en los caninos,  $11^\circ \pm 6^\circ$  en los premolares y  $16^\circ \pm 11^\circ$  en molares. En la mandíbula, la máxima angulación se encuentra en algunos molares en  $43,3^\circ$ , incisivos con  $38^\circ$  y los caninos con  $32,8^\circ$  (tabla 20).

Mandíbula	Muestra	Media	Mínimo	Máximo
Incisivos	77	$11^\circ \pm 9^\circ$	$1,06^\circ$	$38,0^\circ$
Caninos	35	$11^\circ \pm 7^\circ$	$2,00^\circ$	$32,8^\circ$
Premolares	62	$11^\circ \pm 6^\circ$	$2,05^\circ$	$25,3^\circ$
Molares	21	$16^\circ \pm 11^\circ$	$2,81^\circ$	$43,3^\circ$

Tabla 21 Angulación entre el proceso alveolar y el eje axial del diente en la mandíbula.

En los siguientes gráficos se observan la distribución de la muestra en tres grupos: uno inferior a  $10^\circ$ , un segundo grupo que registra aquellos dientes entre  $10$  y  $30^\circ$  y otro en el que la angulación es mayor de  $30^\circ$ . Una angulación inferior a  $10^\circ$  sería la situación más ideal, siendo la peor aquella mayor de  $30^\circ$  ya que es la máxima angulación que un pilar angulado puede solventar (tabla 21 y 22).

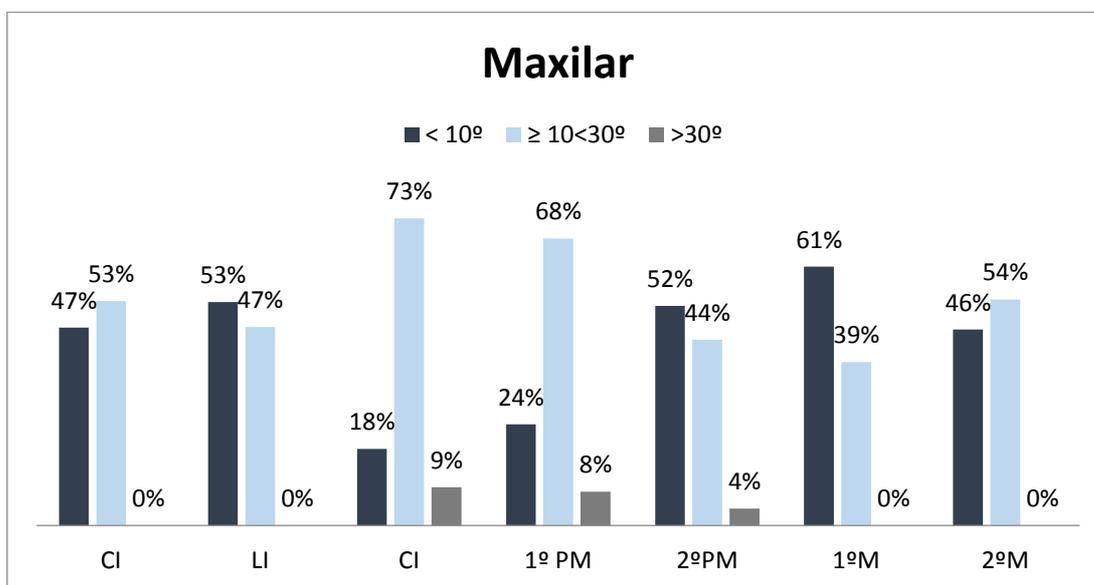


Tabla 10 Distribución por grupo de la angulación del proceso alveolar vs eje axial dentario en el maxilar.

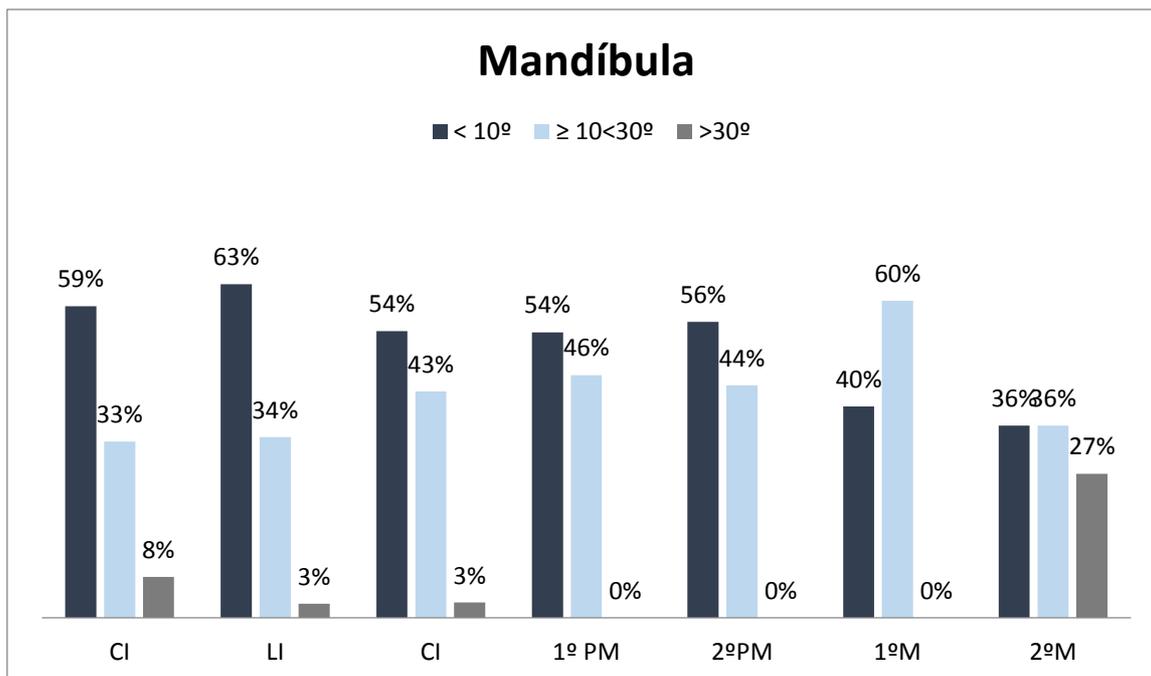


Tabla23 Distribución por grupo de la angulación del proceso alveolar vs eje axial dentario en la mandíbula.

## 8. Grosor de los tabiques inter-radiculares:

La muestra cuenta con 59 molares superiores, 2 premolares superiores y 21 molares inferiores. Los valores medios de los tabiques de los molares superiores son de  $2,8 \pm 2,1$ mm, los tabiques de los premolares maxilares  $2,5 \pm 0,8$ mm y en los molares inferiores  $3,0 \pm 1,6$ mm. Los mayores valores se encuentran en los tabiques de los molares superiores con valores de 8,9mm (tabla 23).

Maxilar	Muestra	Media	Mínimo	Máximo
<b>Molares superiores</b>	59	$2,8 \pm 2,1$ mm	0	8,9mm
<b>Premolares superiores</b>	2	$2,5 \pm 0,8$ mm	1,9	3,1mm
<b>Molares inferiores</b>	21	$3,0 \pm 1,6$ mm	0,1	5,6mm

Tabla 24 Grosor de los tabiques inter-radiculares

## 10. Anchura del proceso basal o de la disponibilidad ósea apical:

Los valores de anchura media de los procesos basales registrados para los incisivos superiores  $8,5 \pm 2,5$ mm, para los caninos superiores  $9,3 \pm 2,1$ mm, para los premolares

9,3 ± 3mm y 12,1 ± 3,2mm en molares. En los incisivos inferiores son 7,5 ± 2,5mm, los caninos presentan 8,7 ± 3mm, los premolares 9,5 ± 2,7mm y los molares inferiores con 14,1 ± 2,6mm.

La mayor disponibilidad se ha registrado en los incisivos superiores con 18,4mm, los premolares superiores con 18,8 mm y los molares inferiores con 22,5mm (tabla 24).

<b>Anchura alveolar del proceso basal</b>	<b>Válidos</b>	<b>Media</b>	<b>SD</b>	<b>Mínimo</b>	<b>Máxima</b>
<b>Incisivos superiores</b>	66	8,5mm	2,5	3,6mm	18,4mm
<b>Caninos superiores</b>	33	9,3mm	2,1	5,8mm	15,6mm
<b>Premolares superiores</b>	50	9,3mm	3,0	2,6mm	18,8mm
<b>Molares superiores</b>	59	12,1mm	3,2	3,6mm	17,4mm
<b>Incisivos inferiores</b>	77	7,5mm	2,5	2,6mm	16,2mm
<b>Caninos inferiores</b>	35	8,7mm	3,0	1,8 mm	16,7mm
<b>Premolares inferiores</b>	62	9,5mm	2,7	2,4mm	19,0mm
<b>Molares inferiores</b>	21	14,1mm	2,6	11,3mm	22,5mm

*Tabla 11 Anchura del proceso basal o de la disponibilidad ósea apical.*

## DISCUSIÓN

Las implicaciones estéticas a largo plazo de la remodelación ósea después de la colocación del implante están enfocadas en la migración apical del margen gingival, un parámetro asociado con la desaparición del hueso fasciculado o bundle bone.

Por lo tanto, se pone en relevancia la necesidad del conocimiento de las dimensiones alrededor de los dientes, para predecir la reabsorción que puede acontecer tras la extracción de un diente y su reposición mediante un implante (87).

La morfología del hueso subyacente alrededor de un diente ante un implante inmediato juega un papel fundamental en la estabilidad del tejido blando y en la influencia del resultado estético a largo plazo de la restauración final (88).

Existen muchos factores responsables de los posibles riesgos estéticos simultáneos a la colocación de los implantes inmediatos: ausencia del hueso fasciculado, remodelación del hueso alveolar tras la extracción dentaria, grosor de la tabla vestibular y la convexidad de proceso alveolar. Todos estos parámetros están en relación con el perfil de emergencia de la restauración final (89).

La tomografía de haz cónico CBCT puede ser utilizada para estudiar el grosor del hueso alveolar. La determinación del grado de reproducibilidad y la precisión de los valores obtenidos por este tipo de prueba radiológica se han cuantificado en varios estudios en cadáveres (90, 91).

Las medidas del tejido óseo obtenidas con el CBCT fueron precisas y difieren escasamente de los hallazgos físicos. Esas diferencias, que se establecen entre - 0,13 y + 0,13 mm, no siendo estadísticamente significativas (83).

La fiabilidad de las mediciones lineales depende de varios factores, tal como, el tamaño del vóxel, el escáner CBCT empleado, el movimiento del paciente durante la toma de la prueba, la retracción del tejido blando peribucal, el software utilizado. Las mediciones que se realizan dependen del software empleado, según varios estudios, aunque la variabilidad no suele ser superior a 1 mm (90).

Para evitar posibles errores, algunos autores como Januario et al en 2017 propusieron el empleo de un retractor labial mientras se realiza la exposición a la prueba para mejorar la definición de la imagen y con ello las mediciones (92, 93).

En este estudio, el software no permite medir espesores inferiores a 0,8 mm por cuestiones de seguridad, por lo que fue utilizado el software Adobe Photoshop CS5 para medir todos los espesores (incluidos los considerados mínimos) mediante la conversión posterior a los valores reales.

En el maxilar, los estudios anatómicos descriptivos de Huyhn-Va et al en 2010 (39) emplea una muestra de 93 localizaciones post-extracción que presenta un espesor inferior a 1mm en el 87 % de los casos a nivel coronal, cerca del límite amelo-cementario. Nuestros resultados coinciden con los de otras publicaciones, sabiendo también que el grosor aumenta desde apical a coronal desde línea media hasta los canino (94).

Los resultados medios de nuestro estudios en términos del grosor de la tabla vestibular como sigue: 54,45 % de los incisivos y caninos, 60 % de los premolares y los 47 % de los molares eran inferiores a 1mm. Los resultados están de acuerdo con otra publicación que intenta unir el biotipo gingival al grosor de la tabla en incisivos y caninos. Todos los valores permanecen entre 0,5 y 1,5 mm con la excepción de 4 incisivos laterales, donde el grosor medido era mayor que 1,5 mm (95).

En el estudio de Vera et al demuestran que la población de estudio, los valores medios del grosor de la tabla vestibular a 1 mm apical de la cresta fue 1,13 mm en premolares y 0,83 mm en dientes anteriores. En la localización medio-radicular, el grosor de la tabla ósea era 1,03 mm en premolares y de 0,7mm en dientes anteriores maxilares (87). Los valores medios en los incisivos estriban entre 1,036 a 1,61 mm; en los premolares, los valores fueron ligeramente mayores, entre 1,2 y 2,15 mm.

Januario et al en 2011 (92) mide el grosor de la tabla a 1, 3 y 5 mm apical desde la cresta en 250 individuos. El valor muestra que el grosor es siempre inferior a 1 mm, y en el 50 % de los casos, es inferior a 0,5 mm. En nuestra muestra, encontramos que el 53 % de los incisivos presentan un grosor menor de 1 mm.

En 2011, Braut et al desarrollaron un estudio retrospectivo en 498 dientes y encontró un espesor inferior a 1 mm en el 62,9 % de los dientes a los 4 mm de la unión amelo-

cementaria y en el 80,1 % de los dientes a nivel medio de la raíz. En nuestro estudio, los porcentajes estaban cerca de esos 53 %, esto puede estar debido al tipo la clase esquelética de la población de estudio. El grosor de la pared vestibular decrece desde los primeros premolares hasta los incisivos (88).

En el estudio retrospectivo de Hassan-Assaf et al de 2013 (96) se evalúa el grosor de la tabla vestibular medidas preoperatoriamente a 2mm de la cresta. Los resultados en valores medios son inferiores a nuestro estudio ( $1.20 \pm 0.67$  mm), 1,03 mm de caninos y premolares, puede deberse a la características anatómicas de la población del estudio y al sistema de medición empleado.

En el estudio de Nowzari et al de 2010 encuentra que el grosor de la tabla vestibular ideal de 2 mm sólo aparece en un 3 % de los 202 incisivos centrales evaluados. En nuestro estudio hemos registrado un 3 % de incisivos centrales y un 6 % de los lateral con los 2 mm de grosor de la tabla vestibular (97).

En el artículo de Ghassemian et al en 2012, describen una muestra de dientes anteriores donde el grosor de la tabla vestibular se valora a 3 mm del límite amelo-cementario. Para los incisivos centrales encuentran valores medios de 1,41 mm, para los laterales 1,73 mm y para los caninos 1,47 mm con los mismos resultados en el lado derecho e izquierdo (98). Todos los resultados de los valores medios eran superiores a los descritos en nuestro estudio, este hecho puede ser debido a los criterios de exclusión del estudio que no contemplan la valoración de dientes mal posicionados dentro de la arcada o con pérdida de inserción.

En el estudio de Lau et al en 2011 , la media de los valores del grosor de la tabla vestibular a nivel medio de la raíz fue de  $0,9 \pm 0,4$  mm y a nivel apical fue de  $2,04 \pm 1,01$  mm El grosor medio del hueso palatino en el nivel medio de la raíz fue de  $3,76 \pm 1,37$  mm y en el nivel apical fue de  $8,51 \pm 2,54$  mm (99). Este estudio está desarrollado sobre una población asiática y presenta valores semejantes a los nuestros.

Por otro lado, nuestros resultados son ligeramente superiores a las publicaciones actuales donde las medias de los valores de los dientes de la arcada superior es inferior a 1mm en todas las localizaciones, aunque no encontramos diferencias estadísticamente significativa entre un lado y su contralateral (100-102).

En los caninos superiores y los segundos premolares, nuestro estudio manifiestan una tabla vestibular delgada que parece ser similar a los resultados de otros estudios. Para un 58 % de los caninos superiores y un 56 % de los primeros premolares mostraban un grosor inferior a 1mm.

Nuestros resultados están en concordancia con los de Rojo et al de 2017. Este estudio muestra un grosor de la tabla vestibular más fino de los primeros premolares que parece ser inferiores a los de los segundos premolares, aunque nuestros resultados son inferiores a éstos. Este estudio retrospectivo encontró diferencias entre el primer y el segundo premolar a una altura de 1 y 5mm, siendo los segundos premolares aquellos con mayor grosor (103).

La razón por la que nuestros resultados son más bajos podría deberse al método de medición empleado en nuestro estudio. En lugar de utilizar el mismo software de Planmeca Pro Max, se empleó el software Adobe Photoshop CS5 para permitirnos medir espesores inferiores a 0,8 mm que por razones de seguridad no era posible recoger mediante el software radiográfico.

En el estudio de Khoury et al en 2016 se valora el grosor de la tabla vestibular para establecer una relación con el biotipo, la posición de dientes en el alvéolo y la inclinación del diente entre otros parámetros como las frecuencias de dehiscencias y fenestraciones. A 4mm del límite amelo-cementario el grosor de la tabla vestibular es de 1mm para todos los dientes decrece gradualmente y significativamente en dirección apical medidos a los 6,8 y 10mm del punto más coronal de la cresta (104). Sin embargo, en los resultados de nuestro estudio los valores medios aumentan en dirección apical, éste hecho puede estar debido a la clase esquelética de la población de estudio.

Los valores medios para los molares de nuestro estudio son similares a otras publicaciones, nuestros resultados muestran que el 55 % de los primeros molares y el 40 % de los segundos molares que presentan un grosor de la tabla vestibular inferior a 1 mm como en el estudio de Matsuda et al en 2016. En este estudio se valoran primeros molares sanos y encuentran que el grosor de la tabla vestibular y de la palatina a 2 mm de altura de la cresta es  $1,58 \pm 0,6\text{mm}$  y  $1,34 \pm 0,54 \text{ mm}$  respectivamente . Nuestro valores de grosor de la tabla vestibular a los 2 mm de altura son de  $2 \pm 1,5\text{mm}$ . Para la tabla palatina es de  $1,9 \pm 1,5\text{mm}$ . Este estudio también valora el tamaño del alvéolo a nivel vestíbulo-palatino

que resulta ser de  $10,5 \pm 0,9$  mm de media. Nuestros valores en relación a la anchura vestibulo palatina del alvéolo son de  $11,9 \pm 2$  mm de media (105).

En un estudio específico de dientes posteriores tanto el maxilar como en mandíbula, Braut et al en 2012. Esta investigación se basa en 56 imágenes de CBCT con 122 molares y premolares mandibulares. El grosor de la tabla vestibular y de la tabla lingual es valorada en dos localizaciones: un primer punto o MP1 a 4mm más coronal de la línea amelo-cementaria y el segundo punto o MP2 a mitad de la raíz. La anchura vestibular también es recogida a la altura más coronal donde la cresta sea detectable. Los resultados demuestran que los valores de grosor de la tabla vestibular aumentan desde anterior a posterior, desde coronal a apical. La anchura de los alvéolos de los premolares fue significativamente menor que la de los alvéolos de los molares. Los valores de anchura alveolar según este estudio fueron de 8,03 y 7,63mm para primeros y segundos premolares. Para los molares, la muestra se distribuye entre 9,84 y 10,4mm. En nuestro estudio la anchura del proceso alveolar en ambos premolares inferiores fue de  $8,8 \pm 1,6$  mm, y  $11 \pm 1,4$ mm en los molares mandibulares (106).

En el estudio de Temple et al de 2016 evalúan un total de 934 imágenes de raíces mediante CBCT de 265 pacientes. Los escáneres fueron analizados en sentido vestibulo-lingual a 1, 3 y 5mm de altura en dirección apical, para medir el grosor de la tabla vestibular. Los resultados mostraron que el grosor de la tabla vestibular incrementaba de anterior a posterior. Los dientes maxilares presentan disminución del grosor desde coronal a apical a lo largo de la superficie radicular, excepto en los segundos molares. El primer premolar y la raíz mesio-vestibular del molar fue significativamente más fina que es resto de las demás raíces maxilares. En contraposición, en la mandíbula el grosor vestibular incrementa significativamente desde coronal a apical. Los premolares fueron significativamente más finos que el resto de las raíces (107).

Para el estudio de AlTarawneh et al 2017 se realizaron mediciones sobre CBCT de dientes en el sector anterior estético. Son un total de 120 pacientes donde se miden las tablas vestibulares y palatinas en el tercio coronal, medio y apical. También registran la distancia desde el límite amelo-cementario y la cresta ósea en mesial, medio-vestibular y distal. Los resultados de los valores medios de grosor a nivel coronal, medio y apical en vestibular de los incisivos centrales fueron: 0.73, 0.69, 0.60 (mm), para incisivos laterales: 0.70, 0.61, 0.49 (mm), y para caninos: 0.74, 0.53, 0.40 (mm). El grosor de la tabla

palatina era significativamente mayor. La distancia media entre CEJ y la cresta ósea a nivel medio-vestibular para todos los sitios fue de 2.16mm (108).

En nuestro estudio incluimos los sectores posteriores del maxilar y la mandíbula que representan localizaciones dónde pueden colocarse implantes inmediatos o postextracción. Estas localizaciones no han sido tan estudiadas como los sectores anteriores a nivel anatómico mediante la utilización de la tomografía de haz cónico (109).

Los resultados mandibulares son similares al estudio de Sendyk et al en 2017. El objetivo de este estudio de carácter ortodóntico es realizar mediciones del grosor de la tabla vestibular y la inclinación del diente, para identificar las inclinaciones buco-linguales y grosor de la tabla vestibular en pacientes con deformidades dento-faciales de Clase III. Comparar estas mediciones con pacientes de oclusiones normales para verificar, en función de la correlación entre estas 2 variables, si el proceso natural de la remodelación ósea proporciona uniformidad en el grosor de la tabla vestibular o si varía alrededor de las raíces debido a la inclinación del diente. La muestra consta de 35 adultos clase III y 35 adultos que presentan oclusión normal sin tratamiento de ortodoncia previo. Se miden la inclinación buco-lingual y el grosor de la tabla vestibular a 3mm de altura desde el LAC a partir de imágenes generadas a través de CBCT. Los resultados muestran que la región correspondiente a los caninos maxilares parece ser más fina, y el área palatina de los incisivos centrales superiores y la región disto-vestibular de los segundos molares inferiores parecían ser más gruesas. Se observan mayores inclinaciones en los incisivos maxilares y caninos mandibulares, y se distinguieron inclinaciones menores en las raíces vestibulares de los segundos molares inferiores. Los resultados para los pacientes con normo colusión fueron similares excepto por los puntos más apicales (a 8 mm de la CEJ) que son menores que nuestros valores a nivel de ápice (110) Las diferencias pueden ser debida a que muestra no está seleccionada en función a la clase esquelética del paciente.

El grosor de la tabla vestibular tal y como fue descrito anteriormente es un factor que puede afectar a la remodelación fisiológica del alvéolo. Alrededor del 80% de los dientes anteriores, los primeros molares y molares de ambas arcadas, maxilar y mandibular, pueden precisar de procedimientos de regeneración ósea simultánea. Estos procedimientos puede precisar de la utilización de injerto óseos o de tejido conjuntivo para compensar la posible reabsorción de una tabla vestibular fina o con una fenestración apical

que puede ocurrir a situar la emergencia del implante inmediato para realizar una restauración atornillada (111).

En relación con el ángulo del eje de la raíz y el eje óseo basal, nuestra investigación encontró que en la mandíbula superior los valores medios para los incisivos son  $12^\circ \pm 6^\circ$ , para los caninos  $17^\circ \pm 8^\circ$ , para los premolares  $14^\circ \pm 8^\circ$  y para los molares  $10^\circ \pm 5^\circ$ . En la mandíbula, en términos de valores medios, estos son  $11^\circ \pm 9^\circ$  para incisivos,  $11^\circ \pm 7^\circ$  en caninos,  $11^\circ \pm 6^\circ$  en premolares y  $16^\circ \pm 11^\circ$  en molares. Sin embargo, un máximo de  $43,3^\circ$  se encuentra en algunos molares o  $38^\circ$  en algunos incisivos.

En el estudio de Nishihara et al en 2017 cuyo propósito fue dilucidar las características anatómicas de los premolares maxilares mediante tomografía computarizada de haz cónico (CBCT). La muestra comprende imágenes CBCT de 150 premolares maxilares de 68 pacientes. Se evalúan en cortes axiales el ángulo interno formado por el eje axial de los premolares maxilares y el eje axial del proceso alveolar junto a la anchura del hueso alveolar además de otros parámetros. Los resultados del estudio de Nishihara et al en 2017 muestra que el valor medio del ángulo para los primeros premolares superiores fue de  $25,5^\circ \pm 6,9^\circ$  con valores máximos de  $43,1^\circ$  y mínimos de  $10,3^\circ$ . La anchura del proceso alveolar para los primeros premolares es de  $9,5 \pm 1,1$ mm con un máximo de 11,4mm y un mínimo de 7,7mm. Para los segundos premolares los valores medios de dicho ángulo es de  $18,1^\circ \pm 6,0^\circ$  con un valor máximos de  $38,2^\circ$  y mínimo de  $7,6^\circ$ . La anchura del proceso alveolar a nivel del segundo premolar es de  $10,0 \pm 1,3$  mm con valores máximos de 13,7mm y mínimos de 6,5mm (112). Valores medios superiores a los nuestros derivados probablemente de las características anatómicas prevalentes en la población de estudio.

Kan et al en 2011 describen una clasificación de las diferentes relaciones espaciales sagitales entre los dientes de la arcada superior y el proceso alveolar. La clase I, cuando la raíz está más cerca de la pared vestibular, representa el 81,1 % de los casos, el 6,5 % para la clase II, 0,7 % de clase III, y 11,7 % clase IV. Estas angulaciones son en la mayoría de los casos, más de  $10^\circ$  de canino a canino. La posición sagital del diente en el hueso alveolar es importante para que el clínico tome decisiones en la terapia de implantes y la provisionalización en la parte anterior del maxilar (49).

Wang et al en 2014 realizó un estudio retrospectivo mediante la utilización de la tomografía de haz cónico en 300 pacientes. Las variables de este estudio comprenden: la

distancia entre el límite amelo-cementario y la tabla ósea vestibular, el grosor de la misma en dos alturas (a 4mm de la cresta ósea y a nivel medio-radicular) además del ángulo sagital entre el proceso alveolar y el eje axial del diente. Los resultados del estudio en relación al grosor de la tabla vestibular varían entre 0,1 y 4mm. Alrededor del 80 % de los dientes anteriores y el 40 % de los premolares tienen una tabla vestibular fina (inferior a 1mm) e incluso en el 30 % de los casos menos de 0,5mm. En los valores medios del ángulo sagital entre el proceso alveolar y el eje axial del diente el 80 % de los incisivos centrales y segundos premolares eran inferiores a 20°. Sin embargo, el 40 % de los caninos presentaron más de 30°. En general, en todos los grupos se encontraron diferencias mayores de 10°, incluso de 42° en el caso de algunos premolares y caninos superiores. Estas diferencias en los resultados de la angulación son más de 20° en 50 % de dientes anteriores. Esto podría ser una consecuencia de la clase esquelética de la población de estudio. En este estudio, el ángulo sagital formado entre el eje largo del diente y el eje largo del hueso alveolar era menor de 10° grados en solo el 10 % de los dientes en la zona estética maxilar (113).

En estudios más recientes, como en el de Khoury et al en 2016 referenciado anteriormente, el ángulo entre el eje del diente está relacionado con el plano horizontal y la tabla ósea vestibular. Cuanto más obtuso es el ángulo, más fina es la tabla. Esta situación implica un mayor riesgo de perforación de la tabla en la cirugía de colocación del implante inmediato (Khoury et al., 2016). En nuestra opinión, la relevancia clínica de estos datos estriba en los casos en que se colocan implantes inmediatos de acuerdo con la disponibilidad ósea, puede ser necesario el uso de pilares atornillados angulados. Es posible que, en algunos casos, como premolares y caninos, se necesiten pilares personalizados por CAD CAM, ya que los pilares atornillados angulados estándar disponibles no pueden compensar los valores máximos de la discrepancia resultante entre las angulaciones. Sin embargo, en nuestra muestra en la mandíbula, el 8 % de los incisivos y el 27 % de los segundos molares parecen tener angulaciones mayores de 30° entre el hueso basal y el alvéolo dental.

En el estudio de Lau et al en 2011, mencionado anteriormente, se estudian un total de 170 incisivos centrales mediante CBCT que fueron seleccionados aleatoriamente. Los investigadores registran cinco variables: el grosor de la tabla vestibular y palatina a nivel medio-radicular y apical. También se valoran el anclaje apical de los incisivos centrales de  $9,53 \pm 2,76$ mm. Describe una clasificación nueva semejante a la de Kan et al de 2011.

- Tipo B: La raíz se posiciona más cercana a la superficie alveolar vestibular.
- Tipo M: La raíz se encuentra a medio camino entre la superficie alveolar bucal y palatina.
- Tipo P: La raíz se localiza más cerca de la superficie alveolar palatina.

Comparando las angulaciones del proceso alveolar y del eje axial de la raíces, los autores proponen una clasificación en función de la posición del eje radicular dentro del proceso alveolar.

La proporción de incisivos posicionados más bucales (tipo B) fue de 78,8 %, 19,4 % y 1,8 % posicionados a medio camino (tipo M) y más palatales (tipo P), respectivamente. Este resultado está en concordancia con el estudio de Kan. La posición de los dientes debe tornarse en consideración ya que la anatomía del alvéolo aumenta la dificultad para la posición ideal del implante inmediato. A veces, el tipo 1 de la clasificación de Kan significa que los dientes están cerca de la tabla vestibular fina, si bien el hueso residual situado en palatino está preservado, hecho que supone una zona adecuada para lograr el anclaje óseo (99).

En la investigación publicada por Yoshimine et al en 2012, son valorados 10 parámetros lineales y 1 medición angular en 30 localizaciones de 30 pacientes mediante CBCT. El grosor horizontal de la tabla vestibular fue más fino en los primeros premolares maxilares y el grosor horizontal palatino fue más delgado en los segundos molares. Los valores medios para el ángulo de los premolares y molares y el proceso alveolar son más altos que nuestros resultados ( $21,1^\circ \pm 9,2^\circ$ ,  $17,2^\circ \pm 5,7^\circ$ ,  $9,9^\circ \pm 5,3^\circ$ ,  $9,2^\circ \pm 4,9^\circ$  para el primer y segundo premolar y molar respectivamente), pero los valores máximos son menores en su estudio de la mandíbula superior. El grosor de la tabla vestibular fue de  $1,17 \pm 0,74\text{mm}$  en los primeros premolares,  $1,71 \pm 0,79\text{mm}$  en los segundos premolares,  $1,52 \pm 0,93\text{mm}$  en los primeros molares raíz mesial,  $1,05 \pm 0,86\text{mm}$ ,  $1,5 \pm 0,86\text{mm}$  en la raíz distal; para los segundos molares la raíz mesial es de  $2,68 \pm 1,09\text{mm}$  y distal  $3,02 \pm 1,45\text{mm}$ . El grosor horizontal de los valores en palatino es de  $1,74 \pm 0,73\text{mm}$  en los primeros premolares,  $1,76 \pm 0,76\text{mm}$  en los segundos premolares. Para la raíz mesial de los primeros molares las medias del grosor palatino son de  $1,58 \pm 1,23\text{mm}$  y  $1,71 \pm 1,1\text{mm}$  en la raíz distal. Para los segundos molares la raíz mesial  $2,43 \pm 1,18\text{mm}$  en la raíz mesial y  $2,47 \pm 1,28\text{mm}$  en la raíz distal.

Por lo que sabemos, no hay estudios que analicen la angulación de los dientes inferiores. La angulación entre el eje de los dientes y el proceso alveolar para la mandíbula en términos de valores medios es de  $10,63 \pm 8,76^\circ$  en incisivos,  $10,98 \pm 7,36^\circ$  en caninos,  $10,54 \pm 5,82^\circ$  en premolares y  $16,19 \pm 11,22^\circ$  en molares. Sin embargo, se encontró un máximo de  $43,26^\circ$  en unos 3 molares o  $38^\circ$  en 30 incisivos.

En relación a la evaluación de la calidad ósea, Valiyaparambil et al en 2012 publican un trabajo cuyo objetivo es examinar la relación entre la utilización del CBCT, la escala de grises y la unidades Hounsfield HU. Examinan si dichas unidades están correlacionadas con la sensación clínica subjetiva de la calidad ósea por parte del cirujano en localizaciones desdentadas. Para realizar este proyecto se confeccionan unas muestras radiográficas representativas de los espectros radiográficos, para las diferentes densidades ósea en tubos de propileno con calcio e hidroxiapatita además de otros materiales equivalentes a todos los tejidos presentes en la cavidad oral. Dicho dispositivo sirve para calibrar la escala de grises del CBCT. La muestra estudiada está compuesta por 52 pacientes con sus escáneres CBCT pre-operatorios, que son sometidos a procedimientos quirúrgicos para la colocación de implantes dentales. Se miden los valores grises y se comparan con la calidad ósea subjetiva que percibe el cirujano al operar. Los resultados muestran una gran correlación entre la escala de grises y la unidades Hounsfield. Los valores de la escala de grises medidos en la zona operada se encuentran entre -455 a 642 y aumentan en zonas con mayor contenido en calcio e hidroxiapatita, es decir, zonas de mayor densidad ósea. Los valores de escala de grises medios para las diferentes calidad óseas subjetivas son las siguientes:

- 362 :tipo 1.
- 214: tipo 2.
- -76: tipo 3.
- -454: tipo 4.

El estudio concluye con la demostración de que la escala de grises a partir del CBCT está relacionada con la atenuación lineal de fotones. La evaluación subjetiva de la densidad ósea mediante el CBCT puede ser un valor añadido a la planificación del tratamiento implantológico (114). Esta publicación está de acuerdo con los valores de escala de UH

que encontramos según la zona anatómica estudiada, ya que los valores más altos corresponden a hueso de alta densidad como es la zona de la sínfisis y los valores más bajos son los relacionados con la zona posterior maxilar.

El estudio de Parsa et al en 2012 evaluar la confianza de las mediciones de la escala de grises mediante el uso del CBCT utilizando las unidades HU, tal y como se usan en la tomografía multislice de TC (MSCT). La muestra incluye 10 cadáveres parcialmente edéntulos analizados con dos tipos de tomografías diferentes (CBCT Y MSCT). En los resultados a nivel general se muestran unos valores medios mayores en el CBCT(115).

En el Consensus de Benavides et al en 2011 se describe la importancia del campo de visión del CBCT, como el volumen del escaneo particular de la máquina del CBCT y es dependiente del tamaño del detector y de la habilidad del colimador que difieren según fabricante. El colimador limita la exposición de la radiación. Las unidades de CBCT se clasifican según el tamaño del campo como:

- Pequeña : escanean un cuadrante o un sextante.
- Media : escanean ambas mandíbulas.
- Ancha: escanean toda la cabeza, indicado en cirugía ortognática y ortodoncia.

Los CBCT de campo de visión pequeño son los más utilizados y presentan muchas ventajas: incrementa la resolución espacial, disminuir la exposición al paciente, menor volumen a escanear, maquinas más baratas (81).

La tomografía computarizada (TC) en cuanto a precisión es menos precisa que el CBCT. El margen de error en hueso deshidratado fue de 4,7% y de 2,3% en una solución de sacarosa para el CBCT, comparándola con un 8,8% y 6,6% del CT. Este estudio piloto de Soumalainen et al en 2008 se desarrolla en cadáveres en una zona dentada y dos zonas edéntulas deshidratadas y secas escaneadas mediante CBCT y multislice CT (MSCT) medidas por dos examinadores. Se miden 4 medidas lineales dos veces por cada corte (116).

En relación a las precisión de las medidas eran igualmente precisos el MSCT y el CBCT, encontrando menor porcentaje de error en el CBCT.

Para el grosor de los tabiques inter-radicales encontramos publicaciones que relacionan la utilización del CBCT como método diagnóstico complementario para la detección de lesiones de furca, o la relación con el seno maxilar, pero no describen las características anatómicas de los septos (117).

## CONCLUSIÓN

Con las limitaciones que presenta un estudio de estas características, como es el tamaño muestral tanto en cuanto a los pacientes estudiados como a la localizaciones analizadas, podemos concluir que para la muestra analizada correspondiente a una población de las características descritas anteriormente que:

1. En cuanto al grosor de la tabla vestibular (valor medio registrado en los puntos A,B y C), la mayoría de los dientes presentan un grosor inferior a 2mm, que sería el ideal, tanto en el maxilar como en la mandíbula. Sólo los premolares y molares inferiores presentan un grosor superior a 2mm.

2. El grosor de la tabla palatina o lingual es igualmente inferior a 2mm en el maxilar y en la mandíbula, excepto en los caninos superiores y premolares y molares inferiores.

3. La distancia de la cresta vestibular y palatina o lingual a límite amelo-ce-mentario en los sectores posteriores maxilares, menor en los sectores posteriores mandibulares.

4. El grosor de la tabla vestibular a 2mm de altura de la cresta como valoran otros autores, tiene un valor medio para los dientes de la arcada superior a nivel de los incisivos  $1,8 \pm 1,16\text{mm}$ , de los caninos  $2,3 \pm 2,4\text{mm}$ , de los premolares  $2,2 \pm 1,9\text{mm}$  y de los molares  $2 \pm 1,5\text{mm}$ . Para los dientes mandibulares a nivel de los incisivos se pueden encontrar valores entre  $2,3 \pm 2,5\text{mm}$ , en los caninos  $2,5 \pm 3,3\text{mm}$ , para los premolares  $2,5 \pm 2,3\text{mm}$ , para los molares  $2,3 \pm 1,3\text{mm}$ .

5. La tabla vestibular se sitúa más apical (superior a 1mm) que la tabla palatina o lingual en la mayoría de los casos valorados.

6. Casi la totalidad de la muestra valorada presentó una disponibilidad ósea apical mayor de 4mm en los sectores antero-superiores. La menor disponibilidad ósea apical se encontró en los sectores posteriores de ambos maxilares.

7. La anchura del proceso dento-alveolar a nivel coronal es superior a 7mm en la mayoría de las localizaciones analizadas salvo en los incisivos inferiores.

8. La calidad ósea medida mediante unidades Hounsfields mostró valores de mayor densidad a nivel de caninos e incisivos maxilares y de los incisivos y caninos inferiores.

9. Los valores máximos de la angulación entre el proceso alveolar y el eje axial del diente en maxilar pertenecen a los caninos ( $34,2^\circ$ ) y los premolares ( $42,6^\circ$ ). Los valores máximos de la muestra en mandíbula se registraron en los molares ( $43,3^\circ$ ), en los incisivos ( $38^\circ$ ) y en los caninos ( $32,8^\circ$ ).

10. El grosor medio de los tabiques inter-radiculares de los molares superiores es de  $2,8 \pm 2,1\text{mm}$ , en los premolares maxilares de  $2,5 \pm 0,8\text{mm}$  y en los molares inferiores de  $3,0 \pm 1,6\text{mm}$ .

11. Los mayores valores medios de anchura del proceso basal o disponibili-

dad ósea apical fueron registrados en los incisivos superiores con 18,4mm, en los premolares superiores con 18,8 mm y los molares inferiores con 22,5mm.

Estudios de estas características son necesarios para conocer las características anatómicas y por tanto sus limitaciones, especialmente cuando se quiere indicar tratamientos como son los implantes inmediatos o postextracción.

## BIBLIOGRAFIA

1. Lindquist LW, Rockler B, Carlsson GE. Bone resorption around fixtures in edentulous patients treated with mandibular fixed tissue-integrated prostheses. *J Prosthet Dent.* 1988;59(1):59-63.
2. Nevins M, Langer B. The successful application of osseointegrated implants to the posterior jaw: a long-term retrospective study. *Int J Oral Maxillofac Implants.* 1993;8(4):428-32.
3. Fugazzotto PA, Gulbransen HJ, Wheeler SL, Lindsay JA. The use of IMZ osseointegrated implants in partially and completely edentulous patients: success and failure rates of 2,023 implant cylinders up to 60+ months in function. *Int J Oral Maxillofac Implants.* 1993;8(6):617-21.
4. Margossian P, Mariani P, Stephan G, Margerit J, Jorgensen C. Immediate loading of mandibular dental implants in partially edentulous patients: a prospective randomized comparative study. *Int J Periodontics Restorative Dent.* 2012;32(2):e51-8.
5. Degidi M, Iezzi G, Perrotti V, Piattelli A. Comparative analysis of immediate functional loading and immediate nonfunctional loading to traditional healing periods: a 5-year follow-up of 550 dental implants. *Clin Implant Dent Relat Res.* 2009;11(4):257-66.
6. Degidi M, Piattelli A, Shibli JA, Perrotti V, Iezzi G. Bone formation around immediately loaded and submerged dental implants with a modified sandblasted and acid-etched surface after 4 and 8 weeks: a human histologic and histomorphometric analysis. *Int J Oral Maxillofac Implants.* 2009;24(5):896-901.
7. Meloni SM, De Riu G, Pisano M, De Riu N, Tullio A. Immediate versus delayed loading of single mandibular molars. One-year results from a randomised controlled trial. *Eur J Oral Implantol.* 2012;5(4):345-53.
8. Buser D, Martin W, Belser UC. Optimizing esthetics for implant restorations in the anterior maxilla: anatomic and surgical considerations. *Int J Oral Maxillofac Implants.* 2004;19 Suppl:43-61.
9. Belser UC, Schmid B, Higginbottom F, Buser D. Outcome analysis of implant restorations located in the anterior maxilla: a review of the recent literature. *Int J Oral Maxillofac Implants.* 2004;19 Suppl:30-42.
10. Hammerle CH, Chen ST, Wilson TG, Jr. Consensus statements and recommended clinical procedures regarding the placement of implants in extraction sockets. *Int J Oral Maxillofac Implants.* 2004;19 Suppl:26-8.
11. Gallucci GO, Hamilton A, Zhou W, Buser D, Chen S. Implant placement and loading protocols in partially edentulous patients: A systematic review. *Clin Oral Implants Res.* 2018;29 Suppl 16:106-34.

12. Huynh-Ba G, Oates TW, Williams MAH. Immediate loading vs. early/conventional loading of immediately placed implants in partially edentulous patients from the patients' perspective: A systematic review. *Clin Oral Implants Res.* 2018;29 Suppl 16:255-69.
13. Kan JY, Rungcharassaeng K, Lozada JL, Zimmerman G. Facial gingival tissue stability following immediate placement and provisionalization of maxillary anterior single implants: a 2- to 8-year follow-up. *Int J Oral Maxillofac Implants.* 2011;26(1):179-87.
14. Adell R, Lekholm U, Rockler B, Branemark PI. A 15-year study of osseointegrated implants in the treatment of the edentulous jaw. *Int J Oral Surg.* 1981;10(6):387-416.
15. Albrektsson T, Zarb G, Worthington P, Eriksson AR. The long-term efficacy of currently used dental implants: a review and proposed criteria of success. *Int J Oral Maxillofac Implants.* 1986;1(1):11-25.
16. Mombelli A. Clinical parameters: biological validity and clinical utility. *Periodontol 2000.* 2005;39:30-9.
17. Furhauser R, Florescu D, Benesch T, Haas R, Mailath G, Watzek G. Evaluation of soft tissue around single-tooth implant crowns: the pink esthetic score. *Clin Oral Implants Res.* 2005;16(6):639-44.
18. Belser UC, Grutter L, Vailati F, Bornstein MM, Weber HP, Buser D. Outcome evaluation of early placed maxillary anterior single-tooth implants using objective esthetic criteria: a cross-sectional, retrospective study in 45 patients with a 2- to 4-year follow-up using pink and white esthetic scores. *J Periodontol.* 2009;80(1):140-51.
19. Juodzbaly G, Wang HL. Esthetic index for anterior maxillary implant-supported restorations. *J Periodontol.* 2010;81(1):34-42.
20. Juodzbaly G, Wang HL. Socket morphology-based treatment for implant esthetics: a pilot study. *Int J Oral Maxillofac Implants.* 2010;25(5):970-8.
21. (International Team for Oral Implantology) ITI Consensus Conference. Vitznau, Switzerland, 1997. Proceedings. *Clin Oral Implants Res.* 2000;11 Suppl 1:1-158.
22. De Rouck T, Collys K, Cosyn J. Immediate single-tooth implants in the anterior maxilla: a 1-year case cohort study on hard and soft tissue response. *J Clin Periodontol.* 2008;35(7):649-57.
23. Buser D, Chappuis V, Belser UC, Chen S. Implant placement post extraction in esthetic single tooth sites: when immediate, when early, when late? *Periodontol 2000.* 2017;73(1):84-102.
24. Amler MH, Johnson PL, Salman I. Histological and histochemical investigation of human alveolar socket healing in undisturbed extraction wounds. *J Am Dent Assoc.* 1960;61:32-44.

25. Cardaropoli G, Araujo M, Lindhe J. Dynamics of bone tissue formation in tooth extraction sites. An experimental study in dogs. *J Clin Periodontol.* 2003;30(9):809-18.
26. Araujo MG, Lindhe J. Dimensional ridge alterations following tooth extraction. An experimental study in the dog. *J Clin Periodontol.* 2005;32(2):212-8.
27. Schropp L, Wenzel A, Kostopoulos L, Karring T. Bone healing and soft tissue contour changes following single-tooth extraction: a clinical and radiographic 12-month prospective study. *Int J Periodontics Restorative Dent.* 2003;23(4):313-23.
28. Tan WL, Wong TL, Wong MC, Lang NP. A systematic review of post-extractional alveolar hard and soft tissue dimensional changes in humans. *Clin Oral Implants Res.* 2012;23 Suppl 5:1-21.
29. Araujo MG, Sukekava F, Wennstrom JL, Lindhe J. Ridge alterations following implant placement in fresh extraction sockets: an experimental study in the dog. *J Clin Periodontol.* 2005;32(6):645-52.
30. Botticelli D, Persson LG, Lindhe J, Berglundh T. Bone tissue formation adjacent to implants placed in fresh extraction sockets: an experimental study in dogs. *Clin Oral Implants Res.* 2006;17(4):351-8.
31. Blanco J, Nunez V, Aracil L, Munoz F, Ramos I. Ridge alterations following immediate implant placement in the dog: flap versus flapless surgery. *J Clin Periodontol.* 2008;35(7):640-8.
32. Paolantonio M, Dolci M, Scarano A, d'Archivio D, di Placido G, Tumini V, et al. Immediate implantation in fresh extraction sockets. A controlled clinical and histological study in man. *J Periodontol.* 2001;72(11):1560-71.
33. Vignoletti F, Discepoli N, Muller A, de Sanctis M, Munoz F, Sanz M. Bone modelling at fresh extraction sockets: immediate implant placement versus spontaneous healing: an experimental study in the beagle dog. *J Clin Periodontol.* 2012;39(1):91-7.
34. Caneva M, Salata LA, de Souza SS, Baffone G, Lang NP, Botticelli D. Influence of implant positioning in extraction sockets on osseointegration: histomorphometric analyses in dogs. *Clin Oral Implants Res.* 2010;21(1):43-9.
35. Pette GA, Norikin FJ, Ganeles J, Hardigan P, Lask E, Zfaz S, et al. Incidental findings from a retrospective study of 318 cone beam computed tomography consultation reports. *Int J Oral Maxillofac Implants.* 2012;27(3):595-603.
36. Elian N, Cho SC, Froum S, Smith RB, Tarnow DP. A simplified socket classification and repair technique. *Pract Proced Aesthet Dent.* 2007;19(2):99-104; quiz 6.
37. Spray JR, Black CG, Morris HF, Ochi S. The influence of bone thickness on facial marginal bone response: stage 1 placement through stage 2 uncovering. *Ann Periodontol.* 2000;5(1):119-28.

38. Ferrus J, Cecchinato D, Pjetursson EB, Lang NP, Sanz M, Lindhe J. Factors influencing ridge alterations following immediate implant placement into extraction sockets. *Clin Oral Implants Res.* 2010;21(1):22-9.
39. Huynh-Ba G, Pjetursson BE, Sanz M, Cecchinato D, Ferrus J, Lindhe J, et al. Analysis of the socket bone wall dimensions in the upper maxilla in relation to immediate implant placement. *Clin Oral Implants Res.* 2010;21(1):37-42.
40. Kuchler U, Chappuis V, Gruber R, Lang NP, Salvi GE. Immediate implant placement with simultaneous guided bone regeneration in the esthetic zone: 10-year clinical and radiographic outcomes. *Clin Oral Implants Res.* 2016;27(2):253-7.
41. Benic GI, Mokti M, Chen CJ, Weber HP, Hammerle CH, Gallucci GO. Dimensions of buccal bone and mucosa at immediately placed implants after 7 years: a clinical and cone beam computed tomography study. *Clin Oral Implants Res.* 2012;23(5):560-6.
42. Carvalho PF, da Silva RC, Cury PR, Joly JC. Modified coronally advanced flap associated with a subepithelial connective tissue graft for the treatment of adjacent multiple gingival recessions. *J Periodontol.* 2006;77(11):1901-6.
43. Morton D, Chen ST, Martin WC, Levine RA, Buser D. Consensus statements and recommended clinical procedures regarding optimizing esthetic outcomes in implant dentistry. *Int J Oral Maxillofac Implants.* 2014;29 Suppl:216-20.
44. Chan HL, Garaicoa-Pazmino C, Suarez F, Monje A, Benavides E, Oh TJ, et al. Incidence of implant buccal plate fenestration in the esthetic zone: a cone beam computed tomography study. *Int J Oral Maxillofac Implants.* 2014;29(1):171-7.
45. Leung CC, Palomo L, Griffith R, Hans MG. Accuracy and reliability of cone-beam computed tomography for measuring alveolar bone height and detecting bony dehiscences and fenestrations. *Am J Orthod Dentofacial Orthop.* 2010;137(4 Suppl):S109-19.
46. Levine RA, Ganeles J, Gonzaga L, Kan JK, Randel H, Evans CD, et al. 10 Keys for Successful Esthetic-Zone Single Immediate Implants. *Compend Contin Educ Dent.* 2017;38(4):248-60.
47. Cabello G, Rioboo M, Fabrega JG. Immediate placement and restoration of implants in the aesthetic zone with a trimodal approach: soft tissue alterations and its relation to gingival biotype. *Clin Oral Implants Res.* 2013;24(10):1094-100.
48. Smith RB, Tarnow DP. Classification of molar extraction sites for immediate dental implant placement: technical note. *Int J Oral Maxillofac Implants.* 2013;28(3):911-6.
49. Kan JY, Roe P, Rungcharassaeng K, Patel RD, Waki T, Lozada JL, et al. Classification of sagittal root position in relation to the anterior maxillary osseous housing for immediate implant placement: a cone beam computed tomography study. *Int J Oral Maxillofac Implants.* 2011;26(4):873-6.

50. Adell R, Lekholm U, Branemark PI, Lindhe J, Rockler B, Eriksson B, et al. Marginal tissue reactions at osseointegrated titanium fixtures. *Swed Dent J Suppl.* 1985;28:175-81.
51. Misch CE, Dietsh-Misch F, Hoar J, Beck G, Hazen R, Misch CM. A bone quality-based implant system: first year of prosthetic loading. *J Oral Implantol.* 1999;25(3):185-97.
52. Gonzalez-Martin O, Lee EA, Veltri M. CBCT fractal dimension changes at the apex of immediate implants placed using undersized drilling. *Clin Oral Implants Res.* 2012;23(8):954-7.
53. Hounsfield GN. Picture quality of computed tomography. *AJR Am J Roentgenol.* 1976;127(1):3-9.
54. 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.
55. Pauwels R, Jacobs R, Singer SR, Mupparapu M. CBCT-based bone quality assessment: are Hounsfield units applicable? *Dentomaxillofac Radiol.* 2015;44(1):20140238.
56. Isoda K, Ayukawa Y, Tsukiyama Y, Sogo M, Matsushita Y, Koyano K. Relationship between the bone density estimated by cone-beam computed tomography and the primary stability of dental implants. *Clin Oral Implants Res.* 2012;23(7):832-6.
57. Becker W, Goldstein M. Immediate implant placement: treatment planning and surgical steps for successful outcome. *Periodontol 2000.* 2008;47:79-89.
58. Buser D, Chen ST, Weber HP, Belser UC. Early implant placement following single-tooth extraction in the esthetic zone: biologic rationale and surgical procedures. *Int J Periodontics Restorative Dent.* 2008;28(5):441-51.
59. Koutouzis T, Neiva R, Nair M, Nonhoff J, Lundgren T. Cone beam computed tomographic evaluation of implants with platform-switched Morse taper connection with the implant-abutment interface at different levels in relation to the alveolar crest. *Int J Oral Maxillofac Implants.* 2014;29(5):1157-63.
60. Vera C, De Kok IJ, Chen W, Reside G, Tyndall D, Cooper LF. Evaluation of post-implant buccal bone resorption using cone beam computed tomography: a clinical pilot study. *Int J Oral Maxillofac Implants.* 2012;27(5):1249-57.
61. Barbier L, Abeloos J, De Clercq C, Jacobs R. Peri-implant bone changes following tooth extraction, immediate placement and loading of implants in the edentulous maxilla. *Clin Oral Investig.* 2012;16(4):1061-70.
62. Rodrigo D, Martin C, Sanz M. Biological complications and peri-implant clinical and radiographic changes at immediately placed dental implants. A prospective 5-year cohort study. *Clin Oral Implants Res.* 2012;23(10):1224-31.

63. Garant PR. Ultrastructural studies of inflammation induced in rats by injection of antigen-antibody precipitates. Changes in palatal bone and periosteum to a single exposure. *J Periodontal Res.* 1979;14(1):26-38.
64. Berglundh T, Lindhe J. Dimension of the periimplant mucosa. Biological width revisited. *J Clin Periodontol.* 1996;23(10):971-3.
65. Gould TR, Westbury L, Brunette DM. Ultrastructural study of the attachment of human gingiva to titanium in vivo. *J Prosthet Dent.* 1984;52(3):418-20.
66. Listgarten MA. Soft and hard tissue response to endosseous dental implants. *Anat Rec.* 1996;245(2):410-25.
67. Abrahamsson I, Berglundh T, Glantz PO, Lindhe J. The mucosal attachment at different abutments. An experimental study in dogs. *J Clin Periodontol.* 1998;25(9):721-7.
68. Caram SJ, Huynh-Ba G, Schoolfield JD, Jones AA, Cochran DL, Belser UC. Biologic width around different implant-abutment interface configurations. A radiographic evaluation of the effect of horizontal offset and concave abutment profile in the canine mandible. *Int J Oral Maxillofac Implants.* 2014;29(5):1114-22.
69. Chow YC, Wang HL. Factors and techniques influencing peri-implant papillae. *Implant Dent.* 2010;19(3):208-19.
70. Zucchelli G, Mazzotti C, Mounssif I, Mele M, Stefanini M, Montebugnoli L. A novel surgical-prosthetic approach for soft tissue dehiscence coverage around single implant. *Clin Oral Implants Res.* 2013;24(9):957-62.
71. Tarnow DP, Chu SJ, Salama MA, Stappert CF, Salama H, Garber DA, et al. Flapless postextraction socket implant placement in the esthetic zone: part 1. The effect of bone grafting and/or provisional restoration on facial-palatal ridge dimensional change-a retrospective cohort study. *Int J Periodontics Restorative Dent.* 2014;34(3):323-31.
72. Araujo MG, Linder E, Lindhe J. Bio-Oss collagen in the buccal gap at immediate implants: a 6-month study in the dog. *Clin Oral Implants Res.* 2011;22(1):1-8.
73. Tomasi C, Sanz M, Cecchinato D, Pjetursson B, Ferrus J, Lang NP, et al. Bone dimensional variations at implants placed in fresh extraction sockets: a multilevel multivariate analysis. *Clin Oral Implants Res.* 2010;21(1):30-6.
74. Zhou Z, Chen W, Shen M, Sun C, Li J, Chen N. Cone beam computed tomographic analyses of alveolar bone anatomy at the maxillary anterior region in Chinese adults. *J Biomed Res.* 2014;28(6):498-505.
75. Buser D, Chappuis V, Kuchler U, Bornstein MM, Wittneben JG, Buser R, et al. Long-term stability of early implant placement with contour augmentation. *J Dent Res.* 2013;92(12 Suppl):176S-82S.

76. Herrero-Climent M, Santos-Garcia R, Jaramillo-Santos R, Romero-Ruiz MM, Fernandez-Palacin A, Lazaro-Calvo P, et al. Assessment of Osstell ISQ's reliability for implant stability measurement: a cross-sectional clinical study. *Med Oral Patol Oral Cir Bucal*. 2013;18(6):e877-82.
77. Akca K, Uysal S, Cehreli MC. Implant-tooth-supported fixed partial prostheses: correlations between in vivo occlusal bite forces and marginal bone reactions. *Clin Oral Implants Res*. 2006;17(3):331-6.
78. Thanyakarn C, Hansen K, Rohlin M, Akesson L. Measurements of tooth length in panoramic radiographs. 1. The use of indicators. *Dentomaxillofac Radiol*. 1992;21(1):26-30.
79. Thanyakarn C, Hansen K, Rohlin M. Measurements of tooth length in panoramic radiographs. 2: Observer performance. *Dentomaxillofac Radiol*. 1992;21(1):31-5.
80. Fuhrmann RA, Wehrbein H, Langen HJ, Diedrich PR. Assessment of the dentate alveolar process with high resolution computed tomography. *Dentomaxillofac Radiol*. 1995;24(1):50-4.
81. Benavides E, Rios HF, Ganz SD, An CH, Resnik R, Reardon GT, et al. Use of cone beam computed tomography in implant dentistry: the International Congress of Oral Implantologists consensus report. *Implant Dent*. 2012;21(2):78-86.
82. Pauwels R, Araki K, Siewerdsen JH, Thongvigitmanee SS. Technical aspects of dental CBCT: state of the art. *Dentomaxillofac Radiol*. 2015;44(1):20140224.
83. Patcas R, Markic G, Muller L, Ullrich O, Peltomaki T, Kellenberger CJ, et al. Accuracy of linear intraoral measurements using cone beam CT and multidetector CT: a tale of two CTs. *Dentomaxillofac Radiol*. 2012;41(8):637-44.
84. Abboud M, Calvo-Guirado JL, Orentlicher G, Wahl G. Comparison of the accuracy of cone beam computed tomography and medical computed tomography: implications for clinical diagnostics with guided surgery. *Int J Oral Maxillofac Implants*. 2013;28(2):536-42.
85. Ludlow JB, Davies-Ludlow LE, Brooks SL, Howerton WB. Dosimetry of 3 CBCT devices for oral and maxillofacial radiology: CB Mercuray, NewTom 3G and i-CAT. *Dentomaxillofac Radiol*. 2006;35(4):219-26.
86. Naitoh M, Kinoshita H, Gotoh K, Ariji E. Cone-beam computed tomography images of phantoms with simulating trabecular bone structure fabricated using micro-stereolithography. *Okajimas Folia Anat Jpn*. 2012;89(2):27-33.
87. Vera C, De Kok IJ, Reinhold D, Limpiphitanakorn P, Yap AK, Tyndall D, et al. Evaluation of buccal alveolar bone dimension of maxillary anterior and premolar teeth: a cone beam computed tomography investigation. *Int J Oral Maxillofac Implants*. 2012;27(6):1514-9.

88. Braut V, Bornstein MM, Belser U, Buser D. Thickness of the anterior maxillary facial bone wall—a retrospective radiographic study using cone beam computed tomography. *Int J Periodontics Restorative Dent*. 2011;31(2):125-31.
89. Roe P, Kan JY, Rungcharassaeng K, Caruso JM, Zimmerman G, Mesquida J. Horizontal and vertical dimensional changes of peri-implant facial bone following immediate placement and provisionalization of maxillary anterior single implants: a 1-year cone beam computed tomography study. *Int J Oral Maxillofac Implants*. 2012;27(2):393-400.
90. Patcas R, Muller L, Ullrich O, Peltomaki T. Accuracy of cone-beam computed tomography at different resolutions assessed on the bony covering of the mandibular anterior teeth. *Am J Orthod Dentofacial Orthop*. 2012;141(1):41-50.
91. Timock AM, Cook V, McDonald T, Leo MC, Crowe J, Benninger BL, et al. Accuracy and reliability of buccal bone height and thickness measurements from cone-beam computed tomography imaging. *Am J Orthod Dentofacial Orthop*. 2011;140(5):734-44.
92. Januario AL, Barriviera M, Duarte WR. Soft tissue cone-beam computed tomography: a novel method for the measurement of gingival tissue and the dimensions of the dentogingival unit. *J Esthet Restor Dent*. 2008;20(6):366-73; discussion 74.
93. Silva JNN, Andrade PF, Sotto-Maior BS, Souza Picorelli Assis NM, Pires Carvalho AC, Devito KL. Influence of lip retraction on the cone beam computed tomography assessment of bone and gingival tissues of the anterior maxilla. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol*. 2017;123(6):714-20.
94. Fuentes R, Flores T, Navarro P, Salamanca C, Beltran V, Borie E. Assessment of buccal bone thickness of aesthetic maxillary region: a cone-beam computed tomography study. *J Periodontal Implant Sci*. 2015;45(5):162-8.
95. Kim YJ, Park JM, Kim S, Koo KT, Seol YJ, Lee YM, et al. New method of assessing the relationship between buccal bone thickness and gingival thickness. *J Periodontal Implant Sci*. 2016;46(6):372-81.
96. Assaf JH, Zanatta FB, de Brito RB, Jr., Franca FM. Computed tomographic evaluation of alterations of the buccolingual width of the alveolar ridge after immediate implant placement associated with the use of a synthetic bone substitute. *Int J Oral Maxillofac Implants*. 2013;28(3):757-63.
97. Nowzari H, Molayem S, Chiu CH, Rich SK. Cone beam computed tomographic measurement of maxillary central incisors to determine prevalence of facial alveolar bone width  $\geq 2$  mm. *Clin Implant Dent Relat Res*. 2012;14(4):595-602.
98. Ghassemian M, Nowzari H, Lajolo C, Verdugo F, Pirronti T, D'Addona A. The thickness of facial alveolar bone overlying healthy maxillary anterior teeth. *J Periodontol*. 2012;83(2):187-97.

99. Lau SL, Chow J, Li W, Chow LK. Classification of maxillary central incisors-implications for immediate implant in the esthetic zone. *J Oral Maxillofac Surg.* 2011;69(1):142-53.
100. Demircan S, Demircan E. Dental Cone Beam Computed Tomography Analyses of the Anterior Maxillary Bone Thickness for Immediate Implant Placement. *Implant Dent.* 2015;24(6):664-8.
101. Farahamnd A, Sarlati F, Eslami S, Ghassemian M, Youssefi N, Jafarzadeh Esfahani B. Evaluation of Impacting Factors on Facial Bone Thickness in the Anterior Maxillary Region. *J Craniofac Surg.* 2017;28(3):700-5.
102. El Nahass H, S NN. Analysis of the dimensions of the labial bone wall in the anterior maxilla: a cone-beam computed tomography study. *Clin Oral Implants Res.* 2015;26(4):e57-e61.
103. Rojo-Sanchis J, Vina-Almunia J, Penarrocha-Oltra D, Penarrocha-Diago M. Facial Alveolar Bone Width at the First and Second Maxillary Premolars in Healthy Patients: A Cone Beam Computed Tomography Study. *J Oral Implantol.* 2017;43(4):261-5.
104. Khoury J, Ghosn N, Mokbel N, Naaman N. Buccal Bone Thickness Overlying Maxillary Anterior Teeth: A Clinical and Radiographic Prospective Human Study. *Implant Dent.* 2016;25(4):525-31.
105. Matsuda H, Borzabadi-Farahani A, Le BT. Three-Dimensional Alveolar Bone Anatomy of the Maxillary First Molars: A Cone-Beam Computed Tomography Study With Implications for Immediate Implant Placement. *Implant Dent.* 2016;25(3):367-72.
106. Braut V, Bornstein MM, Lauber R, Buser D. Bone dimensions in the posterior mandible: a retrospective radiographic study using cone beam computed tomography. Part 1--analysis of dentate sites. *Int J Periodontics Restorative Dent.* 2012;32(2):175-84.
107. Temple KE, Schoolfield J, Noujeim ME, Huynh-Ba G, Lasho DJ, Mealey BL. A cone beam computed tomography (CBCT) study of buccal plate thickness of the maxillary and mandibular posterior dentition. *Clin Oral Implants Res.* 2016;27(9):1072-8.
108. AlTarawneh S, AlHadidi A, Hamdan AA, Shaqman M, Habib E. Assessment of Bone Dimensions in the Anterior Maxilla: A Cone Beam Computed Tomography Study. *J Prosthodont.* 2018;27(4):321-8.
109. Grutter L, Belser UC. Implant loading protocols for the partially edentulous esthetic zone. *Int J Oral Maxillofac Implants.* 2009;24 Suppl:169-79.
110. Sendyk M, de Paiva JB, Abrao J, Rino Neto J. Correlation between buccolingual tooth inclination and alveolar bone thickness in subjects with Class III dentofacial deformities. *Am J Orthod Dentofacial Orthop.* 2017;152(1):66-79.

111. Rossi F, Romanelli P, Ricci E, Marchetti C, Botticelli D. A cone beam tomographic evaluation of hard tissue alterations at immediate implants: a clinical prospective study. *Int J Periodontics Restorative Dent*. 2013;33(6):815-23.
112. Nishihara K, Yoshimine SI, Goto T, Ishihata K, Kume KI, Yoshimura T, et al. Topographic analysis of the maxillary premolars relative to the maxillary sinus and the alveolar bone using cone beam computed tomography. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol*. 2017;123(5):606-12.
113. Wang HM, Shen JW, Yu MF, Chen XY, Jiang QH, He FM. Analysis of facial bone wall dimensions and sagittal root position in the maxillary esthetic zone: a retrospective study using cone beam computed tomography. *Int J Oral Maxillofac Implants*. 2014;29(5):1123-9.
114. Valiyaparambil JV, Yamany I, Ortiz D, Shafer DM, Pendrys D, Freilich M, et al. Bone quality evaluation: comparison of cone beam computed tomography and subjective surgical assessment. *Int J Oral Maxillofac Implants*. 2012;27(5):1271-7.
115. Parsa A, Ibrahim N, Hassan B, Motroni A, van der Stelt P, Wismeijer D. Reliability of voxel gray values in cone beam computed tomography for preoperative implant planning assessment. *Int J Oral Maxillofac Implants*. 2012;27(6):1438-42.
116. Suomalainen A, Vehmas T, Kortensniemi M, Robinson S, Peltola J. Accuracy of linear measurements using dental cone beam and conventional multislice computed tomography. *Dentomaxillofac Radiol*. 2008;37(1):10-7.
117. Walter C, Weiger R, Zitzmann NU. Accuracy of three-dimensional imaging in assessing maxillary molar furcation involvement. *J Clin Periodontol*. 2010;37(5):436-41.

## ANEXOS

## Índice de las ilustraciones

Ilustración 1 Selección del corte axial tras dibujo del arco sobre el escaneado....	56
Ilustración 2 Valoración del espesor de la tabla vestibular en A,B Y c.....	56
Ilustración 3 Grosor óseo de la tabla alveolar palatina.¡Error! Marcador no definido.	
Ilustración 4 Distancia desde el límite amelo-cementario hasta la cresta ósea en palatino y en vestibular.....	58
Ilustración 5 Grosor de la pared alveolar en vestibular a 2mm de altura de la cresta. .....	58
Ilustración 6 Diferencia de la altura entre la cortical palatina y la vestibular.....	58
Ilustración 7 Anclaje apical.....	59
Ilustración 8 Anchura del proceso alveolar.....	59
Ilustración 9 Calidad de hueso según la clasificación de Lekholm y Zarb (1985). .....	60
Ilustración 10 Angulación entre el proceso dento-alveolar y el eje axial del diente. .....	60
Ilustración 11 Grosor de los tabiques interradiculares a nivel de los molares superiores e inferiores.....	61
Ilustración 12 Anchura del proceso basal o de la disponibilidad ósea apical. ....	61

## Índice de las tablas

Tabla 1 Arbol de toma de decisiones descrito por Jouzdovalys et al 2010.....	17
Tabla 2 Escala para densidades óseas y UH (Norton et al 2001(54)).....	34
Tabla 3 Calibración de los examinadores: coeficiente de correlación intraexaminador.....	55
Tabla 4 Calibración de los examinadores: coeficiente de correlación inter-examinador. ....	55
Tabla 5 Valores medios del grosor de la tabla vestibular en maxilar. ....	65
Tabla 6 Valores medios del grosor de la tabla vestibular en mandíbula.....	<b>¡Error!</b>
<b>Marcador no definido.</b>	
Tabla 7 Distribución de la muestra en tres espesores:<1mm, 1-2mm, >2mm en maxilar.....	66
Tabla 8 Grosor de la tabla palatina en maxilar y mandíbula.....	68
Tabla 9 Distancia desde el LAC a la cortical vestibular y palatina en maxila.....	68
Tabla 10 Distancia desde el LAC a la cortical vestibular y palatina en mandíbula.....	69
Tabla 11 Grosor de la tabla vestibular a 2mm de altura desde la cresta	
<b>¡Error! Marcador no definido.</b>	
Tabla 12 Diferencia de la altura palatina con respecto a la vestibular en maxilar	70
Tabla 13 Diferencia de la altura palatina con respecto a la vestibular en mandíbula.....	71
Tabla 14 Distribución del anclaje apical en maxilar por grupos.....	72
Tabla 15 Distribución del anclaje apical en mandíbula por grupos .....	72
Tabla 16 Anchura vestíbulo- palatina/lingual del alvéolo. ....	73

Tabla 17 Calidad ósea en Unidades Hounsfields en maxilar.....	74
Tabla 18 Calidad ósea en unidades Hounsfield para mandíbula. ....	75
Tabla 19 Angulación entre el proceso alveolar y el eje axial del diente en maxilar. .....	75
Tabla 20 Angulación entre el proceso alveolar y el eje axial del diente en mandíbula. .....	76
Tabla 21 Distribución por grupo de la angulación del proceso alveolar vs eje axial dentario en maxilar. ....	76
Tabla 22. Distribución por grupo de la angulación del proceso alveolar vs eje axial dentario en mandíbula .....	<b>¡Error! Marcador no definido.</b>
Tabla 23 Grosor de los tabiques inter-radiculares.....	77
Tabla 24 Anchura del proceso basal o de la disponibilidad ósea apical. ....	78

## RESEARCH ARTICLE

## Open Access



# Thickness of the buccal bone wall and root angulation in the maxilla and mandible: an approach to cone beam computed tomography

P. López-Jarana<sup>1</sup>, C. M. Díaz-Castro<sup>2</sup>, A. Falcão<sup>1</sup>, C. Falcão<sup>1</sup>, J. V. Ríos-Santos<sup>3\*</sup>  and M. Herrero-Climent<sup>1</sup>**Abstract**

**Background:** The objective of this paper is to anatomically describe the bone morphology in the maxillary and mandibular tooth areas, which might help in planning post-extraction implants.

**Methods:** CBCT images (Planmeca ProMax 3D) of 403 teeth (208 upper teeth and 195 lower teeth) were obtained from 49 patients referred to the Dental School of Seville from January to December 2014. The thickness of the facial wall was measured at the crest, point A, 4 mm below, point B, and at the apex, point C. The second parameter was the angle formed between the dental axis and the axis of the basal bone.

**Results:** A total of 403 teeth were measured. In the maxilla, 89.4% of incisors, 93.94% of canines, 78% of premolars and 70.5% of molars had a buccal bone wall thickness less than the ideal 2 mm. In the mandible, 73.5% of incisors, 49% of canines, 64% of premolars and 53% of molars had < 1 mm buccal bone thickness as measured at point B. The mean angulation in the maxilla was  $11.67 \pm 6.37^\circ$  for incisors,  $16.88 \pm 7.93^\circ$  for canines,  $13.93 \pm 8.6^\circ$  for premolars, and  $9.89 \pm 4.8^\circ$  for molars. In the mandible, the mean values were  $10.63 \pm 8.76^\circ$  for incisors,  $10.98 \pm 7.36^\circ$  for canines,  $10.54 \pm 5.82^\circ$  for premolars and  $16.19 \pm 11.22^\circ$  for molars.

**Conclusions:** The high incidence of a buccal wall thickness of less than 2 mm in over 80% of the assessed sites indicates the need for additional regeneration procedures, and several locations may also require custom abutments to solve the angulation problems for screw-retained crowns.

**Keywords:** Buccal bone wall thickness, Basal bone angulation, Root angulation, Basal bone, Cone beam computed tomography, CBCT

**Background**

According to a prospective study, the majority of bone remodelling occurs after a dental extraction in the buccal plate, with a vertical loss of 1 mm and a larger degree of horizontal resorption (80–63%) than vertical (69–65%) [1]. In addition, the mid-buccal recession of an immediate implant placed into a fresh extraction socket has been reported to be 0.55 to 0.75 mm at 1 year of follow-up [2].

The immediate (after tooth extraction) implant placement protocol [3] has advantages over other early or delayed approaches in the reduction of treatment time and patient discomfort, since it requires fewer surgical procedures. The assessment of the tooth root anatomy helps the clinician to properly choose the best treatment protocol [4]. The thickness of the buccal alveolar bone wall, especially the bundle bone (whose vascularization depends on the periodontal ligament [5, 6]), undergoes extensive remodelling during the healing of the alveolar process. This influences soft and hard tissue volume and its relationship with the implant, which impact the biological and aesthetic results achieved [7].

\* Correspondence: [jvrios@us.es](mailto:jvrios@us.es)<sup>3</sup>School of Dentistry, Universidad de Sevilla (Spain), C/Avicena S/N, 41009 Seville, Spain

Full list of author information is available at the end of the article



© The Author(s). 2018 **Open Access** This article is distributed under the terms of the Creative Commons Attribution 4.0 International License (<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>), which permits unrestricted use, distribution, and reproduction in any medium, provided you give appropriate credit to the original author(s) and the source, provide a link to the Creative Commons license, and indicate if changes were made. The Creative Commons Public Domain Dedication waiver (<http://creativecommons.org/publicdomain/zero/1.0/>) applies to the data made available in this article, unless otherwise stated.

The planning of an immediate implant requires an intact vestibular wall or a type 1 socket as rated by Elian et al. [8], which means a socket where the vestibular and palatal plates and the overlaying soft tissue are preserved. Furthermore, at least a 2-mm thickness of the vestibular plate is needed for soft tissue stability to prevent prosthetic and aesthetic complications. Many authors suggested that the shoulder of the implant should be placed in the area that they called the comfort zone: 1.5 or 2 mm apical to the gingival margin of the future restoration [9]. A more buccal position carries a greater risk of recession and restorative difficulties [10]. Placing it too palatal results in an overlapping or over-contouring towards the vestibule. The morphology of the residual alveolar process is also crucial to determine the orientation for implant placement [11]. Carvalho described the bone triangle concept, which consists of the residual basal bone apical to the alveolar process [12]. The implant position could be affected by the angulation of this basal bone triangle, which in turn is vital to achieve primary stability for an immediate implant. The difference between the proper emergence of the implant crown and the ideal angulation of this apical bone triangle should be 10 degrees [13].

Many clinical situations require additional surgical procedures, apart from all the previously mentioned considerations, to make screw-retained prostheses. Apical fenestrations of the bone plate in the anterior maxillary region are common when leading the emergency screwed profile into the palatal zone [14]. Previous anatomic studies have shown deep depressions in the alveolar bone around the apex, which becomes a risky situation, especially in the lateral incisor region due to the limited availability of alveolar bone [15]. However, some clinicians prefer to preserve the thickness of the alveolar process by positioning the implant in the same tooth axis and afterwards restore them with CAD-CAM or standard angulated abutments [16].

CBCT helps to establish the morphologic characteristics of the residual alveolar process [17–19].

The main aim of this study is to anatomically describe the bone morphology in the maxillary and mandibular alveolar bone tooth areas, which might help in planning post-extraction implants. The analysis consists of assessing [1] roots position of remaining teeth in the alveolar process by measuring the distance from the root to the buccal wall at three specific locations, and [2] the angle formed by the axis of the basal bone with the axis of the tooth.

## Methods

The present transversal descriptive study included CBCT images obtained by an x-ray device (Planmeca ProMax 3D; Planmeca Oy; Helsinki, Finland) using a

spiral technique with 0.2 mm thickness (200  $\mu\text{m}$  voxel size, 200 mm field of view (FOV), 90 kV, 10 mA, 1 mm pass) from patients referred to the Periodontology Department of Dental School of Seville for implant therapy from January to December 2014. The ethical committee for the University of Seville approved this non-interventional study for the acquisition of the images, number 0159-N-14 (PEIBA) of the Junta de Andalucía, Spain. The inclusion criteria are described in Table 1.

## Image process and codification

The CBCT images used in the present study were selected from the faculty's database and were not specifically acquired for this study. The CBCT images were anonymous and were saved in Digital Imaging and Communications in Medicine (DICOM) format inside a protected computer with specific software for implant planning. The measurements were performed using a commercial image analysis and graphics software (Adobe Photoshop CS5, Adobe Systems Incorporated, 345 Park Avenue, San Jose, California 95, 110, USA) by 3 pre-calibrated surgeons. The captured images of the scan were saved with the standard zoom and resolution of Planmeca Romexis viewer of Planmeca ProMax 3D; and exported to Adobe Photoshop CS5, to be measured.

## Examiner calibration

Three examiners were calibrated using 10 randomized CBCT images on 2 different days, 48 h apart. The calibration was achieved by blind measurements of the same random teeth by the three examiners, registering the grade of reproducibility. The intra-examiner intra-class correlation coefficient (ICC) were 0.98, 0.97 and 0.98, and the inter-examiner ICC were 0.99 and 0.98.

## Radiographic image analysis of the CBCTs

CBCT images were analysed on two computers, both with Windows 7 and Intel core i-7 processors with a monitor resolution of 1366  $\times$  768. Data were reconstructed with an image size of 401  $\times$  401  $\times$  401, voxel size 200  $\mu\text{m}$ , 90 Kv, 14 mA, 12,249 s and DAP 12,3 (mGy $\text{cm}^2$ ).

The arch form selector tool was centred throughout the middle of the arch in the coronal plane at the cement-enamel level selecting the centre of the nerve canal of single root teeth and the middle of the interdental septum of multirrooted teeth (Fig. 1). The thickness of the alveolar bone was measured after selecting the cross-sectional image made at the midpoint of the tooth, at which the centre of the root canal passes, parallel to its long axis (Fig. 2). To perform the measurements, sagittal scans from the reconstructed data were selected, resulting in images where the entire root and

**Table 1** The systemic inclusion and local exclusion criteria

Systemic inclusion criteria	Local exclusion criteria
1. Absence of systemic disease of relevant history of bad health (particularly ruling out bone diseases, uncontrolled or poorly controlled diabetes, unstable or life-threatening conditions or requiring antibiotic prophylaxis).	1. Radiolucent image greater than 1/3 of the root, metal artefacts.
2. Absence of history of radiotherapy or chemotherapy in the past 5 years	2. Severe root angulation (selected tooth image was not contained in slice).
3. Absence of autoimmune diseases and any drug use.	3. Severe root resorption.
4. Absence of pregnancy or lactation.	4. Radiographic evidence of surgical (guided bone/tissue regeneration) treatment in the anterior maxillary dentition.

cementoamel junction (CEJ) were present for single rooted teeth. Two different slices were selected for multirouted teeth, one which passed across from the apex of the mesiobuccal and the distobuccal root. The long axis determined the slice. The captured images had a resolution of 72 pixels/inch and were saved with the standard zoom of Planmeca Romexis [20] viewer and exported to Photoshop CS5 to be measured. All the images had a lateral ruler which served to the surgeons for calibrating the measurements made on the photo editor to the distance at the DICOM images.

#### Parameters or variables

The thickness of the buccal bone wall was measured in a sagittal slice, perpendicular to the long axis of the root (defined by the line from the incisal border to the apex) at several points (Fig. 2):

- A: Thickness at the first top coronal part of the buccal crest,
- B: Thickness 4 mm upper from the point A.
- C: Thickness at the apex from the apical constriction to the buccal wall.

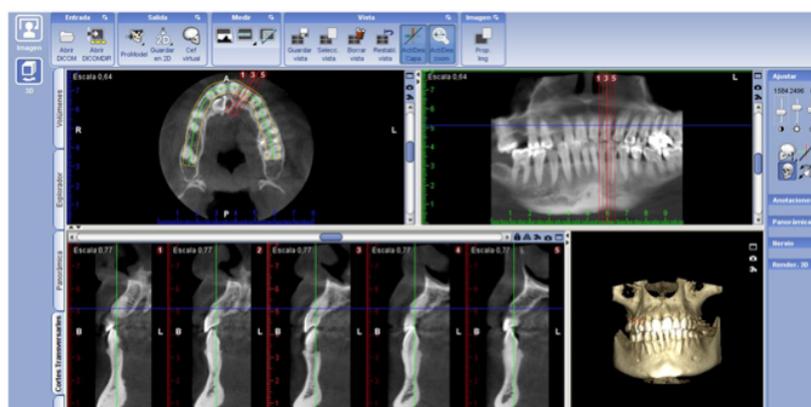
Measurement of the angle formed by the axis of the basal bone triangle with the axis of the tooth in the upper and lower arches (Fig. 3).

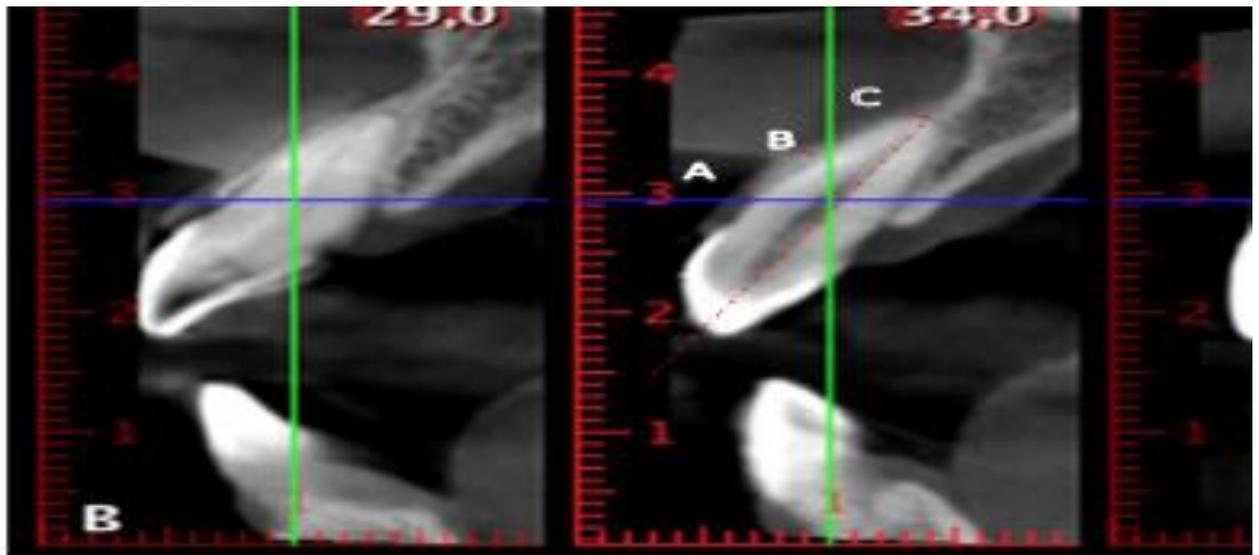
The angle of the basal bone triangle was defined by two reference points in the palatal and vestibular areas at the apex and other two points in the apical part of the basal bone triangle. A perpendicular line passes across these horizontal lines at the middle. With the angle tool, the axis of the tooth and the axis of the basal bone were drawn, and the angle formed in their intersection was determined.

The authors have uploaded the Excel data file to the 'idUS' repository of the University of Seville. Available for readers.

#### Statistical analysis

The data obtained was introduced in Excel software (Microsoft) to perform a descriptive analysis with the adequate codification of the patients. The data were analysed using SPSS software version 22. Descriptive statistics, including the mean, SD, and 95% confidence intervals (CIs), were calculated.

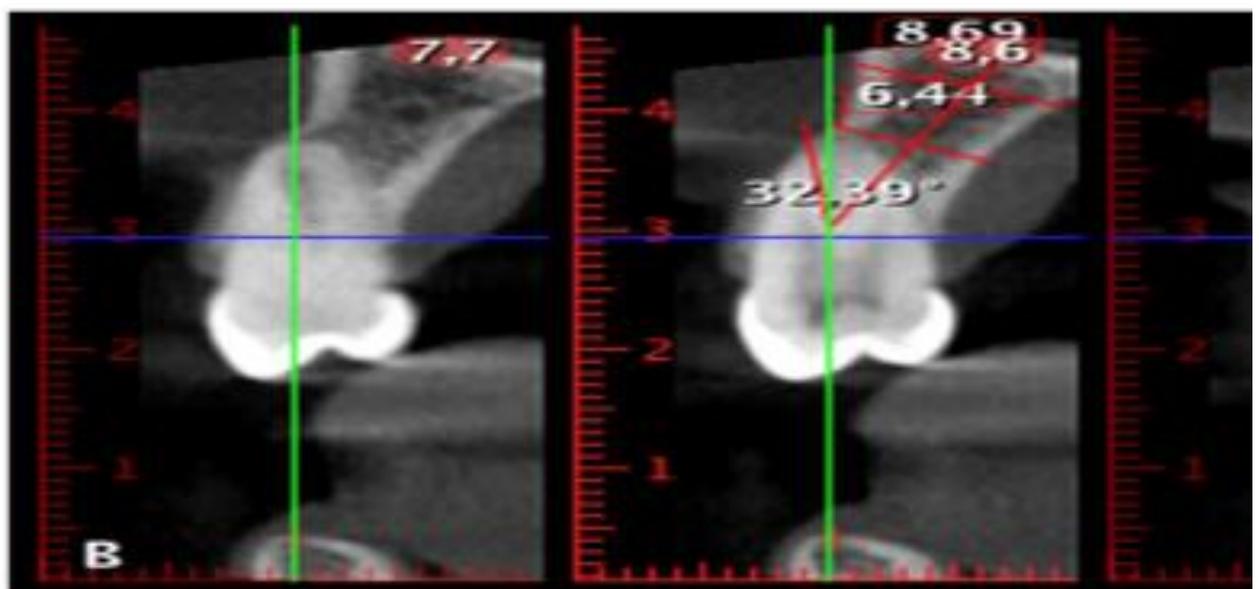
**Fig. 1** Selection of the axial slice



of the buccal bone wall. **a** Thickness at the coronal part of the buccal crest  
 the apex from the apical constriction to the buccal wall

ents (mean age of 40.3 years) met the  
 (19 men and 30 women), resulting in a  
 eth that were measured. Of these, 208  
 and 195 were lower teeth. In the max-  
 included 32 central incisors, 34 lateral  
 es, 25 first and 25 s premolars, and 31  
 dars. In the mandible, the samples in-  
 incisors, 38 lateral incisors, 35 canines,  
 remolars, and 10 first and 11 s molars.

**The thickness of**  
 In the maxilla,  
 and molars was  
 point. Approxi  
 canines, 78% of  
 thickness lower t  
 process (Table 2)  
 In the mandib  
 and molars wa  
 reference point.



ween the dental axis and the basal bone

**Table 2** Medium values of the thickness of the alveolar process

Table 2	$\mu$	A	B	C
Maxillary incisors	66	1.036 ± 0.46 mm	1.021 ± 0.49 mm	1.614 ± 0.95 mm
Maxillary canines	33	1.047 ± 0.39 mm	1.27 ± 1.95 mm	1.26 ± 0.68 mm
Maxillary premolars	50	1.20 ± 0.67 mm	1.43 ± 0.95 mm	2.19 ± 1.68 mm
Maxillary molars	59	1.240 ± 0.83 mm	1.55 ± 1.41 mm	2.153 ± 1.68 mm
Mandibular molars	21	0.917 ± 0.416 mm	3.109 ± 2.03 mm	6.779 ± 2.925 mm
Mandibular premolars	62	0.841 ± 0.402 mm	1.490 ± 0.97 mm	3.814 ± 1.827 mm
Mandibular canines	35	0.794 ± 0.407 mm	1.079 ± 0.86 mm	3.535 ± 1.869 mm
Mandibular incisors	77	0.767 ± 0.361 mm	0.936 ± 0.77 mm	3.187 ± 1.905 mm

< 1 mm was present in 57 incisors, 24 canines, 40 premolars and 11 M in site A, but this thickness increased to > 2 mm in 54 incisors, 26 canines, 54 premolars and 12 M in site C. At site A, 74.02% of the incisors, 68.57% of canines, 64.51% of premolars and 57.14% of molars were < 1 mm at the first measurement points. To understand the distribution of the bone thickness at the wall, the study sample was divided into two groups: ideal ( $\geq 2$  mm) and non-ideal thickness (< 1 mm) (Table 3).

#### The angulation between the axis of the teeth and the alveolar process

In the maxilla, only 31 of 66 incisors, 6 of 32 canines, 18 of 47 premolars and 32 of 58 M had an angle less than 10°. In the mandible, the maximum angulation was found in some molars (43.26°) and incisors (38°) (Table 4, Figs. 4, 5).

#### Discussion

The long-term aesthetic implications of bone remodelling after implant placement are focused in the apical migration of the vestibular gingival margin, a parameter associated with the disappearance of the bundle bone. Therefore, knowledge of the bone dimensions

surrounding the tooth are required in order to predict the degree of reabsorption that will occur after tooth extraction and replacement [17]. The underlying surrounding bone morphology of an immediate implant plays a critical role in soft tissue stability and influences the aesthetic outcome with the final restoration [18]. Many factors are responsible for the possible aesthetic risk when immediate implants are placed: the absence of the bundle bone, the remodelling of the alveolar process after tooth extraction, the thickness of the vestibular bone wall, as well as the convexity of the alveolar process because these two parameters influence the emergence profile of the restoration [21].

The related disparity of the CBCT between the true value and the general mean value was 0.8–1% for width measurements and 2.2% for height measurements [22]. In our study, the CBCT software used did not allow the measurement of a thicknesses less than 0.8 mm; therefore, we had to use Adobe Photoshop CS5 software to measure lower thickness values, which were then converted to real measures.

In the maxilla, the anatomical descriptive study from Huyn-Va et al. in 2010 [19] employed a sample of 93 extraction sockets to show a wall thickness of less than 1 mm in 87% of cases at a coronal level in the portion

**Table 3** Distribution of the buccal bone wall thickness in groups

Dental group	<1MM			1–2 MM			> 2 mm		
	A	B	C	A	B	C	A	B	C
Max Incisors (C, L)	35 (53–53%)	32 (53–44%)	15 (13–32%)	26 (38–41%)	31 (44–50%)	34 (59–44%)	5 (9–6%)	3 (3–6%)	17 (28–24%)
Max Canines	18 (45%)	19 (58%)	12 (36%)	12 (30%)	13 (39%)	17 (52%)	3 (8%)	1 (3%)	4 (12%)
Max Pm (1°, 2°)	20 (54–24%)	18 (56–16%)	12 (36–12%)	27 (42–64%)	21 (36–48%)	15 (28–32%)	4 (4–12%)	10 (8–32%)	25 (36–56%)
Max M (1°, 2°)	25 (45–32%)	28 (55–39%)	19 (48–14%)	25 (45–39%)	13 (23–21%)	15 (26–25%)	11 (10–29%)	18 (23–39%)	25 (26–61%)
Mnd Incisors (central, lateral)	57 (79–68%)	47 (62–61%)	5 (5–8%)	20 (21–32%)	26 (33–34%)	18 (31–16%)	0	4 (5–5%)	54 (64–76%)
Mnd Canines	17 (49%)	15 (43%)	3 (9%)	2 (6%)	16 (46%)	6 (17%)	16 (46%)	4 (11%)	26 (74%)
Mnd Pm (1°PM, 2°PM)	40 (68–60%)	23 (46–24%)	2 (5–0%)	22 (32–40%)	23 (35–40%)	4 (5–8%)	0	16 (19–36%)	54 (84–92%)
Mnd Molars (1°M, 2°M)	11 (70–36%)	0	0	10 (30–64%)	9 (80–9%)	0	0	12 (20–91%)	21 (100–100%)

**Table 4** Angulation of the alveolar process versus axial teeth axis: group distribution

Table 4	μ	Median	Min	Max
Maxillary Incisors	66	11.67 ± 6.4°	0.70°	27.01°
Maxillary Canines	33	16.88 ± 7.9°	2.18°	34.20°
Maxillary Premolars	50	13.93 ± 8.6°	0.33°	42.60°
Maxillary Molars	58	9.89° ± 4.8°	2.13°	20.90°
Mandibular Incisors	77	10.64 ± 8.8°	1.06°	38.00°
Mandibular Canines	35	10.99 ± 7.4°	2.00°	32.78°
Mandibular Premolars	62	10.54 ± 5.9°	2.05°	25.35°
Mandibular Molars	21	16.19 ± 11.2°	2.81°	43.26°

closest to the cement-enamel junction (CEJ). The current study presents similar results; the thickness of the buccal bone increases from apical to coronal and from the midline to the canine [23].

Our mean results in terms of the thickness of the maxillary buccal bone were as follows: 54.45% of incisors and canines, 60% of premolars and 47% of molars were lower than 1 mm. All values remained between 0.5 and 1.5 mm with exception of 4 lateral incisors, where the measured thickness was greater than 1.5 mm [24].

Januario et al. 2011 [25] measured the thickness of the buccal alveolar bone at 1, 3 and 5 mm apically from the crest in 250 subjects. The values showed that the thickness was always < 1 mm, and in 50% of the cases, it was inferior to 0,5 mm. In our sample, we found that 53% of incisors presented a thickness of the buccal wall bone less than 1 mm.

In the prospective study from Hassan-Assaf et al., the buccal wall thickness measured preoperatively at 2 mm from the crest resulted in median values that were lower than ours (1.20 ± 0.67 mm): 1,03 mm for canines and premolars [26].

On the other hand, our results were slightly higher than those of recently published works, where the average values for the upper arch teeth were less than 1 mm for all sites, and we did not find statistically significant differences between left and right teeth [15, 27–29].

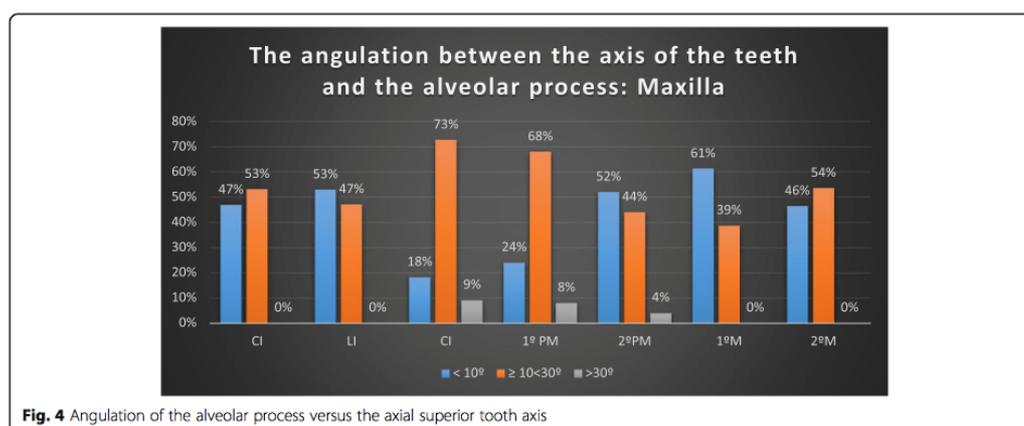
In upper canines and second premolars, we found a thinner buccal bone wall, which seemed to be similar to the results of other studies. For the upper canines, 58 and 56% of first premolars showed a thickness thinner than 1 mm. Our results are in agreement with those of Rojo et al. [30]. They show that the thickness of the first premolars seems to be less than that of second premolars, although our mean values were lower. The reason for these lower values could be explained by our measurement method with Photoshop CS5.

However, our mean values increased in an apical direction. This may be due to the possible skeletal class differences in the population groups in the study [31].

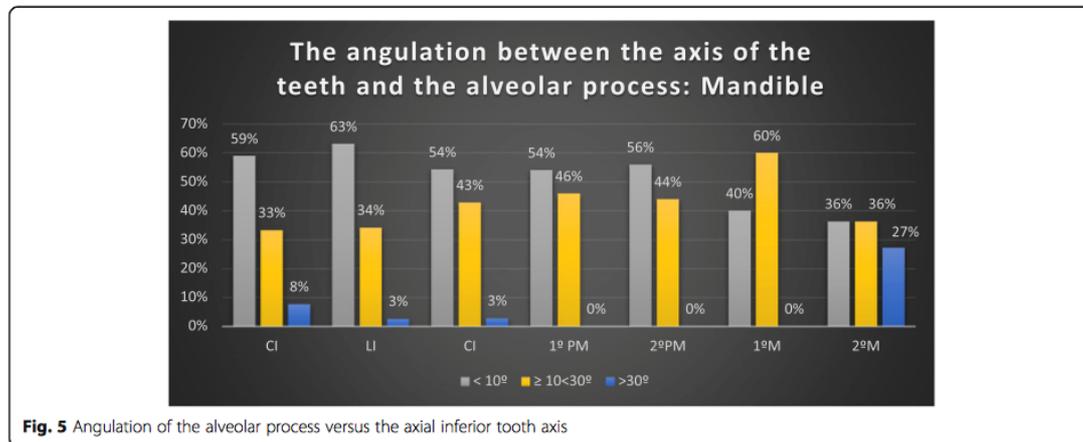
For the upper molars, our mean values were similar to those of other recent publications. Our results showed that 55% of upper first molars and 40% of second molars had thicknesses thinner than 1 mm [32]. In a specific study of posterior teeth from the maxilla and mandible, the authors show an increasing buccal plate thickness from anterior to posterior and from coronal to apical that was greater in maxillary than in mandibular teeth [33, 34].

As posterior teeth in the mandible and maxilla are sites where immediate implants are also placed, the present study included the assessment of these teeth in addition to anterior teeth.

In the mandible, outcomes were similar except for the more apical points (at 8 mm from the CEJ), which were lower than our values at the apex level. This could be related to the reference measurement because our midpoint was situated 4 mm to the crest.



**Fig. 4** Angulation of the alveolar process versus the axial superior tooth axis



**Fig. 5** Angulation of the alveolar process versus the axial inferior tooth axis

In relation to the angle of the root axis and basal bone axis, our research found that in the upper jaw, the mean values were as follows:  $11.67 \pm 6.37^\circ$  for incisors,  $16.88 \pm 7.93^\circ$  for canines,  $13.93 \pm 8.6^\circ$  for premolars, and  $9.89 \pm 4.8^\circ$  for molars. In the mandible, the mean values were  $10.63 \pm 8.76^\circ$  for incisors,  $10.98 \pm 7.36^\circ$  for canines,  $10.54 \pm 5.82^\circ$  for premolars and  $16.19 \pm 11.22^\circ$  for molars. However, a maximum of  $43.26^\circ$  was found in some molars and  $38^\circ$  in some incisors.

According to Nishihara et al., the mean value of the angle of maxillary first premolars was  $25.5^\circ$  and  $18.1^\circ$  for second premolars. The insertion angle of the dental implant may leave a depression in the buccal bone that could induce implant protrusion to the vestibular bone in longer implants [35].

According to Kan et al. (2011), the class I type, in which the root is closer to vestibular wall, represents 81.1% of the cases. These angulations are in most cases greater than  $10^\circ$  from canine to canine. The sagittal position of the tooth in the alveolar bone is important for the clinician to make decisions for implant-based therapy [11].

In 2014, Wang found differences greater than  $10^\circ$  in all groups, even up to  $42^\circ$  in some premolars and upper canines. These differences in the results of angulation were greater than  $20^\circ$  in 50% of anterior teeth (and 40% of the canines  $> 30^\circ$ ). This could be a consequence of the patient's skeletal class [36]. In this study, the sagittal angle formed between the long axis of the tooth and the long axis of the alveolar bone was  $< 10^\circ$  degrees at only 10% of the teeth in the maxillary aesthetic zone.

In more recent studies, the angulation of the tooth axis is related to the horizontal plane and the buccal bone wall. The more obtuse the angle, the thinner the buccal wall. This situation implies increased risk of perforation of the buccal wall in immediate implant

placement [31]. In our opinion, the clinical relevance of these data is that in cases where immediate implants are placed according to bone availability, angulated screwed abutments may be required. In some cases, such as premolars and canines, this might require CAD/CAM-customized components, since available standard angulated screwed abutments are not able to compensate for the resulting discrepancy between angulations. Nevertheless, in the mandible, 8% of incisors and 27% of second molars seem to have angulations bigger than  $30^\circ$  between the basal bone and dental alveolus.

In Lau et al's study, as mentioned previously, the proportion of incisors positioned more buccal (type B) was 78.8%. Furthermore, 19.4 and 1.8% were positioned midway (type M) and more palatal (type P), respectively. This result was in concordance with Kan's study [37]. The position of the teeth must be considered because the anatomy of the dental alveolus increases the difficulty of the ideal positioning of the immediate implant. Sometimes, type 1 Kan's classification means that the teeth are too close to the buccal plate, which is thinner, although palatal bone is preserved and is a suitable zone to achieve bone anchorage.

To our knowledge, no studies have analysed the angulation of mandibular teeth. The mean angulation values between the axis of the teeth and the alveolar process for the mandible were  $10.63 \pm 8.76^\circ$  in incisors,  $10.98 \pm 7.36^\circ$  in canines,  $10.54 \pm 5.82^\circ$  in premolars and  $16.19 \pm 11.22^\circ$  in molars. However, a maximum of  $43.26^\circ$  was found in 3 M and  $38^\circ$  in 30 incisors.

Once the analysis of the studied parameters was completed, we identified the most unfavourable situations for immediate implants: the lateral incisors, canines and premolars in the maxilla and the incisors, canines and second molars in the mandible.

## Conclusions

There seems to be a link between the angulation of the root and the alveolar axis, which was greater than 10° in almost all the sites studied.

The thickness of the buccal plate was less than 2 mm in over 80% of the teeth studied.

In the maxilla, the most critical areas were the lateral incisors, canines and first premolars, where the thickness of the buccal wall was less than 2 mm and their angulation with the alveolar process varied between 10 and 30°.

In the mandible, the critical sites were central incisors, lateral incisors, and canines, where the thickness of the buccal wall was less than 2 mm. Furthermore, 27% of the second molars made an angle with the alveolus of > 30°, but the buccal bone wall thickness was in 91% of the measured areas. The results of the study could imply that over 80% of assessed sites could require additional regeneration procedures to preserve hard and soft tissue volumes. Also custom abutments might be necessary to solve the angulation of screw-retained crowns.

## Abbreviations

CAD-CAM: Computer-Aided Design/Computer-Aided Manufacturing; CBCT: Cone Beam Computed Tomography; CEJ: Cementoenamel Junction; CI: Confidence Intervals; DICOM: Digital Imaging and Communications in Medicine; FOV: Field of view; ICC: Intraclass Correlation Coefficient; PEIBA: Portal de Ética de la Investigación Biomédica de Andalucía (Spain)

## Acknowledgements

Professor Ana Fernández Palacín, of the Department of Biostatistics in Health Sciences of the University of Seville, collaborated in the analysis of the data.

## Funding

This study was funded by the authors' own institutions

## Availability of data and materials

Available for readers.

## Authors' contributions

L-J P<sup>1</sup>: Data Collection/Analysis/Interpretation. Drafting article. Approval of article. D-CCM: Data Analysis/Interpretation. Critical Revision of article. Approval of article. FA: Data Analysis/Interpretation. Drafting article. Approval of article. FC: Concept/Design, Statistics. Drafting article. Approval of article. R-SJV: Concept/Design, Statistics, Critical Revision of article. Approval of article. H-CM: Concept/Design, Statistics. Critical Revision of article. Approval of article.

## Ethics approval and consent to participate

The ethical committee for the University of Seville approved this non-interventional study for the acquisition of the images, number 0159-N-14 (PEIBA) of the Junta de Andalucía, Spain.

## Consent for publication

The authors have uploaded the Excel data file to the 'idUS' repository of the University of Seville.

## Competing interests

The authors declare that they have no competing interests

## Publisher's Note

Springer Nature remains neutral with regard to jurisdictional claims in published maps and institutional affiliations.

## Author details

<sup>1</sup>Porto Dental Institute, Porto, Portugal. <sup>2</sup>Marbella Dental, Marbella, Spain.

<sup>3</sup>School of Dentistry, Universidad de Sevilla (Spain), C/Avicena S/N, 41009 Seville, Spain.

Received: 3 August 2018 Accepted: 24 October 2018

Published online: 21 November 2018

## References

- Sanz M, Cecchinato D, Ferrus J, Pjetursson EB, Lang NP, Lindhe J. A prospective, randomized-controlled clinical trial to evaluate bone preservation using implants with different geometry placed into extraction sockets in the maxilla. *Clin Oral Implants Res.* 2010;21(1):13–21.
- De Rouck T, Collys K, Cosyn J. Single-tooth replacement in the anterior maxilla by means of immediate implantation and provisionalization: a review. *Int J Oral Maxillofac Implants.* 2008;23(5):897–904.
- Hammerle CH, Chen ST, Wilson TG Jr. Consensus statements and recommended clinical procedures regarding the placement of implants in extraction sockets. *Int J Oral Maxillofac Implants.* 2004;19(Suppl):26–8.
- Mandelaris GA, Vence BS, Rosenfeld AL, Forbes DP. A classification system for crestal and radicular dentoalveolar bone phenotypes. *Int J Oral Maxillofac Implants.* 2013;33(3):289–96.
- Araujo MG, Lindhe J. Dimensional ridge alterations following tooth extraction. An experimental study in the dog. *J Clin Periodontol.* 2005;32(2):212–8.
- Araujo MG, Sukekava F, Wennstrom JL, Lindhe J. Ridge alterations following implant placement in fresh extraction sockets: an experimental study in the dog. *J Clin Periodontol.* 2005;32(6):645–52.
- Rossi F, Romanelli P, Ricci E, Marchetti C, Botticelli D. A cone beam tomographic evaluation of hard tissue alterations at immediate implants: a clinical prospective study. *Int J Oral Maxillofac Implants.* 2013;33(6):815–23.
- Elian N, Cho SC, Froum S, Smith RB, Tarnow DP. A simplified socket classification and repair technique. *Pract Proced Aesthet Dent.* 2007;19(2):99–104.
- Spray JR, Black CG, Morris HF, Ochi S. The influence of bone thickness on facial marginal bone response: stage 1 placement through stage 2 uncovering. *Ann Periodontol.* 2000;5(1):119–28.
- Caneva M, Botticelli D, Rossi F, Cardoso LC, Pantani F, Lang NP. Influence of implants with different sizes and configurations installed immediately into extraction sockets on peri-implant hard and soft tissues: an experimental study in dogs. *Clin Oral Implants Res.* 2012;23(4):396–401.
- Kan JY, Roe P, Rungcharassaeng K, Patel RD, Waki T, Lozada JL, et al. Classification of sagittal root position in relation to the anterior maxillary osseous housing for immediate implant placement: a cone beam computed tomography study. *Int J Oral Maxillofac Implants.* 2011;26(4):873–6.
- Carvalho PF, da Silva RC, Cury PR, Joly JC. Modified coronally advanced flap associated with a subepithelial connective tissue graft for the treatment of adjacent multiple gingival recessions. *J Periodontol Res Implant Sci.* 2006;77(11):1901–6.
- Morton D, Chen ST, Martin WC, Levine RA, Buser D. Consensus statements and recommended clinical procedures regarding optimizing esthetic outcomes in implant dentistry. *Int J Oral Maxillofac Implants.* 2014;29(Suppl):216–20.
- Leung CC, Palomo L, Griffith R, Hans MG. Accuracy and reliability of cone-beam computed tomography for measuring alveolar bone height and detecting bony dehiscences and fenestrations. *Am J Orthod Dentofacial Orthop.* 2010;137(4 Suppl):S109–19.
- Zhang W, Skrypczak A, Weltman R. Anterior maxilla alveolar ridge dimension and morphology measurement by cone beam computerized tomography (CBCT) for immediate implant treatment planning. *BMC Oral Health.* 2015;15:65.
- Pellizzer EP, Falcon-Antenucci RM, de Carvalho PS, Sanchez DM, Rinaldi GA, de Aguirre CC, et al. Influence of implant angulation with different crowns on stress distribution. *J Craniofac Surg.* 2011;22(2):434–7.
- Vera C, De Kok U, Reinhold D, Limpiphipatanakorn P, Yap AK, Tyndall D, et al. Evaluation of buccal alveolar bone dimension of maxillary anterior and premolar teeth: a cone beam computed tomography investigation. *Int J Oral Maxillofac Implants.* 2012;27(6):1514–9.
- Braut V, Bornstein MM, Belsler U, Buser D. Thickness of the anterior maxillary facial bone wall—a retrospective radiographic study using cone beam computed tomography. *Int J Oral Maxillofac Implants.* 2011;31(2):125–31.

19. Huynh-Ba G, Pjetursson BE, Sanz M, Cecchinato D, Ferrus J, Lindhe J, et al. Analysis of the socket bone wall dimensions in the upper maxilla in relation to immediate implant placement. *Clin Oral Implants Res.* 2010;21(1):37–42.
20. Pauwels R, Araki K, Siewerdsen JH, Thongvigitmanee SS. Technical aspects of dental CBCT: state of the art. *Dentomaxillofac Radiol.* 2015;44(1):20140224.
21. Roe P, Kan JY, Rungcharassaeng K, Caruso JM, Zimmerman G, Mesquida J. Horizontal and vertical dimensional changes of peri-implant facial bone following immediate placement and provisionalization of maxillary anterior single implants: a 1-year cone beam computed tomography study. *Int J Oral Maxillofac Implants.* 2012;27(2):393–400.
22. Mozzo P, Procacci C, Tacconi A, Martini PT, Andreis IA. A new volumetric CT machine for dental imaging based on the cone-beam technique: preliminary results. *Eur Radiol.* 1998;8(9):1558–64.
23. Fuentes R, Flores T, Navarro P, Salamanca C, Beltran V, Borie E. Assessment of buccal bone thickness of aesthetic maxillary region: a cone-beam computed tomography study. *J Periodontol Res Implant Sci.* 2015;45(5):162–8.
24. Kim YJ, Park JM, Kim S, Koo KT, Seol YJ, Lee YM, et al. New method of assessing the relationship between buccal bone thickness and gingival thickness. *J Periodontol Res Implant Sci.* 2016;46(6):372–81.
25. Januario AL, Duarte WR, Barriviera M, Mesti JC, Araujo MG, Lindhe J. Dimension of the facial bone wall in the anterior maxilla: a cone-beam computed tomography study. *Clin Oral Implants Res.* 2011;22(10):1168–71.
26. Assaf JH, Zanatta FB, de Brito RB Jr, Franca FM. Computed tomographic evaluation of alterations of the buccolingual width of the alveolar ridge after immediate implant placement associated with the use of a synthetic bone substitute. *Int J Oral Maxillofac Implants.* 2013;28(3):757–63.
27. Farahmand A, Sarlati F, Eslami S, Ghassemin M, Youssefi N, Jafarzadeh Esfahani B. Evaluation of impacting factors on facial bone thickness in the anterior maxillary region. *J Craniofac Surg.* 2017;28(3):700–5.
28. El Nahass H, NN S. Analysis of the dimensions of the labial bone wall in the anterior maxilla: a cone-beam computed tomography study. *Clin Oral Implants Res.* 2015;26(4):e57–61.
29. Demircan S, Demircan E. Dental cone beam computed tomography analyses of the anterior maxillary bone thickness for immediate implant placement. *Implant Dent.* 2015;24(6):664–8.
30. Rojo-Sanchis J, Vina-Almunia J, Penarrocha-Oltra D, Penarrocha-Diago M. Facial alveolar bone width at the first and second maxillary premolars in healthy patients: a cone beam computed tomography study. *J Oral Implantol.* 2017;43(4):261–5.
31. Khoury J, Ghosn N, Mokbel N, Naaman N. Buccal bone thickness overlying maxillary anterior teeth: a clinical and radiographic prospective human study. *Implant Dent.* 2016;25(4):525–31.
32. Matsuda H, Borzabadi-Farahani A, Le BT. Three-dimensional alveolar bone anatomy of the maxillary first molars: a cone-beam computed tomography study with implications for immediate implant placement. *Implant Dent.* 2016;25(3):367–72.
33. Temple KE, Schoolfield J, Noujeim ME, Huynh-Ba G, Lasho DJ, Mealey BL. A cone beam computed tomography (CBCT) study of buccal plate thickness of the maxillary and mandibular posterior dentition. *Clin Oral Implants Res.* 2016;27(9):1072–8.
34. Braut V, Bornstein MM, Lauber R, Buser D. Bone dimensions in the posterior mandible: a retrospective radiographic study using cone beam computed tomography. Part 1—analysis of dentate sites. *Int J Oral Maxillofac Implants.* 2012;32(2):175–84.
35. Nishihara K, Yoshimine SI, Goto T, Ishihata K, Kume KI, Yoshimura T, et al. Topographic analysis of the maxillary premolars relative to the maxillary sinus and the alveolar bone using cone beam computed tomography. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol.* 2017;123(5):606–12.
36. Wang HM, Shen JW, Yu MF, Chen XY, Jiang QH, He FM. Analysis of facial bone wall dimensions and sagittal root position in the maxillary esthetic zone: a retrospective study using cone beam computed tomography. *Int J Oral Maxillofac Implants.* 2014;29(5):1123–9.
37. Lau SL, Chow J, Li W, Chow LK. Classification of maxillary central incisors—implications for immediate implant in the esthetic zone. *J Oral Maxillofac Surg.* 2011;69(1):142–53.

**Ready to submit your research? Choose BMC and benefit from:**

- fast, convenient online submission
- thorough peer review by experienced researchers in your field
- rapid publication on acceptance
- support for research data, including large and complex data types
- gold Open Access which fosters wider collaboration and increased citations
- maximum visibility for your research: over 100M website views per year

**At BMC, research is always in progress.**

Learn more [biomedcentral.com/submissions](https://biomedcentral.com/submissions)





13, 14 y 15 de Octubre | Palacio Euskalduna

Otorga el presente certificado a:

**D./ Dña. PAULA LOPEZ JARANA**

como autor/a de la Comunicación Oral de Investigación titulada:

**ESTUDIO ANATÓMICO DESCRIPTIVO DE LA ANGULACION DEL  
PROCESO ALVEOLAR VERSUS EJE AXIAL DEL DIENTE EN MAXILAR  
SUPERIOR: INFLUENCIA EN LA SELECCIÓN DEL PILAR PROTÉSICO EN  
IMPLANTES INMEDIATOS**

y realizada en colaboración con

**CARMEN M. DÍAZ-CASTRO, ARTUR FALCÃO-PEREIRA, CARLOS  
FALCÃO-PEREIRA, M. HERRERO-CLIMENT .**

Presentada en la 46º REUNIÓN ANUAL de SEPES, celebrada en  
Bilbao los días 13, 14 y 15 de Octubre 2016.

Y para que así conste se expide el presente Certificado en Bilbao,  
a 15 de Octubre 2016.

Dra. Eva Berroeta  
Pta del comité organizador SEPES BILBAO 2016

Dr. Juan Ignacio Rodríguez Ruiz  
Presidente de SEPES

**PREMIO A LA MEJOR COMUNICACIÓN ORAL DE INVESTIGACIÓN**

Otorga este premio a:

*Dra. Paula López-Jarana*

por su trabajo:

*Estudio anatómico descriptivo de la angulación del proceso alveolar vs. eje axial del diente en maxilar superior: influencia de la selección del pilar protésico en implantes inmediatos.*

Entregado en la

**46° Reunión Anual de SEPES**

celebrada en Bilbao del 13 al 15 de octubre de 2016



Dr. Nacho Rodríguez Ruiz  
Presidente de SEPES

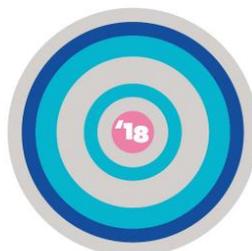


Dra. Eva Berroeta Gil  
Presidenta del 46° Congreso Sepes

**Sepa'18**

**El congreso  
de la periodoncia  
y la salud bucal**

Sevilla  
12-14 Abril 2018



- SEPA PERIODONCIA
- SEPA HIGIENE
- SEPA GESTIÓN
- EXPOPERIO

## **SOCIEDAD ESPAÑOLA DE PERIODONCIA Y OSTEOINTEGRACIÓN**

Dr. José Nart, Secretario de la Sociedad Española de  
Periodoncia y Osteointegración

CERTIFICA QUE:

**Paula López Jarana**

ha presentado con el título  
**Comunicación Oral de Investigación**

**Grosor de la tabla vestibular y angulación dentaria en maxilar y mandíbula  
mediante Tomografía de Haz Cónico (CBCT).**

firmada por

**Paula Lopez Jarana; Carmen Diaz-Castro; Artur Falcao-Costa; Carlos  
Falcao-Costa; Vicente Rios; Mariano Herrero-Climent**

en el congreso **SEPA Sevilla 2018** celebrado en  
Sevilla del 12 al 14 de abril de 2018.

Y para que así conste a los efectos oportunos, firma el presente  
Certificado en Sevilla a 14 de Abril de 2018.

**Dr. José Nart**  
Secretario de SEPA



SOCIEDAD ESPAÑOLA  
DE PERIODONCIA  
Y OSTEOINTEGRACIÓN



FUNDACIÓN  
SEPA DE  
PERIODONCIA  
E IMPLANTES  
DENTALES



## CERTIFICATE OF E-POSTER PRESENTATION

This is to certify that  
**PAULA Jarana**

presented the following E-Poster  
PR610 - A descriptive radiographic study using cone beam  
computed tomography (cbct).

at

**EuroPerio9**

from June 20–23, 2018 in Amsterdam, The Netherlands

A handwritten signature in black ink, appearing to read "Reners".

**Michèle Reners**  
EuroPerio9 Congress Chair

A handwritten signature in black ink, appearing to read "Søren Jepsen".

**Søren Jepsen**  
EuroPerio9 Scientific Chair

## SOCIEDAD ESPAÑOLA DE PERIODONCIA Y OSTEOINTEGRACIÓN

Dr. José Nart, Secretario de la Sociedad Española de  
Periodoncia y Osteointegración

CERTIFICA QUE:

**Paula LÓpez Jarana**

ha presentado  
Poster de Investigación

ESTUDIO ANATOMICO DESCRIPTIVO DE LA DIFERENCIA ENTRE ALTURA DE LA TABLA  
VESTIBULAR Y PALATINA, Y DISPONIBILIDAD APICAL EN SECTOR ANTERO-SUPERIOR EN  
IMPLANTES INMEDIATOS A NIVEL OSEO.

firmada por

LÓpez Jarana, Paula ; López Jarana, Paula ; Falcao Costa, Artur ; Diaz, Carmen Maria ; Falcao Costa, Carlos ; Herrero  
Climent, Mariano

en el congreso **SEPA Málaga 2017** celebrado en Málaga  
del 25 al 27 de Mayo de 2017.

Y para que así conste a los efectos oportunos, firma el presente  
Certificado en Málaga a 27 de Mayo de 2017.



**Dr. José Nart**  
Secretario de SEPA



# CERTIFICATE OF POSTER PRESENTATION

This is to certify that

**Mrs. PAULA Lopez Jarana**

Presented a Poster Communication:

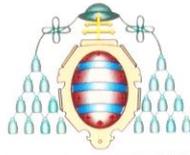
**Dimensions of interradicular septum in posterior teeth using Cone Beam Computed Tomography**

At EuroPerio8

8<sup>TH</sup> CONFERENCE OF THE EUROPEAN  
FEDERATION OF PERIODONTOLOGY

from June 3 – 6, 2015  
**LONDON**, United Kingdom, ExCel London

**Francis Hughes**  
EuroPerio8 Chairman



UNIVERSIDAD DE OVIEDO  
Clínica Universitaria de Odontología  
Sección de Periodoncia

Los directores del **XV Curso de Metodología de Investigación en Periodoncia y Osteointegración**:

**CERTIFICAN QUE:**

En el transcurso del XV Curso de Metodología de Investigación en Periodoncia y Osteointegración, celebrado en la Clínica Universitaria de Odontología de la Universidad de Oviedo el 17 y 18 de Abril de 2015, ha sido presentado bajo la modalidad de "Póster", el trabajo que lleva por título:

**"ESTUDIO DE LA MORFOLOGÍA ÓSEA DEL PROCESO ALVEOLAR MEDIANTE EL USO DEL TOMOGRAFÍA DE HAZ CÓNICO."**

Y cuyos firmantes son los doctores:

Falcão A, López P.

En Oviedo a 18 de Abril de 2015

**Prof. Dr. José Mª Tejerina Lobo**  
Director del XV Curso de Metodología  
de Investigación en Periodoncia y  
Osteointegración.

**Prof. Dr. Alberto Sicilia Felechosa**  
Director del XV Curso de Metodología  
de Investigación en Periodoncia y  
Osteointegración.

# DOCUMENTACION DEL ESTUDIO



Servicio Andaluz de Salud  
CONSEJERÍA DE SALUD

## Informe Dictamen Favorable Proyecto Investigación Biomédica

C.P. MORFOLOGIA HUESO - IMPLANTE DENTAL (HAZ CONICO) - C.I. 2333

### CEI del Hospital Universitario Virgen Macarena

Dr. Víctor Sánchez Margalet  
Secretario del CEI del Hospital Universitario Virgen Macarena

### CERTIFICA

1º. Que el CEI del Hospital Universitario Virgen Macarena en su reunión del día 25/04/2014, ha evaluado la propuesta del promotor referida al estudio:

**Título:** ESTUDIO DE LA MORFOLOGÍA ÓSEA DEL PROCESO ALVEOLAR MEDIANTE EL USO DE TOMOGRAFÍA DE HAZ CÓNICO

**Código Promotor:** MORFOLOGIA HUESO - IMPLANTE DENTAL (HAZ CONICO) **Código Interno:** 2333  
**Promotor:** Investigador

1º. Considera que

- El estudio se plantea siguiendo los requisitos de la Ley 14/2007, de 3 de julio, de Investigación Biomédica y su realización es pertinente.
- Se cumplen los requisitos necesarios de idoneidad del protocolo en relación con los objetivos del estudio y están justificados los riesgos y molestias previsibles para el sujeto.
- Son adecuados tanto el procedimiento para obtener el consentimiento informado como la compensación prevista para los sujetos por daños que pudieran derivarse de su participación en el estudio.
- El alcance de las compensaciones económicas previstas no interfiere con el respeto a los postulados éticos.
- La capacidad de los Investigadores y los medios disponibles son apropiados para llevar a cabo el estudio.

2º. Por lo que este CEI emite un **DICTAMEN FAVORABLE**.

3º. Este CEI acepta que dicho estudio sea realizado en los siguientes CEI/Centros por los Investigadores:

CEI de los Hospitales Universitarios Virgen Macarena y Virgen del Rocío

José Vicente Ríos Santos  
Universidad de Sevilla

Lo que firmo en Sevilla, a 25 de abril de 2014

Fdo:



Dr. Víctor Sánchez Margalet  
Secretario del CEI del Hospital Universitario Virgen Macarena

CONSENTIMIENTO INFORMADO

**Nombre del estudio: ESTUDIO DE LA MORFOLOGÍA  
ÓSEA DEL PROCESO ALVEOLAR MEDIANTE EL USO  
DE TOMOGRAFÍA DE HAZ CÓNICO.**

Conocer la forma del hueso antes de la cirugía es esencial para decidir el tipo de implante y el protocolo quirúrgico. Este estudio intenta medir la disponibilidad de hueso alrededor de las raíces antes de colocar implantes.

La prueba menos invasiva y que nos aporta más información actualmente, es la tomografía de haz cónico, además es necesaria para el estudio completo del caso. Por lo tanto, lo único que haremos será medir el hueso sólo en las tomografías, en distintas zonas de todos los dientes.

El objetivo es establecer cuáles son las medias de las medidas para todos los dientes en pacientes que se hayan sometido a dicha prueba. De hecho a usted se le va a hacer la prueba de tomografía de haz cónico entre o no entre en este estudio., porque le hace falta para valorar su cantidad de hueso disponible para implantes. De hecho lo que nos está autorizando es a USAR SUS DATOS DE MEDIDAS PARA INVESTIGACION. NO ES UN ESTUDIO INTERVENCIONISTA.

Yo (nombre y apellidos del paciente) .....

He leído la hoja de información que se me ha entregado.

He podido hacer preguntas sobre el estudio.

He recibido suficiente información sobre el estudio.

He hablado con: (nombre del investigador) .....

Comprendo que mi participación es voluntaria.

Comprendo que puedo retirarme del estudio:

1º Cuando quiera

2º Sin tener que dar explicaciones.

3º Sin que esto repercuta en mis cuidados médicos.

Presto libremente mi conformidad para participar en el ensayo.

**Firma del paciente:**

**Firma del investigador:**

**Nombre:**

**Nombre:**

**Fecha:**

**Fecha:**

