RELACIÓN ENTRE EL GROSOR DEL HUESO ALVEOLAR Y LA INCLINACIÓN DE LOS INCISIVOS SUPERIORES EN PACIENTES CON RELACIÓN ESQUELÉTICA DE CLASE I, II Y III

RELATIONSHIP BETWEEN ALVEOLAR BONE THICKNESS AND INCLINATION OF UPPER INCISORS IN PATIENTS WITH SKELETAL RELATIONSHIP OF CLASS I, II AND III

TESIS PARA OPTAR POR EL TÍTULO DE ESPECIALISTA EN ORTODONCIA Y ORTOPEDIA MAXILAR

AUTOR

CHRISTOPHER CARLOS EDUARDO PARRALES VALENCIA

ASESOR

CARLOS YURI LIÑAN DURAN

CO-ASESOR

ABRAHAM MENESES LOPEZ

LIMA – PERÚ

2026

JURADO

Presidente: MG. ESP. CD. ORLANDO TUESTA DA CRUZ

Vocal: MG. ESP. CD. JOSE ANTONIO VIDALON CASTILLA

Secretario: MG. ESP. CD. DIANA CECILIA BECERRA NUÑEZ

Fecha de Sustentación: 05 de marzo del 2026

Calificación: Aprobado con Honores

ASESORES DE TESIS

ASESOR

MG. ESP. CD. CARLOS YURI LIÑAN DURAN

Departamento Académico de Estomatología del Niño y Adolescente

ORCID: 0000-0003-2669-842X

CO-ASESOR

PHD. MG. ESP. CD. ABRAHAM MENESES LOPEZ

Departamento Académico de Estomatología del Niño y Adolescente

ORCID: 0000-0002-9700-2760

DEDICATORIA

A mis padres, Luis y Julia, por su amor, apoyo incondicional y ejemplo de esfuerzo, que han sido siempre una fuente constante de motivación para seguir adelante.

A mis hermanos, Luis Jesús y Claudia, por creer siempre en mí y acompañarme con su apoyo y cariño a lo largo de este camino.

Y a Nicole, por su apoyo, comprensión y constante motivación durante este último año, acompañándome en la culminación de este proceso.

AGRADECIMIENTOS

A Dios, por guiar mi camino y darme la fortaleza para culminar esta etapa tan importante en mi formación profesional.

Al Dr. Abraham Meneses, por sus valiosos aportes durante el desarrollo de esta investigación.

Al Dr. Carlos Liñán, por aceptar ser mi asesor y por su orientación, dedicación y constante acompañamiento a lo largo de este proceso. Su guía fue fundamental para la realización y culminación de este trabajo.

FUENTES DE FINANCIAMIENTO

El presente trabajo de tesis ha sido autofinanciado.

DECLARACIÓN DE CONFLICTO DE INTERÉS

Los autores declaran no tener conflictos de interés.

DECLARACIÓN DE ORIGINALIDAD

UNIVERSIDAD PERUANA
CAYETANO HEREDIA

DECLARACIÓN DE ORIGINALIDAD

El egresado:

N°	APELLIDOS Y NOMBRES
1.	PARRALES VALENCIA CHRISTOPHER CARLOS EDUARDO

Pertenecientes al programa de la **SEGUNDA ESPECIALIDAD PROFESIONAL EN ORTODONCIA Y ORTOPEDIA MAXILAR,** autor del trabajo titulado: **RELACIÓN ENTRE EL GROSOR DEL HUESO ALVEOLAR Y LA INCLINACIÓN DE LOS INCISIVOS SUPERIORES EN PACIENTES CON RELACIÓN ESQUELÉTICA DE CLASE I, II Y III** el cual ha sido elaborado, sustentado y aprobado, según corresponda, para optar por el **TÍTULO DE ESPECIALISTA EN ORTODONCIA Y ORTOPEDIA MAXILAR** bajo la modalidad de **TESIS.**

En calidad de docentes asesores de la Universidad Peruana Cayetano Heredia:

N°	APELLIDOS Y NOMBRES DEL DOCENTE	FACULTAD	NIVEL DE ASESORÍA
1.	LIÑAN DURAN CARLOS YURI	ESTOMATOLOGÍA	ASESOR
2.	MENESES LOPEZ ABRAHAM	ESTOMATOLOGÍA	CO-ASESOR

Declaramos que el contenido del presente documento es original y que las citas y referencias a otros autores cumplen con las normas académicas establecidas. En ese sentido, hacemos constar que:

- El documento presenta un porcentaje de similitud de **14 %**, según el reporte emitido por el software **Turnitin®** (identificador de entrega: **trn:oid:::1:3508940831**; fecha de entrega: **16-03-2026).**
- Tras una revisión detallada del reporte y del contenido del trabajo en cuestión, no se han identificado indicios de plagio.
- Se certifica que el documento respeta los principios de integridad académica y cumple con los requisitos institucionales de originalidad.

Lugar y fecha: **Lima, 16 de marzo del 2026.**

Firma del asesor
N° DNI: 10490448
ORCID: 0000-0003-2669-842X

Firma del Co-asesor
N° DNI: 21835962
ORCID: 0000-0002-9700-2760

PRESTIGIO Y EXCELENCIA

TABLA DE CONTENIDO

RESUMEN

ABSTRACT

I. INTRODUCCIÓN 1
II. OBJETIVOS 5
III. MATERIAL Y METODOS 6
IV. RESULTADOS:.....13
V. DISCUSIÓN 15
VI. CONCLUSIONES 28
VII. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS 28
VIII. TABLAS Y GRÁFICOS.....38
ANEXOS.....

RESUMEN

Objetivo: Evaluar la relación entre el grosor del hueso alveolar y la inclinación del incisivo superior en tomografías computarizadas de haz cónico en diferentes relaciones esqueléticas. **Metodología:** Este estudio observacional, descriptivo y retrospectivo incluyó 75 tomografías, distribuidas en 25 por cada relación esquelética. La relación esquelética se determinó mediante el ángulo ANB, la inclinación del incisivo superior mediante el ángulo formado por su eje longitudinal con el plano palatino y el grosor óseo se evaluó a 3, 6 y 9 mm desde la unión cemento-adamantina. Las mediciones se realizaron en el corte sagital mediante el software Real Scan 2.0. Se compararon estadísticamente los tres grupos y posteriormente se evaluó la correlación entre el grosor del hueso alveolar y la inclinación del incisivo superior. **Resultados:** Se identificaron diferencias significativas en el grosor del hueso alveolar únicamente a los 6 mm, donde la Clase I mostró mayores valores tanto en vestibular como en palatino. La inclinación del incisivo superior también varió entre las relaciones esqueléticas, siendo menor en Clase II y mayor en Clase III. Las correlaciones entre grosor e inclinación fueron mínimas y, en su mayoría, no alcanzaron significancia estadística. **Conclusión:** El grosor del hueso alveolar mostró diferencias significativas entre las relaciones esqueléticas solo a los 6 mm y la inclinación del incisivo también mostró diferencia entre las Clases esqueléticas. No se evidenció una correlación consistente entre ambos parámetros, por lo que deben evaluarse de manera independiente para la planificación ortodóncica.

Palabras clave: Huevo alveolar, Tomografía computarizada de haz cónico, Inclinación dental. (DeCs)

ABSTRACT

Objective: To evaluate the relationship between alveolar bone thickness and maxillary incisor inclination using cone-beam computed tomography across different skeletal relationships. **Methodology:** This observational, descriptive, and retrospective study included 75 tomographic scans, distributed equally with 25 per skeletal relationship. Skeletal relationships were determined using the ANB angle, maxillary incisor inclination was assessed by the angle formed between its long axis and the palatal plane, and alveolar bone thickness was measured at 3, 6, and 9 mm from the cementoenamel junction. Measurements were performed on sagittal sections using Real Scan 2.0 software. Statistical comparisons were conducted among the three groups, followed by correlation analysis between alveolar bone thickness and maxillary incisor inclination. **Results:** Significant differences in alveolar bone thickness were identified only at the 6 mm level, where Class I exhibited greater values on both the labial and palatal aspects. Maxillary incisor inclination also varied among skeletal relationships, being lower in Class II and higher in Class III. Correlations between alveolar thickness and incisor inclination were minimal and mostly did not reach statistical significance. **Conclusion:** Alveolar bone thickness showed significant differences among skeletal relationships only at the 6 mm level, and maxillary incisor inclination also differed among skeletal classes. No consistent correlation was found between these parameters; therefore, they should be evaluated independently for orthodontic treatment planning.

Keywords: Alveolar bone, Cone-beam computed tomography, dental inclination (MeSH).

I. INTRODUCCIÓN

Las discrepancias anteroposteriores entre el maxilar y la mandíbula constituyen una de las principales características diagnósticas en ortodoncia y se describen a través de la relación esquelética, clasificándose en Clase I, II y III. Estas relaciones reflejan la posición sagital de las bases óseas y condicionan tanto la estética facial como la planificación terapéutica. La relación esquelética Clase I se caracteriza por una adecuada relación entre los maxilares.[1-3]

La relación esquelética de Clase II se describe como la discrepancia ánteroposterior de los maxilares que puede ser resultado del retrognatismo mandibular, prognatismo maxilar o una combinación de ambos; generalmente está asociada con incisivos superiores proinclinados y protruidos con un overjet aumentado.[4] El tratamiento de esta alteración esquelética depende de la edad, el tratamiento temprano consiste en la modificación del crecimiento mediante aparatología ortopédica, no obstante, si el paciente ya ha completado su crecimiento se opta por el tratamiento de compensación dentaria, cuyo objetivo es enmascarar la discrepancia esquelética corrigiendo la protrusión de los incisivos.[5]

Por otro lado, la relación esquelética de Clase III se describe como una discrepancia ánteroposterior de los maxilares que puede ser el resultado de un prognatismo mandibular, retrognatismo maxilar o una combinación de ambos; generalmente está asociada con incisivos superiores protruidos y/o incisivos mandibulares retroinclinados (compensación dentoalveolar), para mantener la función y camuflar la discrepancia esquelética existente. Aunque esta relación esquelética es menos

frecuente que otras, se asocia con mayor repercusión en la apariencia facial, la función masticatoria y la salud mental del paciente. [6-10]

El tratamiento de las alteraciones esqueléticas depende de la edad, ya que pueden tratarse tempranamente con ortopedia, mientras que, en la edad adulta, si el paciente presenta un perfil facial aceptable, se puede manejar un tratamiento de ortodoncia compensatorio; en este tratamiento se realizan movimientos dentarios con el objetivo de enmascarar la discrepancia anteroposterior y lograr una oclusión estética y funcional. [11,12] Por otro lado, en los casos con mayor severidad, con un perfil facial inaceptable, el tratamiento idóneo es la cirugía ortognática precedida de una fase de tratamiento de ortodoncia convencional.[13] Sin embargo, muchos pacientes rechazan la opción quirúrgica debido a su costo o la naturaleza invasiva del procedimiento.[14, 15]

No obstante, existen casos límite que requieren un análisis detallado para elegir cualquiera de los dos enfoques terapéuticos, por ello, se debe considerar el efecto del tratamiento sobre el deterioro facial; deberíamos tomar en cuenta la posición anteroposterior y la inclinación del incisivo superior (IIS), y si su movimiento ortodóncico es suficiente para compensar la relación esquelética.[12,16] Por ello, un análisis del grosor óseo que permita determinar los límites del movimiento dental ortodóncico antes del inicio del tratamiento sería beneficiosa.[9] Dado que la retracción o proinclinación excesiva puede desencadenar secuelas, como pérdida alveolar, fenestración, dehiscencia y recesión gingival.[17-20]

La literatura menciona que el grosor del hueso alveolar (GHA) en la región anterior se evaluaba con radiografías de rayos X, pero el resultado no es exacto debido a la

poca precisión de las imágenes bidimensionales; es decir, la cefalometría lateral no permite medir grosor óseo real debido a que no refleja el grosor de manera confiable.[21] La tomografía computarizada (TC) es bastante precisa, pero todavía rara vez se utiliza clínicamente debido a sus altos costos y niveles de radiación.[22] En los últimos años, la tomografía computarizada de haz cónico (TCHC) ha permitido estudios más extensos que evalúan el GHA en la región anterior. Se ha descubierto que la TCHC es valiosa porque es más precisa para evaluar la arquitectura ósea o cuantificar el volumen óseo que las imágenes radiográficas tradicionales, como las vistas panorámicas o periapicales.[23,24]

La TCHC genera imágenes a partir de la atenuación del haz de rayos X en los tejidos, representando estas variaciones mediante una escala de grises asignada a cada vóxel. Dichos valores de gris reflejan diferencias en la densidad tisular y permiten identificar cambios estructurales en el hueso alveolar. Estudios han demostrado que los valores de gris del TCHC presentan correlación con los coeficientes de atenuación y con las unidades Hounsfield de la TC,[25] lo que respalda el análisis de perfiles de intensidad o histogramas como herramientas auxiliares para la delimitación objetiva de estructuras óseas en estudios tomográficos.

Estudios previos evaluaron el GHA en pacientes con RE de Clase I y II obteniendo como resultados diferencias significativas en la superficie vestibular de los incisivos superiores a 9 mm apical a la unión cemento adamantina (UCA);[26] por otro lado cuando se estudia las diferencias entre la RE de Clase II y III ,[26] se reporta que el GHA fue significativamente más delgado en los pacientes de la Clase esquelética II que en los pacientes de la Clase esquelética III en la superficie

vestibular a 6 mm apical a UCA.[9] Es importante resaltar que los estudios evalúan el grosor óseo diferenciando patrones sagitales y verticales, pero solo uno de ellos incorpora el análisis conjunto del GHA y la inclinación dentaria respecto de sus bases óseas, y dicho enfoque se encuentra restringido a la Clase I y Clase II.

Por lo tanto, el propósito del presente estudio fue evaluar la relación entre el GHA y la IIS en pacientes con relación esquelética de Clase I, II y III.

II. OBJETIVOS

Objetivo general

Evaluar la relación entre el GHA y la IIS en pacientes con relación esquelética de Clase I, II y III.

Objetivos específicos:

1. Determinar el GHA vestibular y palatino en TCHC de pacientes con relación esquelética de Clase I, II y III.

2. Comparar el GHA vestibular y palatino en TCHC de pacientes con relación esquelética de Clase I, II y III.

3. Determinar la IIS en TCHC de pacientes con relación esquelética de Clase I, II y III.

4. Comparar la IIS en TCHC de pacientes con relación esquelética de Clase I, II y III.

5. Determinar la correlación entre el GHA y la IIS.

III. MATERIAL Y METODOS

Diseño del estudio

Observacional, descriptivo, transversal y retrospectivo.

Población

Estuvo conformada por tomografías archivadas en el Servicio de Ortodoncia de la Universidad Peruana Cayetano Heredia (UPCH) durante el periodo 2018-2023.

Muestra

Para determinar el tamaño muestral, se realizó un estudio piloto con el 10% de la muestra del artículo base: 9 tomografías (3 por cada relación esquelética).[27]

El tamaño muestral se estimó mediante el software G*Power 3.1.9.7 utilizando un ANOVA de un factor, con un tamaño del efecto f = 0.37 derivado del estudio piloto, $\alpha = 0.05$ y una potencia estadística de 0.80. Bajo estas condiciones y considerando tres grupos (Clase I, II y III), se obtuvo un tamaño muestral mínimo requerido de 75 tomografías (25 por grupo) (Anexo 01 y 02). Asimismo, se verificó que no existían diferencias estadísticamente significativas entre las mediciones del lado derecho e izquierdo, por lo que se decidió emplear solo el lado derecho para el análisis.

Criterios de selección

Los criterios de inclusión para seleccionar las tomografías computarizadas de haz cónico fueron los siguientes:

1. Tomografías de pacientes con edades entre 18 y 35 años en dentición permanente para minimizar los resultados de confusión debidos al crecimiento.

2. Sin pérdida ósea alveolar observable y/o defectos de dentición anterior.

3. Apiñamiento mínimo o moderado en arcada superior y/o rotación de las piezas dentarias.

4. Sin antecedentes de tratamiento de ortodoncia.

5. Sin antecedentes de traumatismo en los dientes anteriores.

6. Piezas con desarrollo radicular completo, sin reabsorción radicular evidente, sin curvatura evidente de las raíces de los dientes anteriores y sin antecedentes de tratamiento de conducto radicular incisal.

7. Sin asimetría facial evidente ni labio hendido y/o paladar hendido.

En cuanto a los criterios de exclusión, se excluirán todas las tomografías que no cumplan con los criterios de inclusión descritos previamente.

Definición operacional de variables (Anexo 03)

a. Relación esquelética: Conceptualmente, es la relación sagital o anteroposterior entre ambos maxilares, tomando como referencia espacial a la base craneal, y describe el grado de armonía o discrepancia en la posición anteroposterior de las bases óseas. Operacionalmente, es el ángulo formado por los puntos Subespinal, Supramentoniano en relación con el punto Nasion. El indicador es el valor tomográfico expresado en grados. Es una variable cualitativa con escala de medición nominal. (Relación esquelética de Clase I = 2°±2, relación esquelética de Clase II ≥ 5° y relación esquelética de Clase III ≤ -1°).[9,26,28]

b. Inclinación de los incisivos superiores: Conceptualmente, es el grado de inclinación en sentido bucolingual que presenta el incisivo superior; operacionalmente, medida en el plano sagital, obtenida del ángulo formado entre el plano palatino y el eje longitudinal del incisivo maxilar. El indicador es el valor tomográfico de la angulación bucolingual del incisivo maxilar, donde los valores serán expresados en grados. Es una variable cuantitativa con escala de medición de razón.[26]

c. Grosor del hueso alveolar: Conceptualmente, es el grosor de hueso circundante por vestibular y palatino de los incisivos superiores; operacionalmente, es la medición del grosor óseo vestibular y palatino ubicado a una distancia de 3mm, 6mm y 9mm de la unión cemento adamantina, medido en el plano sagital y a nivel del eje longitudinal del

incisivo maxilar. El indicador es el valor tomográfico del grosor alveolar, donde los valores serán expresados en milímetros. Es una variable cuantitativa con escala de medición de razón.[29,30]

Procedimientos y técnicas

Se emitió una solicitud de autorización al coordinador del servicio de Ortodoncia de la Clínica dental docente de la UPCH para poder realizar la evaluación de las tomografías. Las tomografías que cumplieron con los criterios de inclusión fueron seleccionadas para luego almacenarlas de forma individual en una unidad de almacenamiento externo tipo unidad de estado sólido (SSD) modelo Kingston XS1000, 1 TB (SXS1000/1000G), con interfaz USB 3.2 Gen 2.

Las imágenes tomográficas recopiladas se visualizaron en una laptop donde estuvo instalado el software Real Scan 2.0. Se realizó la capacitación del investigador en el manejo del software con un especialista en el área de Radiología Oral y Maxilofacial (con más de 6 años de experiencia). Esta capacitación se hizo con el propósito de adquirir conocimiento de las herramientas, versatilidad y aplicaciones de dicho software.

Asimismo, se realizaron calibraciones con el índice de concordancia para lograr una metodología eficiente en las mediciones milimétricas y angulares de estructuras óseas.

El investigador tuvo una sesión de calibración inter-observador con el especialista en Radiología; esta constó en que ambos midieran de manera independiente 10 casos. La calibración intra-observador constó en que el investigador realizara las mismas mediciones con el intervalo de una semana; posterior a ello, se realizó el

análisis de coeficiente de correlación interclase (CCI) para determinar la concordancia entre las mediciones. La evaluación intraobservador mostró concordancia excelente en todas las variables, con mayores valores para la IIS (CCI = 0.996), seguida de la relación esquelética (CCI = 0.991) y el GHA (CCI = 0.988). De forma similar, el análisis interobservador evidenció alta reproducibilidad, destacando la relación esquelética (CCI = 0.991), junto con la IIS (CCI = 0.974) y el GHA (CCI = 0.975).

Para obtener una orientación estandarizada de las imágenes volumétricas, se realizó mediante la herramienta MPR (multiplanar reconstruction) del software, accediendo a la opción Reposition desde el panel de tareas. En la vista frontal, se utilizó como referencia horizontal el plano que une ambos puntos infraorbitarios, alineando el eje horizontal con el borde inferior de las cavidades orbitarias. En la vista axial, el eje vertical se posicionó pasando por un punto medio definido de la espina nasal anterior y las apófisis odontoides. Finalmente, en la vista lateral, el volumen se ajustó de modo que el plano infraorbitario quedara correctamente orientado. (Anexo 04).

Una vez realizada la estandarización, se procedió a ubicar los puntos Nasion, subespinal y supramentoniano; de esta forma se determinó la relación esquelética mediante el ángulo que forma estos puntos, teniendo como vértice al punto Nasion. Posterior a ello, se trazó un plano que une los puntos espina nasal anterior y la espina nasal posterior; también se trazó el plano que une la corona con el ápice del incisivo. La IIS se determinó por el valor del ángulo formado por la intersección de estos 2 planos. (Anexo 05 y 06).

Para determinar el GHA, se ubicó en el eje del incisivo superior (plano que une la corona con el ápice del incisivo) en el corte sagital y se trazó un plano que pase por UCA vestibular y palatino de dicho incisivo. Posterior a ello, se ubicó 3 puntos en el eje longitudinal del incisivo donde se midió el GHA, los cuales serán a 3mm, 6mm y 9mm de la UCA. Se utilizó la herramienta Profile del software RealScan 2.0 como apoyo para la identificación de los límites corticales, basada en el análisis de las variaciones de intensidad de la escala de grises derivadas de la atenuación del haz de rayos X en los distintos tejidos, lo que permitió una delimitación más precisa del grosor del hueso alveolar. (Anexo 07 y 08).

Aspectos éticos del estudio

El estudio fue llevado a cabo tras recibir la aprobación del comité institucional de ética de la UPCH (CONSTANCIA-CIEI-618-47-24). Se utilizó la base de datos de TCHC registradas en el Servicio de Ortodoncia y Ortopedia Maxilar del centro dental docente de la UPCH y se respetó la confidencialidad de los participantes mediante la codificación de los registros tomográficos, de tal manera que los datos personales como nombres, apellidos y el número de historia clínica no eran observables durante el desarrollo de la investigación; para ello se designó un número a la tarjeta de recolección de datos identificando la tomografía que se estuvo evaluando. Dicha numeración fue usada en la base de datos para la sistematización y análisis estadístico de los resultados. (Anexo 09)

Plan de análisis

Se determinaron los valores descriptivos mediante un análisis univariado (media y desviación estándar) del GHA e IIS. Luego, se evaluó si los datos presentan o no

una distribución normal; en el primer caso, usamos una prueba paramétrica (ANOVA) y post hoc de Tukey; de modo contrario, usamos una prueba no paramétrica (Kruskal-wallis) para la comparación entre los grupos de estudio y post hoc de U de Mann-Whitney.

Se realizó prueba de correlación de Pearson. Se buscó realizar los cálculos con un nivel de confianza del 95% y una significancia de 0.05 (valor “p”) mediante el software estadístico SPSS 27.0.

IV. RESULTADOS

En el grosor alveolar vestibular, a los 3 mm no se identificaron diferencias estadísticamente significativas (p=0.266); sin embargo, se mostró una tendencia a menores valores en la Clase II, mientras que las Clases I y III presentaron mediciones similares. A los 6 mm se encontraron diferencias significativas (p=0.006), observándose que el mayor grosor correspondió a la Clase I, con valores inferiores en las Clases II y III, entre las cuales no se hallaron diferencias significativas. A los 9 mm no se evidenciaron diferencias estadísticas (p=0.299), pero persistió la tendencia a valores más elevados en Clase I y menores en Clase II (Tabla 1).

Respecto al grosor alveolar palatino, a los 3 mm no se observaron diferencias significativas entre las relaciones esqueléticas (p=0.069), aunque la Clase I mostró valores relativamente mayores. A los 6 mm la diferencia fue significativa (p=0.034), registrándose variaciones entre la Clase I y la Clase III, sin diferencias respecto a la Clase II. A los 9 mm no se encontraron diferencias estadísticas (p=0.287), manteniéndose la Clase I como la relación esquelética con los valores más elevados (Tabla 1).

En cuanto a la IIS, se identificaron diferencias estadísticamente significativas entre las relaciones esqueléticas ($p<0.001$). La Clase II presentó los valores más bajos, mientras que las Clases I y III mostraron inclinaciones mayores; no obstante, entre estas dos últimas no se encontraron diferencias significativas; el mayor grado de inclinación se registró en la Clase III (Tabla 1).

Los análisis de correlación entre el GHA y la IIS evidenciaron que, a nivel vestibular, ninguna de las mediciones dentro de cada relación esquelética mostró asociaciones significativas a 3, 6 o 9 mm. En el grosor palatino no se observaron correlaciones significativas a los 3 mm. A los 6 mm, la Clase III mostró una correlación estadísticamente significativa. En contraste, a los 9 mm se identificó una correlación significativa en la Clase II, mientras que las demás relaciones esqueléticas no mostraron asociaciones relevantes. (Tabla 2)

V. DISCUSIÓN

Las relaciones esqueléticas pueden generar compensaciones dentoalveolares, sobre todo en Clases II y III, donde el manejo varía desde el camuflaje ortodóncico hasta la cirugía; en casos límite, es fundamental conocer los límites biológicos del movimiento dental para evitar fenestraciones, dehiscencias o recesiones.[5-9] Diversos estudios han evaluado la capacidad diagnóstica del TCHC para medir el GHA, y coinciden en que, aunque se trata del método tridimensional más completo disponible, presenta limitaciones importantes cuando se analizan estructuras muy delgadas.

Teerakanok et al.[31] demostraron que la cefalometría lateral presenta errores significativos al representar el GHA, mientras que la TCHC ofrece mediciones más precisas y fiables, reforzando su utilidad para el análisis dentoalveolar. Asimismo, Baldini et al.[32] confirmaron que el TCHC presenta alta reproducibilidad y fidelidad en mediciones craneofaciales tridimensionales, lo que respalda su uso cuando se requiere un análisis estructural. En conjunto, estos hallazgos indican que el TCHC es una herramienta válida y superior a las técnicas bidimensionales para evaluar el GHA; sin embargo, su precisión disminuye significativamente en la medición de corticales bucales finas, por lo que sus valores deben interpretarse con cautela en contextos donde el límite biológico del movimiento dental es crítico.

Damstra et al.[33] evaluaron si la reducción del tamaño de vóxel mejoraba la exactitud de las mediciones obtenidas por TCHC, concluyendo que disminuirlo de 0.40 a 0.25 mm no incrementa la precisión, por lo que consideraron adecuada una resolución cercana a 0.40 mm para análisis craneofaciales. En concordancia, el presente

estudio utilizó un tamaño de vóxel de 0.30 mm, parámetro que ha sido descrito por Torres et al.[34] como un protocolo efectivo al proporcionar buena resolución diagnóstica sin aumentar la dosis de radiación, lo que respalda su aplicabilidad clínica. No obstante, al analizar corticales delgadas, esta resolución debe interpretarse con cautela. Tanaka et al.[35] demostraron que, aun empleando un vóxel de 0.25 mm, el TCHC sobreestima el GHA vestibular respecto al análisis histológico, evidenciando baja concordancia y capacidad diagnóstica reducida cuando el espesor es menor de 1 mm. La evidencia disponible indica que la precisión del TCHC no depende exclusivamente de reducir el vóxel, sino que está condicionada por las restricciones tecnológicas inherentes del método al evaluar corticales extremadamente delgadas. La revisión sistemática de Fokas et al.[36] concluyó que vóxeles entre 0.3 y 0.4 mm proporcionan imágenes de calidad diagnóstica suficiente para planificación y evaluación del GHA. Bajo esta perspectiva, el tamaño de vóxel utilizado se considera metodológicamente adecuado para mediciones lineales en estructuras óseas maxilofaciales; aunque la literatura reporta limitaciones en la detección de corticales menores a 1 mm, el vóxel de 0.30 mm representa un equilibrio razonable entre resolución y confiabilidad.

La TCHC ha permitido evaluar con precisión el GHA y las diferencias entre relaciones esqueléticas, aunque aún falta información sobre su vínculo con la inclinación dentaria. Por ello, el propósito de esta investigación consistió en realizar mediciones en TCHC para evaluar la relación entre el GHA y la IIS en Clases I, II y III.

El presente estudio identificó diferencias en el GHA vestibular a 6 mm, observándose un mayor espesor en la Clase I, mientras que las Clases II y III presentaron valores inferiores sin diferencias significativas entre ellas.

El estudio de Raber et al.[37] realizado en una población caucásica, reporta diferencias significativas en el incisivo superior y se manifestaron en los dos niveles que evaluaron, destacando que la Clase III mostró un grosor significativamente mayor a nivel apical que las Clases I y II, así como en la mitad de la raíz cuando se compara frente a Clase II. A diferencia de lo realizado en este estudio, no emplearon mediciones a 3, 6 y 9 mm desde la UCA, sino únicamente en el ápice y el punto medio de la raíz, lo cual podría explicar las diferencias observadas; en el presente estudio se encontraron diferencias claras solo a nivel de 6 mm con mayor grosor significativo en la Clase I, mientras que ellos identificaron estas diferencias en zonas más apicales. No obstante, la variación en el método de medición condiciona la detección de variaciones morfológicas. Esta comparación podría sugerir que la relación esquelética podría modificar el GHA del incisivo superior, pero la identificación de dichas diferencias depende críticamente del nivel anatómico donde se realicen las mediciones. Los autores explican únicamente el mayor GHA vestibular en la Clase III, atribuyéndolo a la proclinación compensatoria de los incisivos para contrarrestar la discrepancia anteroposterior, lo que modifica su relación con las corticales vestibulares.

El estudio de Jing Ma et al.[9] realizado en una población china, reporta diferencias significativas en el GHA vestibular a 6 mm entre las clases esqueléticas II y III. De modo similar, el presente estudio también identifica diferencias en este nivel; sin embargo, al comparar todas las relaciones esqueléticas, se observó que el incisivo

central superior presenta variaciones únicamente cuando se contrasta la Clase I, y no entre las Clases II y III. Las discrepancias en los resultados podrían reflejar diferencias poblacionales, morfológicas o metodológicas. Si bien ambos estudios comparten una metodología de medición comparable, existen diferencias en los niveles de medición utilizados, dado que evaluaron los niveles de 2, 4 y 6 mm desde el UCA, además del nivel apical. Cabe resaltar que, al igual que en el presente estudio, aunque no se observen diferencias estadísticamente significativas en todos los niveles, el GHA vestibular en la Clase II fue consistentemente menor que en la Clase III.

El estudio de Dalaie et al.[26] realizado en una población iraní, reporta que la única diferencia significativa en el GHA vestibular entre Clase I y Clase II fue a los 9 mm medidos desde UCA, donde la Clase I presentó valores mayores de GHA. De modo similar, el presente estudio también encontró diferencias significativas, pero a 6 mm desde UCA. Esto sugiere que en la población del presente estudio las variaciones se manifiestan en el tercio medio radicular, mientras que ellos evidenciaron diferencias en la zona más apical. Estas discrepancias podrían deberse a diferencias en las poblaciones o al método de medición, debido a que midieron el GHA de forma distinta, a cuatro niveles desde UCA a 0, 3, 6 y 9 mm. Por otro lado, los valores, aunque no fueron significativos en todos los niveles, siguen la misma tendencia que el presente estudio, donde la Clase I presenta valores mayores en comparación con la Clase II. Los autores mencionan que, en el tercio apical a 9 mm desde la cresta ósea, donde la cortical es más gruesa y anatómicamente más estable, las diferencias se vuelven más evidentes.

El estudio de Rawaqa et al.[38] realizado en una población jordana, evaluaron los cambios en el GHA vestibular del incisivo central superior, clasificando la muestra en cuatro grupos: Clase I, Clase II División 1, Clase II División 2 y Clase III. Los autores midieron el GHA a 2 y 5 mm desde UCA y reportaron diferencias significativas a 5 mm. Este hallazgo guarda cierta similitud con el presente estudio, donde también se identificaron diferencias a 6 mm desde UCA en el GHA vestibular. Sin embargo, los patrones encontrados difieren notablemente entre ambas investigaciones. En el presente estudio, la Clase I mostró de manera consistente los mayores espesores, mientras que la Clase II presentó los valores más reducidos en la mayoría de los niveles. En contraste, Rawaqa et al.[38] describieron que, a los 5 mm, el mayor grosor correspondía a la Clase II División 2, mientras que los valores más bajos se observaron en la Clase III. Estas discrepancias podrían explicarse por diferencias en la muestra, variaciones en los patrones de compensación dentoalveolar, así como por el nivel de medición.

El presente estudio identificó diferencias en el GHA palatino a 6 mm, evidenciándose variaciones entre la Clase I y la Clase III, pero sin diferencias con la Clase II. El estudio de Jing Ma et al.[9] reporta que el GHA palatino del incisivo central superior mostró una diferencia significativa únicamente a nivel apical, donde la Clase II presentó un mayor GHA en comparación con la Clase III.[9] Aunque no se observaron diferencias estadísticas en todos los niveles, el GHA palatino en la Clase III fue consistentemente menor que en la Clase II, hallazgo que coincide con la tendencia registrada en el presente estudio, donde se identificaron diferencias a 6 mm al comparar las Clases I y III, y no cuando se contrastó con la Clase II.

Estos resultados sugieren que las variaciones asociadas a la relación esquelética no son uniformes a lo largo de la raíz.

El estudio de Dalaie et al.[26] no reportaron diferencias significativas entre Clase I y Clase II en el GHA palatino. En contraste, el presente estudio evidenció diferencias significativas a 6 mm en la superficie palatina cuando comparamos Clase I y Clase III, pero no encontramos diferencia entre la Clase I y II; podemos deducir que la superficie alveolar palatina tiene un GHA mucho mayor que el vestibular. No obstante, sigue la misma tendencia encontrada por el presente estudio; a pesar de que no presenten diferencias significativas, los valores de la Clase I son mayores en comparación con la Clase II.

En el estudio de Rawaqa et al.[38] reportaron que las únicas diferencias significativas se observaron a los 5 mm, donde la Clase II división 2 presentó el mayor GHA palatino, mientras que los valores más reducidos correspondieron a la Clase II división 1. Este patrón coincide parcialmente con este estudio, sin embargo, los grupos que concentraron los mayores y menores espesores no coincidieron entre ambas investigaciones.

El estudio de Li et al.[28] realizado en una población china, reporta que no se encontraron diferencias estadísticas significativas en el GHA vestibular y palatino entre las Clases esqueléticas I, II y III. Los autores concluyen que la relación sagital no modifica el GHA; sin embargo, los hallazgos del presente estudio sugieren que, al menos en el nivel medio radicular, sí existe variabilidad entre las Clases I, II y III. Esta discrepancia podría explicarse por diferencias en la muestra y la metodología de medición, dado que realizaron la medición a 1, 3 y 5 mm desde la

cresta ósea alveolar. Esto sugiere que la elección del nivel de medición influye en la detección de variaciones morfológicas entre relaciones esqueléticas.

Al igual que los hallazgos de Li et al.[28] con excepción de grosor a 6 mm, los resultados muestran que el GHA no presenta diferencias significativas entre las Clases esqueléticas sagitales I, II y III, lo que sugiere que la relación esquelética no constituye un factor determinante en la morfología alveolar anterior. Esta ausencia de diferencias contrasta con reportes previos que sí identificaron variaciones según el tipo de discrepancia sagital. Sin embargo, Rojo-Sanchis J et al. [39] publican una revisión sistemática en la que explica que esta discrepancia podría deberse a características poblacionales, ya que la evidencia disponible indica que factores como el entorno geográfico y la variabilidad morfológica entre poblaciones influyen significativamente en el GHA, la cual indica que el ambiente geográfico puede explicar hasta el 87% de la heterogeneidad.

El presente estudio encontró que en la IIS se encontraron diferencias significativas entre las relaciones esqueléticas. La Clase II presentó los valores más bajos, mientras que las Clases I y III mostraron inclinaciones mayores, sin diferencias entre estas últimas. No obstante, el mayor grado de inclinación correspondió a la Clase III. Estos hallazgos coinciden parcialmente con el estudio de Tomaru et al.[40] quienes reportaron que los incisivos superiores de los pacientes Clase II presentaban una inclinación más palatina, mientras que los de Clase III mostraban una inclinación más vestibular respecto a la Clase I. Los autores señalan que estas diferencias reflejan patrones característicos de compensación dentoalveolar asociados; no obstante, a diferencia de nuestro estudio, los autores evaluaron la IIS mediante imágenes bidimensionales y midieron la inclinación como el ángulo

formado entre el eje longitudinal del incisivo central superior y el plano de Frankfort. De modo similar, Wang et al.[41] reportaron que la IIS varía significativamente entre las Clases esqueléticas, observando que la maloclusión Clase II división 2 presenta la inclinación más palatina, mientras que las Clases II división 1, I y III muestran valores progresivamente mayores, reflejando una inclinación más vestibular. Este patrón confirma la presencia de mecanismos de compensación dentoalveolar propios del maxilar, donde el incisivo superior modifica su inclinación al armonizar la discrepancia anteroposterior según la relación esquelética.

Lei C et al.[42] reportaron que, al comparar únicamente relaciones caninas I y III, los incisivos centrales de la Clase III presentaban una IIS significativamente mayor, de manera similar el estudio de Raber et al.[37] reportaron que la IIS varía según la relación esquelética, aunque estas diferencias no siempre alcanzan significancia estadística, midieron la inclinación del incisivo mediante el ángulo entre el eje del incisivo y el plano de Frankfurt; sus resultados son similares a los obtenidos por este estudio debido a que ambos estudios evidencian que los incisivos maxilares presentan una inclinación significativamente mayor en la Clase III que en la Clase II, del mismo modo encontró que la Clase I presenta mayor inclinación que la Clase II; Sin embargo, al comparar directamente Clase I y Clase III, el estudio no halló diferencias significativas en la inclinación, lo que sugiere que la diferencia más marcada ocurre entre la Clase II y las demás clases esqueléticas.

De manera similar, Dalaie et al.[26] utilizaron el mismo método de medición que este estudio y reportan que la IIS de la Clase II presenta menor inclinación cuando se compara con la Clase I debido a compensación dentoalveolar. En conjunto, la

evidencia previa coincide con los resultados del presente estudio al señalar que la Clase III tiende a mostrar el mayor grado de inclinación, mientras que la Clase II mantiene un eje más palatino; sin embargo, los datos de este estudio aportan una visión más completa al incluir la comparación simultánea entre las tres relaciones esqueléticas, confirmando una gradiente creciente de inclinación desde la Clase II hacia la Clase III.

El presente estudio no encontró correlación a nivel vestibular entre el GHA y la IIS. En el palatino a 6 mm, solo la Clase III mostró una asociación significativa y a 9 mm, se identificaron correlaciones en la Clase II.

Diversos estudios previos han explorado la relación entre la IIS y el GHA, pero sus hallazgos son heterogéneos y ayudan a contextualizar los resultados del presente estudio. Sendyk et al.[43] reportaron que en maloclusiones Clase III existen correlaciones débiles o inconsistentes entre inclinación y grosor. De manera concordante, en la muestra del presente estudio no se observaron correlaciones vestibulares significativas dentro de cada relación esquelética, lo que tiene relevancia clínica al evidenciar que la IIS no es un predictor confiable del GHA vestibular disponible para movimientos ortodóncicos. Por el contrario, Alqhtani et al.[44] encontraron una correlación positiva entre la IIS y el GHA a nivel apical, lo que se alinea con la observación del presente estudio de que las correlaciones palatinas aparecieron en niveles más apicales, particularmente la asociación significativa en Clase III a 6 mm y en Clase II a 9 mm, sugiriendo que la relación entre la IIS y GHA se manifiesta recién en el tercio medio y el tercio apical, pero no en el nivel cervical.

Raber et al.[37] reportaron una correlación positiva significativa en incisivos maxilares dentro de la Clase I y en los incisivos centrales de la Clase III, además de ausencia de asociación en la Clase II. Asimismo, no reportan mediciones segmentadas por niveles (3, 6 y 9 mm), por lo que no describe variaciones específicas como las observadas en este estudio. En conjunto, estos hallazgos sugieren que la relación entre IIS y GHA no es uniforme, y que el tercio medio y apical palatino es el único sector donde esta correlación tiende a manifestarse; en el presente estudio no se identificaron correlaciones significativas por vestibular dentro de cada relación esquelética. Las discrepancias sugieren que la relación puede depender de la metodología de medición empleada y el nivel de medición.

Dalaie et al.[26] reportan que la IIS se relaciona con el GHA de manera diferente según la superficie y el nivel de medición. En vestibular, solo en el nivel más apical se observa una correlación positiva, lo que indica que incisivos más inclinados tienden a mostrar mayor espesor óseo en la zona apical vestibular. En cambio, por palatino, la relación es inversa en varios niveles, reflejando una reducción del GHA palatino conforme aumenta la IIS. Estas asociaciones fueron catalogadas como débiles a moderadas, lo que sugiere que, si bien la inclinación influye en la morfología del alveolo, no es el factor determinante del GHA. Al comparar los hallazgos del presente estudio, se observa que la relación entre la IIS y el GHA sigue patrones parciales de coincidencia, pero también de discrepancias importantes. Estas diferencias sugieren que la influencia de la inclinación sobre el GHA es limitada y dependiente del nivel radicular evaluado.

Guo et al[29] reportan que la TCHC es idónea para evaluar el GHA de forma precisa y fiable, lo cual fue muy similar a lo reportado por Lei C et al.[42], Montanha-Andrade

K et al.[45] y Linjawi A et al.[46]; al evaluar el grosor óseo; este estudio utilizó un método estandarizado de medición reportado inicialmente por Sarikaya et al[47] y usado para un ensayo clínico aleatorizado por Pornputthi Puttaravuttiporn et al.[30] en la cual se mide el GHA como la distancia entre la superficie de la raíz y la placa cortical, a 3 niveles específicos (3,6 y 9mm de UCA) debido a que durante los tratamientos de ortodoncia el hueso alveolar no se remodela de manera uniforme; actualmente no existe un método universal para determinar el grosor óseo por ello Guo et al.[29] et al identificó una alta heterogeneidad metodológica en la medición de GHA con TCHC, no obstante consideramos que la heterogeneidad no es un obstáculo, sino una oportunidad para hacer una contribución metodológica significativa debido a que la excelente reproducibilidad constituye un pilar fundamental que fortalece la validez interna de los hallazgos obtenidos mediante este método debido a que permite afirmar que los resultados son reales y no se deben a errores de medición o imprecisiones en la recolección de datos.

Desde el punto de vista clínico, la evaluación del GHA y la IIS mediante TCHC permite una mejor demarcación de los límites biológicos del movimiento ortodóncico en pacientes con relaciones esqueléticas Clase I, II y III. Los hallazgos de este estudio aportan información útil para anticipar situaciones de riesgo antes del tratamiento. No obstante, el presente estudio no pretende promover el uso rutinario de esta herramienta diagnóstica; sin embargo, su uso se encuentra justificado en situaciones clínicas específicas, como la planificación de movimientos dentarios extensos, camuflajes ortodóncicos, descompensaciones prequirúrgicas y en pacientes con riesgo periodontal. Asimismo, se recomienda su utilización únicamente cuando los métodos bidimensionales resulten insuficientes

y cuando la información tridimensional obtenida tenga un impacto directo en el diagnóstico o en el plan de tratamiento.[48-50]

Asimismo, el análisis de la correlación entre la IIS y el GHA presenta una implicancia clínica concreta, debido a que la inclinación dentaria por sí sola no es predictor. En este contexto, la evaluación mediante TCHC resulta fundamental para orientar de manera precisa la magnitud y la dirección de los movimientos ortodóncicos, favoreciendo tratamientos más seguros, individualizados y biológicamente controlados; además, permite optimizar la toma de decisiones entre camuflaje ortodóncico y tratamiento ortodóncico-quirúrgico, así como diseñar mecánicas personalizadas que minimicen riesgos en la zona estética anterior y contribuyan a la estabilidad periodontal y al pronóstico a largo plazo.

Una de las principales fortalezas de esta investigación es el uso de tomografías TCHC con vóxel de 0.3 mm, lo cual garantiza una resolución adecuada para evaluar con precisión el GHA y la IIS. Además, el protocolo de medición incluyó tres niveles radiculares clínicamente relevantes (3, 6 y 9 mm), permitiendo identificar diferencias y aportando información directamente a la planificación ortodóncica. La comparación simultánea de las relaciones esqueléticas I, II y III ofrece una visión integral de cómo varía el grosor alveolar según la relación esquelética. Asimismo, la inclusión del análisis correlacional entre grosor e inclinación añade valor interpretativo al estudio. Finalmente, los análisis intra e interobservador mostraron valores de CCI superiores a 0.9, lo que permite considerar las mediciones como confiables y reproducibles.

El estudio presenta algunas limitaciones inherentes a su diseño transversal y descriptivo, el cual permite caracterizar el grosor alveolar en un momento

determinado, pero no evaluar su comportamiento dinámico a lo largo del tratamiento ortodóncico ni establecer relaciones causales. Asimismo, la muestra provino de un único centro clínico, por lo que la generalización de los resultados a otras poblaciones debe realizarse con cautela, considerando que factores como la etnicidad, el biotipo periodontal y las variaciones poblacionales pueden influir en la anatomía alveolar.

Se recomienda que futuros estudios amplíen la muestra e incluyan poblaciones multicéntricas, a fin de confirmar la consistencia de los hallazgos en distintos biotipos faciales y poblaciones, así como discriminar el origen maxilar o mandibular de la relación esquelética. Finalmente, la estandarización de los puntos de referencia y niveles radiculares facilitaría la comparación entre estudios y contribuiría a definir parámetros clínicos de mayor utilidad diagnóstica.

VI. CONCLUSIONES

1. El GHA vestibular y palatino del incisivo superior no mostró diferencias estadísticamente significativas entre las relaciones esqueléticas a los niveles de 3 y 9 mm; sin embargo, a los 6 mm desde la UCA se evidenciaron diferencias significativas entre las Clases esqueléticas evaluadas.
2. Al comparar el GHA entre las relaciones esqueléticas, se observaron diferencias estadísticamente significativas únicamente a los 6 mm, tanto en la superficie vestibular como palatina, donde la Clase I presentó mayores valores en comparación con las Clases II y III.
3. La IIS presentó diferencias estadísticamente significativas entre las relaciones esqueléticas, registrándose los valores más bajos en la Clase II y los más altos en la Clase III.
4. La comparación de la IIS evidenció diferencias estadísticamente significativas principalmente entre la Clase II y las demás relaciones esqueléticas, sin encontrarse diferencias significativas entre la Clase I y la Clase III.
5. La correlación entre el GHA y la inclinación fue débil y variable según el nivel radicular y la superficie ósea evaluada, lo que indica que la IIS no permite predecir de manera consistente el GHA.

VII. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Angle EH. Classification of Malocclusion. The Dental Cosmos. 1899; 41:248-264.

2. Salles A, Cotrim- Ferreira F. Clasificación de las maloclusiones. En: Hecht M, Araujo V, Sato A. Ortodoncia Diagnóstico y Planificación Clínica. 2da ed. Sao Paulo: Artes Médicas Ltda; 2004. P 98-114

3. Uribe G. Tratamiento de las maloclusiones clase I. En: Sierra M, González L, Gómez J, González A Vélez F, Gómez J, Suarez M, Molina D, Rodríguez C, Uribe G. Ortodoncia Teórica y Clínica. 2da ed. Medellín: Corporación para investigaciones biológicas. Ortodoncia Teórica y clínica. p. 784-806

4. George AM, Felicita AS, Milling Tania SD, Priyadharsini JV. Systematic review on the genetic factors associated with skeletal Class II malocclusion. Indian J Dent Res. 2021 Jul-Sep;32(3):399-406.

5. Raposo R, Peleteiro B, Paço M, Pinho T. Orthodontic camouflage versus orthodontic-orthognathic surgical treatment in class II malocclusion: a systematic review and meta-analysis. Int J Oral Maxillofac Surg. 2018 Apr;47(4):445-455.

6. Alhammadi MS, Halboub E, Fayed MS, Labib A, El-Saaidi C. Global distribution of malocclusion traits: A systematic review. Dental Press J Orthod. 2018 Nov-Dec;23(6):40.e1-40.e10.

7. Troy BA, Shanker S, Fields HW, Vig K, Johnston W. Comparison of incisor inclination in patients with Class III malocclusion treated with orthognathic surgery or orthodontic camouflage. Am J Orthod Dentofacial Orthop. 2009 Feb;135(2):146.e1-9; discussion 146-7.

8. Berto PM, Lima CS, Lenza MA, Faber J. Esthetic effect of orthodontic appliances on a smiling face with and without a missing maxillary first premolar. Am J Orthod Dentofacial Orthop. 2009;135:S55–60.

9. Ma J, Huang J, Jiang JH. Morphological analysis of the alveolar bone of the anterior teeth in severe high-angle skeletal Class II and Class III malocclusions assessed with cone-beam computed tomography. PLoS One. 2019 Mar 25;14(3):e0210461.

10. Janson G, de Souza JEP, de Andrade AF, Andrade P, Jr, Nakamura A, de Freitas MR, et al. Compensación dentoalveolar extrema en el tratamiento de la maloclusión Clase III. Soy J Orthod Dentofacial Orthop. 2005; 128 : 787–794.

11. Lin J, Gu Y. Investigación preliminar del tratamiento no quirúrgico de la maloclusión esquelética grave de clase III en la dentición permanente. Ortodoncia de ángulo. 2003; 73 : 401–410.

12. Araujo MTdS, Squeff LR (2021) Camuflaje ortodóncico como alternativa de tratamiento para la clase III esquelética. Dental Press J Orthod 26(4):e21bbo4:1–28.

13. Alhammadi MS, Almashraqi AA, Khadhi AH, Arishi KA, Alamir AA, Beleges EM, Halboub E. Orthodontic camouflage versus orthodontic-orthognathic surgical treatment in borderline class III malocclusion: a systematic review. Clin Oral Investig. 2022 Nov;26(11):6443-6455

14. Park JH, Emamy M, Lee SH. Adult skeletal class III correction with camouflage orthodontic treatment. Am J Orthod Dentofacial Orthop. 2019 Dec;156(6):858-69.

15. Barreto FAM, Santos JRRDC. Virtual orthodontic setup in orthodontic camouflage planning for skeletal Class III malocclusion. Dental Press J Orthod. 2018 Mar-Apr;23(2):75-86.

16. Farret MM. Retratamiento de ortodoncia mediante anclaje con miniplaca para camuflar un patrón esquelético clase III. Prensa Dental J Orthod. 2016; 21 : 104-115. doi: 10.1590/2176-9451.21.3.104-115.bbo

17. Wehrbein H, Bauer W, Diedrich P. Mandibular incisors, Alveolar bone, and symphysis after orthodontic treatment. A retrospective study. Am J Orthod Dentofacial Orthop.1996; 110(3): 239–246.

18. Handelman CS. The anterior alveolus: its importance in limiting orthodontic treatment and its influence on the occurrence of iatrogenic sequelae. Angle Orthod. 1996; 66(2): 95–109.

19. Wainwright WM. Faciolingual tooth movement: its influence on the root and cortical plate. Am J Orthod.1973; 64(3):278–302.

20. Ten Hoeve A, Mulie RM. The effect of antero-postero incisor repositioning on the palatal cortex as studied with laminagraphy. J Clin Orthod. 1976; 10(11):804–822.

21. Andrews WA, Abdulrazzaq WS, Hunt JE, Mendes LM, Hallman LA. Incisor position and alveolar bone thickness. Angle Orthod. 2022 Jan 1;92(1):3-10.

22. Sun B, Tang J, Xiao P, Ding Y. Presurgical orthodontic decompensation alters alveolar bone condition around mandibular incisors in adults with skeletal Class III malocclusion. Int J Clin Exp Med. 2015 Aug 15;8(8):12866-73.

23. Misch KA, Yi ES, Sarment DP. Accuracy of cone beam computed tomography for periodontal defect measurements. J Periodontol. 2006; 77(7):1261–1266.

24. Jervøe-Storm PM, Hagner M, Neugebauer J, Ritter L, Zo¨ ller JE, Jepsen S, Frentzen M. Comparison of cone-beam computerized tomography and intraoral radiographs for determination of the periodontal ligament in a variable phantom. Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod. 2010; 109(2): e95– 101.

25. Selvaraj A, Jain RK, Nagi R, Balasubramaniam A. Correlation between gray values of cone-beam computed tomograms and Hounsfield units of computed tomograms: A systematic review and meta-analysis. Imaging Sci Dent. 2022 Jun;52(2):133-140.

26. Dalaie K, Hajimiresmail YS, Safi Y, Baghban AA, Behnaz M, Rafsanjan KT. Correlation of alveolar bone thickness and central incisor inclination in skeletal Class I and II malocclusions with different vertical skeletal patterns: A CBCT study. Am J Orthod Dentofacial Orthop. 2023 Oct;164(4):537-544.

27. Morais JF, Melsen B, de Freitas KMS, Castello Branco N, Garib DG, Cattaneo PM. Evaluation of maxillary buccal alveolar bone before and after orthodontic alignment without extractions: A cone beam computed tomographic study. Angle Orthod. 2018 Nov;88(6):748-756.

28. Li B, Li J, Wang H, Xie X, Wen J, Li H. Relationship between different skeletal facial types and anterior alveolar bone thickness with cone-beam computed tomography in an Asian population. Ann Transl Med. 2022 Sep;10(18):956.

29. Guo R, Zhang L, Hu M, Huang Y, Li W. Alveolar bone changes in maxillary and mandibular anterior teeth during orthodontic treatment: A systematic review and meta-analysis. Orthod Craniofac Res. 2021 May;24(2):165-179.

30. Puttaravuttiporn P, Wongsuwanlert M, Charoemratrote C, Lindauer SJ, Leethanakul C. Effect of incisal loading during orthodontic treatment in adults: A randomized control trial. Angle Orthod. 2018 Jan;88(1):35-44.

31. Teerakanok S, Charoemratrote C, Chanmanee P. The Accuracy of Lateral Cephalogram in Representing the Anterior Maxillary Dentoalveolar Position. Diagnostics (Basel). 2022 Jul 30;12(8):1840.

32. Baldini B, Cavagnetto D, Baselli G, Sforza C, Tartaglia GM. Cephalometric measurements performed on CBCT and reconstructed lateral cephalograms: a cross-sectional study providing a quantitative approach of differences and bias. BMC Oral Health. 2022 Mar 30;22(1):98.

33. Damstra J, Fourie Z, Huddleston Slater JJ, Ren Y. Accuracy of linear measurements from cone-beam computed tomography-derived surface models of different voxel sizes. Am J Orthod Dentofacial Orthop. 2010;137(1):16.e1-6.

34. Torres MGG, Campos PSF, Pena N Neto Segundo, Ribeiro M, Navarro M, Crusoé-Rebello I. Avaliação de doses referenciais obtidas com exames de tomografia computadorizada de feixe cônico adquiridos com diferentes tamanhos de voxel. Dental Press J Orthod. 2010;15(5): 42-43.

35. Tanaka Y, Dutra V, Lin WS, Levon J, Hamada Y. Evaluation of the accuracy of buccal bone thickness measurement from cone beam computed tomography compared with histologic analysis. J Prosthet Dent. 2023 Jul;130(1):68-73.

36. Fokas G, Vaughn VM, Scarfe WC, Bornstein MM. Accuracy of linear measurements on CBCT images related to presurgical implant treatment planning: A systematic review. Clin Oral Implants Res. 2018 Oct;29 Suppl 16:393-415.

37. Raber A, Kula K, Ghoneima A. Three-dimensional evaluation of labial alveolar bone overlying the maxillary and mandibular incisors in different

skeletal classifications of malocclusion. Int Orthod. 2019 Jun;17(2):287-295.

38. Rawaqa O, AlNimri KS, Abu Alhaija ES. Dentoalveolar characteristics in subjects with different anteroposterior relationships: a retrospective cross-sectional Cone-Beam Computed Tomography study. BMC Oral Health. 2024 Dec 31;24(1):1579.

39. Rojo-Sanchis J, Soto-Peñaloza D, Peñarrocha-Oltra D, Peñarrocha-Diago M, Viña-Almunia J. Facial alveolar bone thickness and modifying factors of anterior maxillary teeth: a systematic review and meta-analysis of cone-beam computed tomography studies. BMC Oral Health. 2021 Mar 22;21(1):143.

40. Tomaru H, Tachiki C, Nakamura Y, Ariizumi D, Matsunaga S, Sugahara K, Watanabe A, Katakura A, Nishii Y. Anterior Tooth Inclination Between Skeletal Class II and III Malocclusions After Surgical Orthodontic Treatment. Diagnostics (Basel). 2025 Jun 18;15(12):1553.

41. Wang M, Huang J, Tang X, Zheng L, Yang C. Anterior alveolar bone and tooth inclination in different skeletal patterns: a cone-beam computed tomography study. BMC Oral Health. 2025 Jul 19;25(1):1210.

42. Lei C, Yu Q, Wu D, Cai K, Weigl P, Tang C. Comparison of alveolar bone width and sagittal tooth angulation of maxillary central incisors in Class I and Class III canine relationships: a retrospective study using CBCT. BMC Oral Health. 2022 Jul 22;22(1):303.

43. Sendyk M, de Paiva JB, Abrão 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 Jul;152(1):66-79.

44. Alqhtani NR, Alenazi A, Alqahtani AS, Gufran K, Robaian A, Alqahtani AM, Aldossary SF, Aldossry MF. Labial alveolar bone thickness and its correlation with buccolingual maxillary incisors angulation: a CBCT based study. Eur Rev Med Pharmacol Sci. 2022 Jul;26(13):4625-4633.

45. Montanha-Andrade K, Crusoé-Rebello IM, Barreto M, Neves FS, Santos JND, Cury PR. Assessment of the relationship between tooth inclination and gingival and alveolar bone dimensions using computed tomography of the maxillary anterior teeth: a cross-sectional study. Dental Press J Orthod. 2022 Sep 23;27(4):e222136.

46. Linjawi A. Predictive Factors Affecting the Maxillary Alveolar Bone Thickness: A Cone-Beam Computed Tomography Study. Clin Cosmet Investig Dent. 2020 Sep 15;12:359-365.

47. Sarikaya S, Haydar B, Ciğer S, Ariyürek M. Changes in alveolar bone thickness due to retraction of anterior teeth. Am J Orthod Dentofacial Orthop. 2002 Jul;122(1):15-26.

48. Garib DG, Calil LR, Leal CR, Janson G. Is there a consensus for CBCT use in Orthodontics? Dental Press J Orthod. 2014 Sept Oct;19(5):136-49.

49. Hayashi T, Arai Y, Chikui T, Hayashi-Sakai S, Honda K, Indo H, Kawai T, Kobayashi K, Murakami S, Nagasawa M, Naitoh M, Nakayama E, Nikkuni

Y, Nishiyama H, Shoji N, Suenaga S, Tanaka R; A Committee on Clinical Practice Guidelines; Japanese Society for Oral and Maxillofacial Radiology. Clinical guidelines for dental cone-beam computed tomography. Oral Radiol. 2018 May;34(2):89-104.

50. Fontenele RC, Gaêta-Araujo H, Jacobs R. Cone beam computed tomography in dentistry: Clinical recommendations and indication-specific features. J Dent. 2025 Aug;159:105781.

VIII. TABLAS Y GRÁFICOS

Tabla 1. Comparación del grosor alveolar y la inclinación del incisivo superior según relación esquelética

Mediciones			Relación esquelética						*p*
			Clase I		Clase II		Clase III		
			X	DE	X	DE	X	DE	
Grosor alveolar	**Vestibular**	3 mm	1.12	0.24	0.98	0.47	1.12	0.31	0.266*
		6 mm	**1.42ab**	0.37	**1.14a**	0.30	**1.15b**	0.35	**0.006***
		9 mm	1.34	0.48	1.13	0.36	1.19	0.57	0.299*
	Palatino	3 mm	1.86	0.69	1.45	0.60	1.54	0.65	0.069*
		6 mm	**2.84a**	0.98	2.5	1.14	**2.24a**	0.83	**0.034****
		9 mm	4.19	1.51	3.84	1.56	3.55	1.13	0.287*
Inclinación del incisivo			**117.52a**	5.5	**110.56ab**	10.19	**120.28b**	7.17	**<0.001***

*Prueba de Anova, post hoc de Tukey.
**Prueba de Kruskall Wallis, post hoc de U de Mann Whitney.
Grosor alveolar en mm, medido a 3, 6 y 9 mm de UCA (unión cemento-adamantina)
En horizontal, letras minúsculas indican diferencia estadística.

Tabla 2. Correlación entre el grosor alveolar y la inclinación de los incisivos superiores

HUESO ALVEOLAR	Mediciones	INCLINACIÓN DE INCISIVO Clase I		Clase II		Clase III	
		r	***p***	**r**	***p***	**r**	***p***
Vestibular	3 mm	0.167	0.425	0.167	0.425	0.136	0.516
	6 mm	0.209	0.316	-0.178	0.394	0.088	0.676
	9 mm	0.218	0.295	0.385	0.058	0.051	0.808
Palatino	3 mm	0.245	0.238	-0.017	0.936	0.299	0.147
	6 mm	-0.105	0.617	-0.307	0.135	**0.528**	**0.007**
	9 mm	-0.138	0.510	**-0.723**	**<0.001**	0.248	0.233

Correlación de Pearson

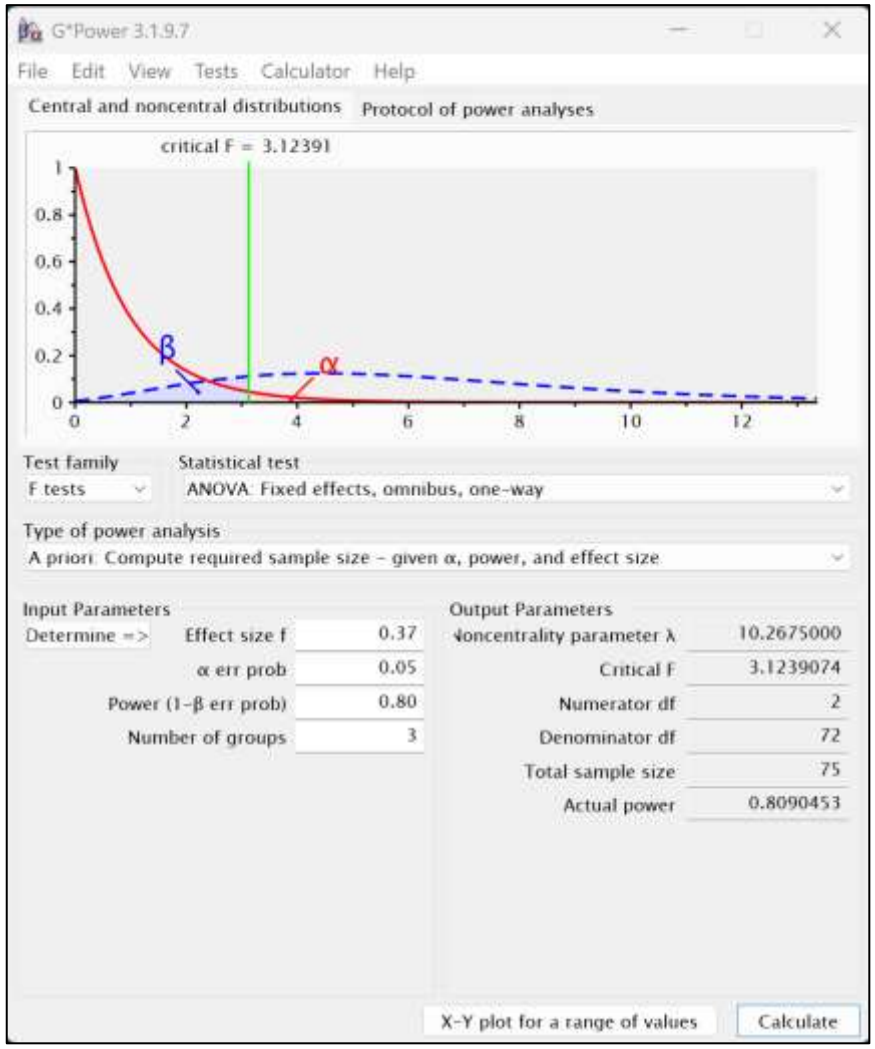
ANEXOS

ANEXO 01

Datos demográficos de la muestra

Muestra	N	Hombre/Mujer	X de ANB(°)
Relación esquelética Clase I	25	12H/13M	3
Relación esquelética Clase II	25	11H/14M	8
Relación esquelética Clase III	25	15H/10M	-4.4
Total	75		2.2

ANEXO 02



Donde:

Effect size f 0.37 es el tamaño del efecto de Cohen (calculado a partir de los datos del estudio piloto).

α err prob 0.05 es la significancia estadística.

Power (1-β) 0.80 es la potencia estadística.

Number of groups 3 corresponde a los grupos a comparar (Clase I, II, III)

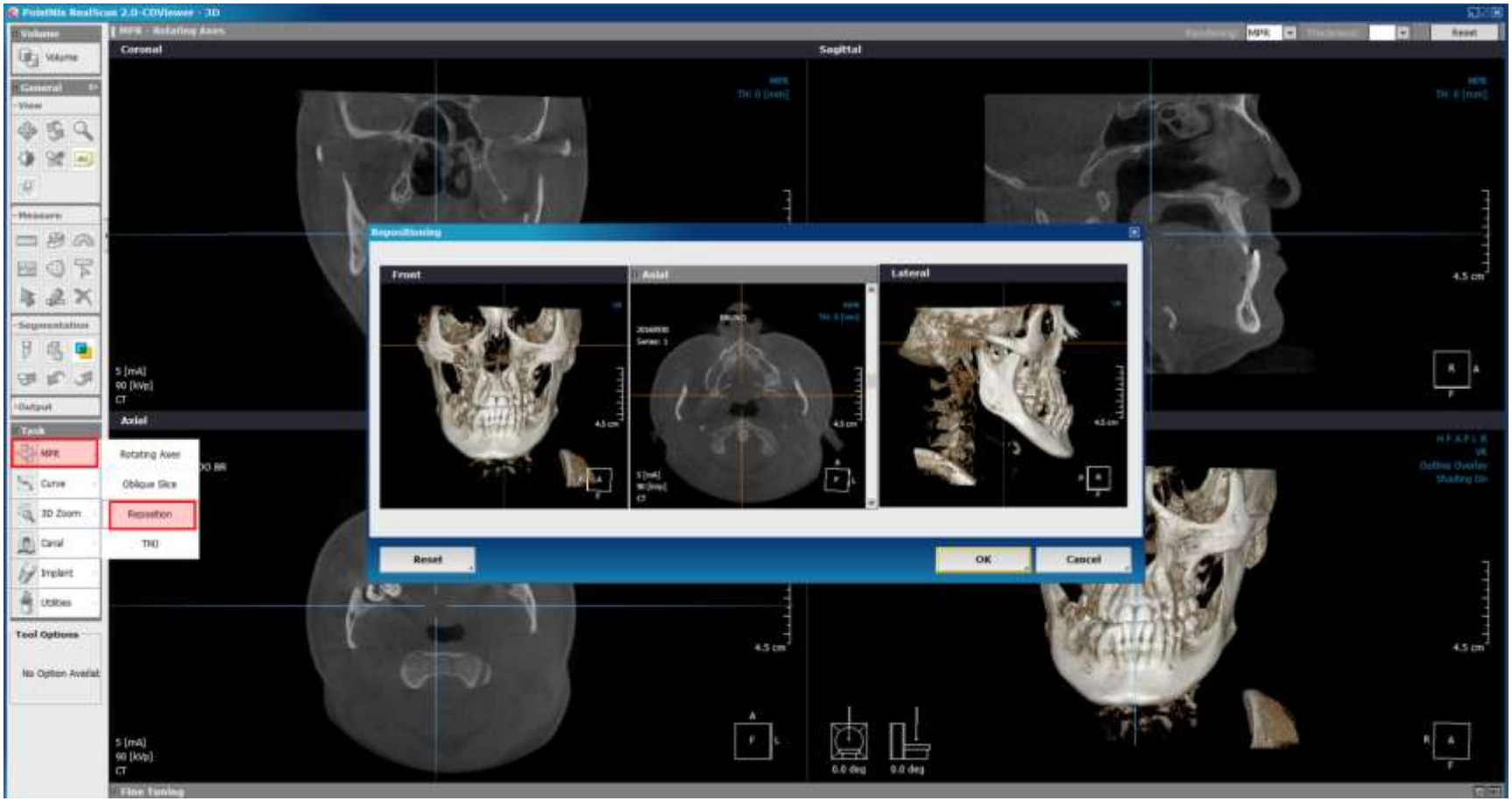
ANEXO 03

Cuadro de operacionalización de variables

Variable	Definición Conceptual	Definición Operacional	Indicadores	Tipo	Escala de medición	Valor
Relación esquelética	Es la relación sagital entre ambos maxilares, tomando como referencia espacial a la base craneal y describe el grado de armonía o discrepancia en la posición anteroposterior de las bases óseas	Ángulo formado por los puntos Subespinal, Supramentoniano en relación con el punto Nasion	Valor tomográfico expresado en grados	Cualitativa	Nominal	Clase I = 2°±2 Clase II ≥ 5° Clase III ≤ -1°
Inclinación de incisivos superiores	Es el grado de inclinación en sentido buco lingual que presenta el incisivo superior	Ángulo formado entre el plano palatino y el eje longitudinal del incisivo maxilar	Valor tomográfico expresado en grados	Cuantitativo	Razón	Valores expresados en grados
Grosor alveolar	Es el grosor de hueso circundante por vestibular y palatino de los incisivos superiores	Línea por vestibular y palatino medido a 3, 6 y 9mm de la UCA medido en el plano sagital y en el eje longitudinal del incisivo maxilar	Valor tomográfico expresado en milímetros	Cuantitativo	Razón	Valores expresados en milímetros

ANEXO 04

Estandarización de la orientación volumétrica mediante reconstrucción multiplanar (MPR)



ANEXO 05

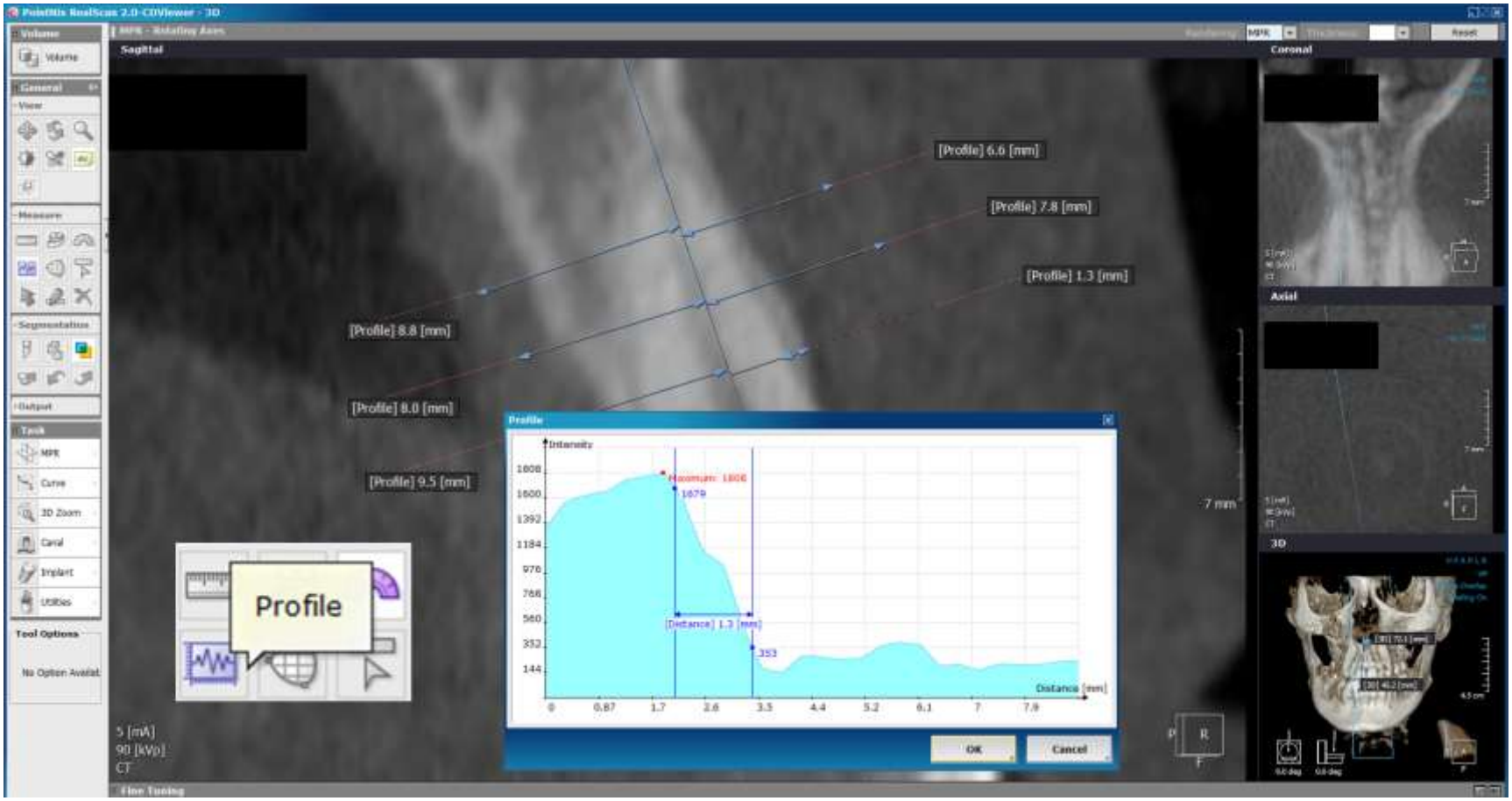
Relación esquelética

ANEXO 06

Inclinación del incisivo superior

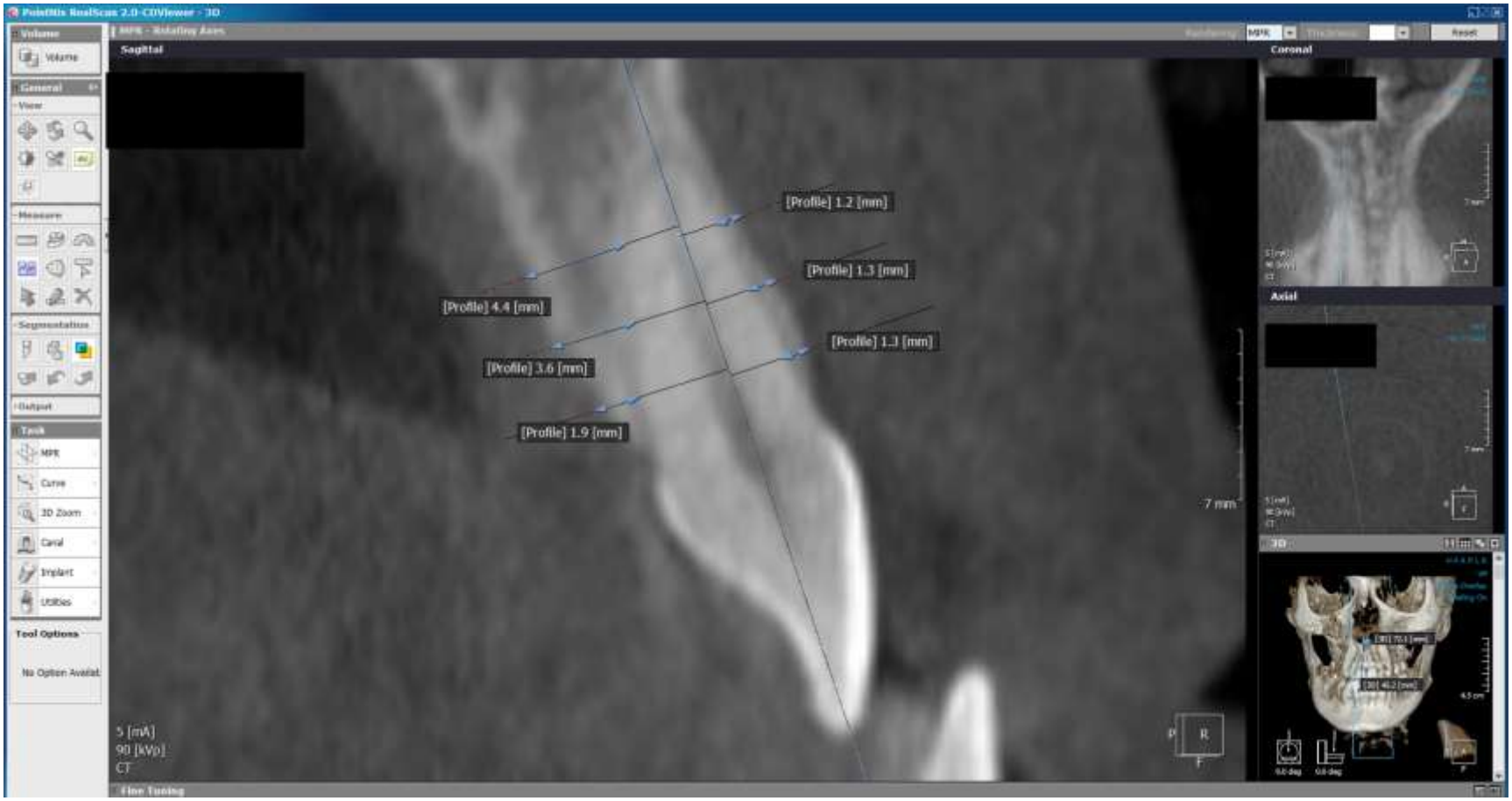
ANEXO 07

Herramienta Profile del software RealScan



ANEXO 08

Niveles de medición del grosor de hueso alveolar (3, 6 y 9 mm desde la UCA)



ANEXO 09

Ficha de recolección de datos

ID	Relación esquelética	Inclinación de IS	Grosor alveolar					
			Vestibular A 3mm	Vestibular A 6mm	Vestibular A 9mm	Palatino A 3mm	Palatino A 6mm	Palatino A 9mm