



**UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO**



**FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES ZARAGOZA**  
**DIVISIÓN DE ESTUDIOS DE POSGRADO E INVESTIGACIÓN**

**COMPARACIÓN DE LOS MÉTODOS DIGITALES  
VERSUS MÉTODOS CONVENCIONALES PARA LA  
MEDICIÓN DE LAS ARCADAS DENTALES EN  
ORTODONCIA. UNA REVISIÓN SISTEMÁTICA.**

**T E S I S**

**QUE PARA OBTENER EL TÍTULO DE**

**ESPECIALISTA EN ESTOMATOLOGÍA DEL NIÑO Y DEL  
ADOLESCENTE**

**P R E S E N T A:**

**RUBEN ALEJANDRO RINCÓN AMADOR**



**DIRECTOR DE TESIS:**

Mtro. Fernando Luis Parés Vidrio

**ASESORA DE TESIS:**

Mtra. Beatriz Isabel García Martínez

**Ciudad de México, 2021**



Universidad Nacional  
Autónoma de México

Dirección General de Bibliotecas de la UNAM

**Biblioteca Central**



**UNAM – Dirección General de Bibliotecas**  
**Tesis Digitales**  
**Restricciones de uso**

**DERECHOS RESERVADOS ©**  
**PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL**

Todo el material contenido en esta tesis esta protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.

## DEDICATORIAS

*Antes que nada, se impone mi gratitud a la Universidad Nacional Autónoma de México. Gran parte de mi formación académica y personal la forjé aquí, siempre estaré en deuda.*

*Al Mtro. Fernando Parés que me ha guiado con su paciencia y rectitud como docente, que sostiene grandes valores. Gracias por haberme permitido el regalo de ser su estudiante en la Especialidad. principal colaboración durante todo este proceso, quien, con su dirección, conocimiento, enseñanza me permitió hacer de esta tesis una realidad.*

*Al Dr. Luis Salgado, por haberme orientado en todos los momentos que necesité sus consejos dentro de la Especialidad, por la oportunidad de compartir sus conocimientos de su éxito en su práctica laboral, por su amistad y apoyo.*

*A la Mtra. Beatriz García, por ser parte para que este trabajo se realizara con éxito, por la oportunidad de compartir su conocimiento, por su amabilidad y sus siempre atentas y rápidas respuestas a las diferentes inquietudes surgidas durante la culminación de esta tesis.*

*Al Dr. Roberto Kameyama, por ser una excelente persona, por su gran ayuda en mi trabajo, su orientación y gran sentido del humor.*

*A la coordinadora de la especialidad, la Esp. Laura Elena Allende Trejo, gracias por permitirme pertenecer a esta gran especialidad, por sus consejos, guía y por inculcarme el deseo de ser mejor cada día superándonos y siempre tener metas firmes, me quedo con esta grata satisfacción que me deja el concluir la Especialidad en Estomatología del Niño y del Adolescente. Gracias*

*A mis revisores, por brindarme su tiempo, consejos y correcciones.*

*Me siento muy satisfecho por mi presente trabajo y agradecido por todo el apoyo recibido en él.*

*A mi tan amada y querida UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO por darme el honor de pertenecer a ella y regalado gratas experiencias que nunca olvidaré, a la Facultad de Estudios Superiores Zaragoza y a la Especialización en Estomatología del Niño y del Adolescente, que me permitió ser parte de una generación exitosa y no existe dicha más grande que decir  
SOY ORGULLOSAMENTE UNAM.*

## **AGRADECIMIENTOS**

*A Dios, por ser mi inspiración y darme fuerza para continuar en este proceso de obtener uno de los anhelos más deseados.*

*A mi padre, por su amor, trabajo y sacrificio en todos estos años. Por ser un referente para mí no sólo como persona sino como profesional. Por enseñarme los mejores valores y principios con su ejemplo.*

*A mi madre, por todo su amor, por brindarme la fortaleza en aquellos momentos de dificultad y debilidad, por estar siempre a mi lado. Por brindarme todo el amor y paciencia, por apoyarme en todas mis decisiones y acompañarme en el camino.*

*A mis hermanas, el mayor regalo que mis padres me brindaron. Por tener siempre el consejo oportuno en el momento adecuado. Por creer en mí, por siempre su apoyo y amor.*

*Al amor de mi vida Sophie, por la ocasión en la que nuestros proyectos académicos se empataron y tuvimos la oportunidad de construirlos en paralelo, y de crecer juntos también. Fui afortunado de tener alguien con quien compartir esta importante y decisiva etapa formativa.*

*A mis amigos de la especialidad EENA que juntos logramos concluir con éxito esta etapa tan importante en nuestras vidas así mismo de las diversas enseñanzas adquiridas, las cuales nos ayudaron a mejorar nuestra preparación profesional, gracias Cintia Guerrero, Sofía Kücks, Carla Muciño, Javier Badillo, que formamos un gran equipo dentro y fuera de la Especialidad como profesionales, vamos por nuestra Maestría y Doctorado. Siempre orgullosamente UNAM*

*A mis profesores de la UNAM por sus conocimientos y por siempre exigirme a dar un poco más.*

*“Nuestra recompensa se encuentra en el esfuerzo y no en el resultado. Un esfuerzo total es una victoria completa.” Mahatma Gandhi.*



## ÍNDICE

I.	RESUMEN.....	6
II.	ABSTRACT.....	7
III.	INTRODUCCIÓN.....	8
IV.	MARCO TEÓRICO.....	10
IV.1.	Aspectos generales del crecimiento y desarrollo cráneo facial .....	10
IV.1.2	Crecimiento y desarrollo facial 3D.....	10
IV.1.3	Desarrollo transversal de los arcos dentario.....	10
IV.2	Etiología de la maloclusión.....	12
IV.2.1	Definición de maloclusión.....	13
IV.3	Discrepancia en la longitud del arco.....	14
IV.3.1	Tamaño de los dientes.....	14
IV.4.	Alteraciones transversales.....	15
IV.4.1	Maloclusiones transversales.....	15
IV.4.2	Mordida cruzada posterior.....	16
IV.4.3	Mordida cruzada posterior bilateral.....	16
IV.4.4	Mordida cruzada posterior unilateral.....	16
IV.4.5	Mordida telescópica.....	17
IV.4.6	Diagnóstico de alteraciones transversales.....	17
IV.4.7	Dimensiones transversales.....	18
IV.4.8	Índice de Little.....	19
IV.5	Ortodoncia Digital.....	19
IV.5.1	Modelos digitales.....	23
IV.5.2	Tomografía Computarizada (TC).....	25
IV.5.3	Tomografía computarizada de haz cónico (CBCT) o Cone Beam (TCCB).....	27
IV.5.4	Consideraciones de la dosis de radiación en ortodoncia.....	29
IV.5.5	Evolución de los exámenes por imágenes.....	30
IV.5.6	Limitaciones en Ortodoncia digital.....	30
IV.5.7	Aplicación de tomografía computarizada Cone Beam en el diagnóstico.....	31
-	IV.5.8 Tomografía computarizada (TC) MRI, PET, PET / CT.....	31
IV.5.9	Cefalometría 3D.....	32



IV.5.10 Aplicación de Escáneres en el diagnóstico.....34

.....34

IV.6 Estado del arte del conocimiento de revisiones sistemáticas.....40

V. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.....42

VI. OBJETIVO.....43

VII. MÉTODOS.....44

VIII. RESULTADOS.....47

IX. DISCUSIÓN.....62

X. CONCLUSIONES.....71

XI. PERSPECTIVAS.....72

XII. REFERENCIAS .....73

XIII. ANEXOS.....80



## I. Resumen

**Antecedentes.** En la actualidad, los registros en ortodoncia son un componente estándar y son esenciales para el diagnóstico, la presentación de casos, la planificación del tratamiento, la evaluación del progreso del tratamiento y el registro.

**Objetivo.** Realizar una revisión bibliográfica en cuanto a la confiabilidad de métodos digitales en comparación con métodos convencionales para la medición de las arcadas dentales en medidas lineales.

**Método.** Se realizó una búsqueda en las bases de datos PubMed/Medline, Scopus, TESIUNAM, Lilacs, ScienceDirect y Springer para identificar los artículos que realizaron una comparación de los métodos digitales versus métodos convencionales para la medición de las arcadas dentales.

**Resultados.** Esta búsqueda arrojó 324 artículos relacionados de los cuales, se eliminaron 52 por ser artículos duplicados, posteriormente, tras aplicar los criterios de inclusión quedaron 46 artículos. De estos, aplicando los criterios de exclusión eliminamos 31. Por lo que finalmente se usaron 15 artículos para esta revisión sistemática.

**Conclusiones.** Se pudo llegar a la conclusión que, dentro de los hallazgos de esta revisión sistemática sugieren que la precisión y reproducibilidad de las mediciones obtenidas a partir de modelos digitales son similares a las obtenidas con modelos convencionales por lo que ambas técnicas son igualmente confiables para su uso en ortodoncia, siendo en la actualidad, el método digital fiable en el diagnóstico de las mediciones lineales en ortodoncia.

**Palabras Clave:** Digitalización, Análisis de modelos digitales, Modelos de yeso, Revisión Sistemática.



## II. Abstract

**Background.** Today, orthodontic records are a standard component and are essential for diagnosis, case presentation, treatment planning, evaluation of treatment progress, and registration.

**Aim.** Carry out a bibliographic review regarding the reliability of digital methods in comparison with conventional methods for the measurement of dental arches in linear measurements.

**Method.** A search of the PubMed / Medline, Scopus, TESIUNAM, Lilacs, ScienceDirect, and Springer databases was conducted to identify articles that compared digital versus conventional methods for measuring dental arches. Results. This search yielded 324 related articles, of which 52 were eliminated because they were duplicate articles. Later, after applying the inclusion criteria, 46 articles remained. Of these, applying the exclusion criteria, we eliminated 31. Therefore, it will finally be used in 15 articles for this systematic review.

**Conclusions.** It was possible to reach the conclusion that, within the findings of this systematic review, it was suggested that the precision and reproducibility of the use measurements obtained from digital models are similar to those obtained with conventional models, so both techniques are equally reliable for its in orthodontics, being at present, the reliable digital method in the diagnosis of linear measurements in orthodontics.

**Keywords:** Digitization, Analysis of digital models, Gypsum models, Systematic review.





### III. Introducción

En odontología, el tamaño y la forma del arco dental son una variable fundamental tomada en cuenta a la hora de realizar un diagnóstico. En este sentido, se ha propuesto una variedad de índices que tienen por objetivo predecir su crecimiento y con ello, contribuir en la planificación del tratamiento. La mayoría de estos cálculos utilizan el tamaño de determinados dientes para predecir el ancho intermolar e interpremolar ideal para la expansión del arco; así, nos encontramos con los índices de M. Linder, Schwartz, Korkhaus, Pont, etc., los cuales recibieron su nombre en honor de los investigadores que los propusieron y se basan en la existencia de cierta correlación entre la amplitud del arco y la dimensión transversal mesiodistal de los incisivos maxilares superiores. Aunado a ello, los modelos de estudio constituyen un componente uniforme de los registros de ortodoncia y son fundamentales para el diagnóstico, la presentación de casos, la planificación del tratamiento, la evaluación del progreso del tratamiento y el mantenimiento de registros.

Un modelo de estudio es una réplica precisa en tres dimensiones (3D) de la dentición de un paciente en la que se pueden realizar determinadas mediciones con mayor facilidad y precisión que en la boca del paciente. Durante los últimos 10 años, los modelos y el escaneo facial, así como los avances tecnológicos de la tomografía computarizada de haz cónico (CBCT), han permitido la virtualización completa de la ortodoncia en pacientes, con reconstrucciones tridimensionales (3D) más precisas de dientes, huesos y tejidos blandos. Se han desarrollado métodos para crear modelos de estudio digitales, incluido el escaneo láser en modelos de yeso, escaneo láser intraoral, escaneo no destructivo de moldes de yeso o impresiones con tomografía microcomputada. Para la ortodoncia, la expectativa más importante de un sistema de modelo digital radica en su precisión y confiabilidad diagnóstica. La tecnología utilizada para generar modelos digitales a partir de modelos o impresiones dentales varía considerablemente. El sistema de modelos digital Emodels; (GeoDigm, Falcon Heights, Minn) escanea la superficie de un modelo de yeso completo. Las impresiones también se pueden escanear directamente utilizando la tecnología de tomografía computarizada de haz cónico (CBCT) con el sistema de modelos Digimodels; (Orthoproof, Nieuwegein).

Algunas empresas ofrecen modelos de estudio virtuales y proporcionan software patentado para su análisis, lo que proporciona al ortodoncista herramientas valiosas para casi cualquier



aplicación. La capacidad de los modelos virtuales en 3D para representar la dentición del paciente con precisión y reproducibilidad de las mediciones se han estudiado ampliamente. No obstante, como ocurre con cualquier método nuevo, la aceptación clínica debe evaluarse comparándolo con el método tradicional o el estándar de oro actual. En este caso, las mediciones se realizan manualmente en modelos de yeso y los modelos digitales son excelentes candidatos para sustituirlas.

Los modelos de estudio 3D pueden reemplazar los modelos de estudio físico para proporcionar una buena visualización de la maloclusión y evaluar la discrepancia en la longitud del arco del material del diente, la relación entre los arcos, las dimensiones del diente, la forma del arco y sus dimensiones. También se pueden utilizar para la configuración de diagnóstico, y la superposición para comparar los resultados del tratamiento. Los ortodoncistas pueden imprimir los modelos físicos a partir de los modelos escaneados cuando sea necesario.

Por otro lado, la durabilidad es un factor importante a tomar en cuenta, ya que con el uso un molde de yeso puede dañarse o romperse, lo cual no sucede con los modelos digitales. Estos últimos se pueden manipular virtualmente sin ser alterados permanentemente; sin embargo, la complejidad de la maloclusión puede afectar la identificación de los puntos de contacto en los modelos digitales. Por lo tanto, es esencial comparar la precisión de las mediciones en modelos de estudio digital y convencional.

En la presente revisión sistemática se busca mostrar el estado del arte del conocimiento, para realizar una comparación de los métodos digitales versus métodos convencionales para la medición de las arcadas dentales lineales en Ortodoncia.



## IV.- MARCO TEÓRICO

### IV.1. Aspectos generales del crecimiento y desarrollo cráneo facial

El sistema estomatognático facial incluye diversas estructuras anatómicas, en donde se manifiestan, como en ningún otro sitio, enfermedades sistémicas y locales, vitales desde etapas muy tempranas del desarrollo. Al ser observado de forma integral es posible encontrar interrelaciones valiosas y variadas en su crecimiento y desarrollo que pueden ser fuente de información.<sup>1</sup>

#### IV.1.1 Crecimiento y desarrollo facial 3D.

Se están realizando nuevos estudios en 3D sobre el crecimiento y el desarrollo, ya que es posible la utilización de la TCCB para evaluar a niños en la dentición mixta y permanente temprana, para la obtención de medidas dentales reales en análisis de discrepancia de espacios, posiciones espaciales de las bases esqueléticas, la evaluación de las vías respiratorias y de los senos faciales.<sup>2</sup>

#### IV.1.2 Desarrollo transversal de los arcos dentario

Se han publicado diversos estudios del desarrollo de los arcos dentarios después de analizar los cambios en modelos dentales seriados. Se pueden incluir los de Clinch (1951), Moorrees (1959,1969), Sillman (1964), Knott y Meredith (1966), Leighton (1969, 1977) y Moyers y colaboradores (1976).<sup>2</sup>

Estos estudios proporcionan información sobre individuos no tratados, los cuales se comparan con muestras de pacientes que han sido sometidos a tratamiento. Con relación al incremento en anchura de los arcos dentarios hay hechos importantes que considerar: El incremento depende básicamente del crecimiento de los procesos alveolares conjuntamente con la erupción dentaria. La expansión transversal del arco dental está estrechamente relacionada con el desarrollo de los dientes y el crecimiento óseo, esta no varía esencialmente durante la dentición primaria entre los 4 y 6 años de edad, salvo que hubiera alguna influencia ambiental, se explican observando la relación espacial entre las coronas de los dientes temporales y sus sucesores permanentes. Con relación a los cambios en el



ancho inter canino, ésta dimensión proporciona el espacio suficiente para la erupción de los incisivos excepto en la mandíbula donde puede observarse un ligero apiñamiento de 0,2 y 0,5 mm para el sexo masculino y femenino respectivamente. El principal incremento en esta dimensión, en ambos maxilares y en ambos sexos, ocurre durante la transición de los incisivos. Se considera que es mínima, antes de la aparición de los dientes permanentes, especialmente los laterales, generan de espacio 0.2mm a 0.3mm y se asienta alrededor de los 8 años. Después de la erupción de todos los incisivos inferiores, hay un aumento promedio de 2.5mm.<sup>6</sup>

En promedio, los niños y las niñas tienen suficiente espacio para acomodar los incisivos superiores, ya que debido a los cambios en el tamaño del arco y los espacios interdentes entre los incisivos deciduos son 7.4mm más amplios en el diámetro mesio distal que sus predecesores deciduos. En la mandíbula, la diferencia entre el diámetro mesio distal de los cuatro incisivos deciduos y permanentes en promedio es de 5.1mm. Inicialmente, aproximadamente 1.6mm de apiñamiento ocurren con la erupción de los incisivos laterales permanentes, pero esta falta de espacio es compensada después de la erupción completa de este diente, seguido por un incremento en el ancho del arco que coincide con el recambio incisal. Durante la segunda fase del desarrollo dental, se obtiene más espacio debido a que los molares deciduos exceden a los sucesores permanentes, los premolares, en diámetro mesio distal. Esto sirve para el alineamiento del canino permanente, el cual es más largo que el canino deciduo a nivel de tamaño coronario. La segunda fase del desarrollo dental no concluye antes de que los segundos premolares estén presentes. La implicación clínica de este factor evidente, es la prolongación del tiempo de tratamiento.<sup>6</sup>

Los cambios en el espacio inter canino ocurren durante la erupción de los incisivos centrales y laterales, excepto por un pequeño incremento en el maxilar, seguida a la erupción del canino. En promedio el incremento en la amplitud inter canino se completa virtualmente después de la erupción total de la corona del incisivo lateral permanente.<sup>6</sup>

El tamaño y la forma de los arcos están determinados al principio por el esqueleto cartilaginoso del maxilar y la mandíbula fetal. Luego se desarrolla una estrecha relación entre los gérmenes dentarios y los huesos maxilares en crecimiento, pero el tamaño del arco no se correlaciona bien con los tamaños de los dientes contenidos en él. Las dimensiones del arco habitualmente medidas son: Ancho en los caninos, molares primarios y primeros



molares permanentes. Longitud y circunferencia. El diámetro inter canino aumenta sólo ligeramente en la mandíbula, y algo de ese aumento es el resultado del corrimiento distal de los caninos primarios al espacio primate, porque los incisivos inferiores normalmente no se mueven labialmente en el tiempo.<sup>5</sup>

Los incrementos en la amplitud mandibular de la zona del premolar se producen porque las coronas de los premolares están ubicadas más bucalmente que los centros de las coronas de los molares primarios más amplios. La extensión a nivel de primeros premolares superiores aumenta significativamente más que el mandibular, especialmente en varones. Aunque el crecimiento del proceso alveolar es casi vertical en la mandíbula, las coronas de los primeros molares erupcionan inclinadas lingualmente y no se enderezan totalmente hasta la época de erupción de los segundos molares. A medida que se enderezan los primeros molares, causan un aumento en el ancho bipolar pero este no es un aumento en el diámetro de la mandíbula misma. Además, ambos primeros molares se mueven hacia adelante en la etapa del crecimiento mesial tardío para suprimir cualquier espacio extra remanente y asumir así un diámetro más angosto a lo largo del arco convergente.<sup>5,6</sup>

Las medidas de la distancia transversal de los arcos dentales son importantes durante el desarrollo de la dentición para el diagnóstico y manejo de las maloclusiones. Se ha visto una estrecha afinidad entre la presencia o no de maloclusiones con los cambios de las dimensiones y la forma del arco.<sup>6</sup>

#### **IV.2 Etiología de la maloclusión**

De acuerdo a Grabar<sup>6</sup>, los factores etiológicos de la maloclusión se dividen en:

Factores generales: herencia; defectos congénitos; medio ambiente; problemas nutricionales; hábitos de presión anormales y aberraciones funcionales; postura; trauma y accidentes.<sup>6,7</sup>

Factores locales: Anomalías de número de dientes, dientes supernumerarios, ausencias congénitas; anomalías en el tamaño de dientes; anomalías en la forma de los dientes; frenillo labial anormal, barreras mucosas; pérdida prematura de dientes; retención prolongada de dientes; brote tardío de los dientes; vía de brote anormal; anquilosis; caries dental; restauraciones dentales inadecuadas.<sup>6,7</sup>



#### IV.2.1 Definición de maloclusión

La maloclusión, según Angle, es la perversión del crecimiento y desarrollo normal de la dentadura.<sup>6</sup> La primera clasificación ortodóntica de maloclusión fue presentada por Edward Angle en 1899, la cual es importante hasta nuestros días, ya que es sencilla, práctica y ofrece una visión inmediata del tipo de maloclusión a la que se refiere. La clasificación de Angle fue basada en la hipótesis de que el primer molar y canino son los dientes más estables de la dentición y la referencia de la oclusión.<sup>7</sup>

Medir sobre los modelos de estudio es más exacto que medir directamente en boca, ya que sobre los modelos de estudio en yeso es más fácil determinar la longitud de la arcada y encontrar la discrepancia entre la longitud de la arcada y el tamaño de los dientes. La discrepancia tal y como la mencionamos no es más que la diferencia entre el espacio que se necesita, representado por la suma del diámetro mesio-distal de los dientes y la longitud del arco.<sup>7</sup>

La evaluación de modelos se realiza bajo tres perspectivas diferentes: transversal, vertical y sagital. Así mismo, existen índices, que considerando las mediciones obtenidas en modelos de grandes grupos poblacionales, permiten inferir estadísticamente el tamaño aproximado tanto de algunos dientes permanentes no erupcionados, como de las dimensiones de las arcadas.<sup>7</sup>

Existe una cierta relación entre la longitud de la arcada dentaria, su longitud y el material dental mesio distal del diámetro de la corona clínica, definida por diversos autores como índices. Para realizar el análisis óseo dentario es necesario determinar el espacio disponible y el espacio requerido. El espacio requerido es la suma del ancho mesio distal de todos los dientes anteriores en ambas arcadas.<sup>7</sup>

El espacio disponible se realiza con la medición de la longitud del arco iniciando en mesial del primer molar al contralateral, esto puede hacerse de dos formas: al medir el arco dental por segmentos, y la otra forma medir con un filamento de latón sobre la superficie oclusal en los puntos de contacto.<sup>7</sup>

La diferencia entre el espacio disponible y el espacio requerido dará el grado de apiñamiento de cada paciente, teniendo un valor negativo sabemos que existe una falta de espacio para el acomodo de los dientes, si el valor es menor de los cuatro milímetros se podría hacer



desgastes interproximales y expansión de las bases óseas y si el espacio es mayor a más de 6 milímetros se pensara en un tratamiento de extracciones dentales o en tratamientos ortodóncico quirúrgicos; Los valores positivos nos darán en consecuencia una reserva de espacio. Es muy importante verificar el ancho mesio distal de los dientes para calcular la discrepancia óseo dentaria y poder determinar el grado de apiñamiento.<sup>6,7</sup>

### **IV.3 Discrepancia en la longitud del arco**

#### **IV.3.1 Tamaño de los dientes**

Los dientes, como los individuos, varían en tamaño. Una persona grande generalmente posee manos grandes, pies grandes y cabeza grande, pero no existe la misma relación en lo que se refiere a los dientes. El tamaño de los dientes no parece estar ligado a la estatura.<sup>8</sup> Sin embargo parece estar ligado al sexo, ya que los hombres parece que tienen dientes más grandes que las mujeres. Normalmente, el incisivo central superior de un paciente joven y pequeño es demasiado grande para el rostro. Si el incisivo es más grande, los dientes restantes serán más grandes de lo normal, pero no en todos los casos.<sup>8</sup>

Aunque no exista una relación marcada entre el tamaño de los dientes y el tamaño de los individuos, también parece que en ocasiones no existe correlación entre los dientes y el tamaño de los maxilares. Los incisivos parecen demasiado grandes para la fisonomía; sin embargo recordemos que aunque los dientes no cambian de tamaño después de hacer erupción, un niño de 8 años, aún tiene 8 años de crecimiento de la cara por delante, especialmente en altura de la cara.<sup>8</sup>

También factores hereditarios complicados se encuentran relacionados con el tamaño de los dientes, y no es posible definir todos los motivos de la discrepancia. Es muy posible heredar el tamaño de los dientes de uno de los padres y el tamaño del maxilar del otro. Por supuesto, algunos rasgos pueden heredarse, y parece que la relación morfológica de los dientes también está relacionada. Los dientes grandes y los maxilares pequeños o los dientes pequeños y los maxilares grandes pueden provocar maloclusión.<sup>8</sup>



#### IV.4. Alteraciones transversales

Las maloclusiones transversales son la alteración de la correcta oclusión de las cúspides palatinas de premolares y molares del maxilar superior con las fosas de premolares y molares inferiores en el plano transversal.<sup>9</sup>

Se conoce como maloclusiones transversales a las alteraciones de la oclusión en el plano horizontal o transversal. Esta anomalía es independiente de la relación intermaxilar que exista en los planos sagital y vertical, por lo que se pueden encontrar maloclusiones transversales con una relación dental y esquelética de Clase I, Clase II o Clase III y también con un grado normal de sobremordida, una mordida abierta anterior o una sobremordida profunda.<sup>9</sup>

##### IV.4.1 Maloclusiones transversales

Hay dos tipos de maloclusiones transversales: la mordida cruzada posterior y la mordida en tijera o telescópica.<sup>10</sup> (Figura IV.1.1)

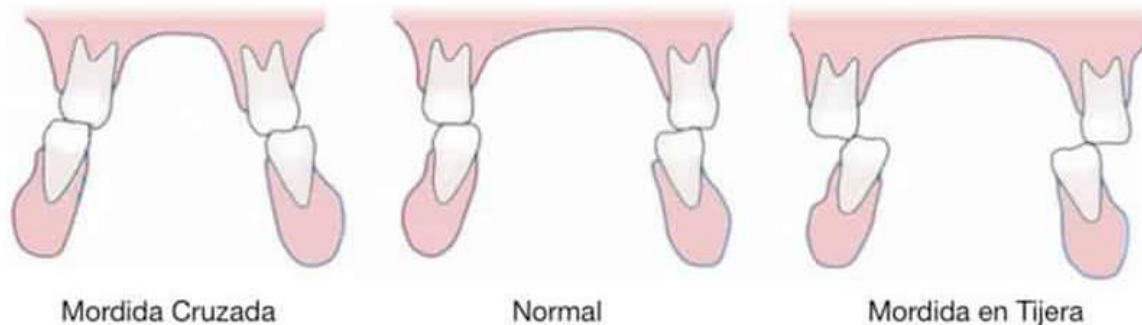


Figura IV.1.1- Esquema de los dos tipos de maloclusión transversal: la mordida cruzada posterior y la mordida en tijera. Tomado de: Moore L. Keith (2018).<sup>1</sup>

Se habla de mordida cruzada posterior cuando son las cúspides vestibulares de los premolares y molares superiores las que ocluyen en las fosas de los premolares y molares inferiores. Los dientes inferiores desbordan lateralmente a los superiores. También se la conoce como oclusión cruzada posterior lingual.<sup>10</sup>

La mordida en telescópica se produce cuando las caras palatinas de los molares y premolares superiores contactan con las caras vestibulares de los dientes inferiores. En esta relación no existe una oclusión cúspide fosa. También se conoce como oclusión cruzada





posterior vestibular o bucal. Las anomalías transversales pueden afectar a ambas hemiarcadas, bilaterales, a una hemiarcada unilaterales derecha o izquierda.<sup>10</sup>

Mordida telescópica: Maloclusión transversal en la cual las cúspides palatinas de molares y premolares superiores contactan con las cúspides vestibulares inferiores.<sup>10</sup>

Según varios estudios en Latinoamérica, la prevalencia de mordida cruzada en la población general está entre el 1 y el 23% dependiendo del grupo étnico.<sup>11</sup>

Las mordidas en tijera que afectan a más de un diente son muy poco frecuentes. Los factores etiológicos de las maloclusiones transversales pueden ser genéticos, ambientales o funcionales.<sup>10</sup>

#### **IV.4.2 Mordida cruzada posterior**

Es aquella situación en que las cúspides vestibulares de molares y premolares superiores ocluyen en las fosas de molares y premolares inferiores. Esto puede darse de forma unilateral o bilateral. Cabe destacar que no todas las mordidas cruzadas tienen paladar estrecho y no todo paladar de forma ojival se acompaña de mordida cruzada. Esta maloclusión es la más frecuente, ya que la sufren del 8 al 16% de la población general. Puede ser una alteración esquelética, alveolo dentario o dental.<sup>11</sup>

#### **IV.4.3 Mordida cruzada posterior bilateral**

Hay distintos factores generales que la pueden provocar: Déficit de desarrollo maxilar o hipoplasia del maxilar, exceso de desarrollo mandibular o hiperplasia mandibular, una combinación de los anteriores, un patrón muscular u otros motivos como escoliosis, paladar fisurado, etc. Los que la padecen suelen tener algunos malos hábitos como la respiración oral, la deglución atípica y los hábitos de succión. El control de los hábitos y la expansión maxilar bilateral y simétrica serán parte del tratamiento a seguir para solucionar este tipo de maloclusión.<sup>11</sup>

#### **IV.4.4 Mordida cruzada posterior unilateral**

Se trata de una de las maloclusiones más frecuente, tiene una incidencia en dentición temporal del 7 al 17%. Se puede deber a factores dentales piezas superiores inclinadas a palatino, inferiores a vestibular, a nivel esqueléticos con asimetría del maxilar con



laterognacia mandibular o funcionales, contracción maxilar bilateral o interposición de incisivos laterales o caninos superiores por palatino.<sup>11</sup>

#### **IV.4.5 Mordida telescópica**

En esta alteración las caras palatinas de molares y premolares superiores están en contacto con las caras vestibulares de los inferiores. Hay tres tipos distintos: la bilateral o síndrome de Brodie es la mordida en tijera bilateral donde la arcada superior cubre totalmente a la inferior, la unilateral, o la de una sola pieza la más frecuente, casi siempre de origen dental.<sup>10</sup>

#### **IV.4.6 Diagnóstico de alteraciones transversales**

Los ortodoncistas han reconocido que las deficiencias transversales maxilares son un componente importante de muchas maloclusiones. El tratamiento de las deficiencias transversales tiene como objetivo reducir los posibles problemas periodontales y mejorar la estabilidad dental y esquelética, así como la estética de la sonrisa.<sup>13</sup>

Para el diagnóstico de los problemas transversales existen varios índices que determinan el tamaño ideal del maxilar, por ejemplo el Dr. Strang y Thompson relacionaron la forma del arco dental con la forma del cráneo y de los dientes.<sup>14</sup>

En los cráneos braquicefálicos las arcadas son anchas al igual que los dientes, y en los cráneos dolicocefálicos el paladar es estrecho y los dientes y arcos son alargados. El análisis de Korkhaus considera la longitud anteroposterior del arco representada por la distancia entre los puntos de contacto de los incisivos centrales superiores y un punto que se ubica en el centro de la fisura maxilar a nivel de los premolares y a nivel de los molares. El índice de Ashley Howe relaciona los dientes anteriores con los segundos molares y primeros premolares. El índice de Mayoral tiene normas a nivel de primer premolar 35mm, segundo premolar 41mm y 47mm. El índice de Pont, el cual se basa en la suma mesio distal de los incisivos superiores; y el índice de Linder Harth que es una variación de la ecuación de Pont.<sup>15,16</sup>

Con las imágenes tridimensionales (3D) emergiendo como una modalidad de diagnóstico factible para uso clínico en ortodoncia, las mejoras en la utilización de imágenes de tomografía computarizada de haz cónico (CBCT) para diagnosticar deficiencias



transversales maxilares pueden ser útiles. Dado que las imágenes en 3D no se ven afectadas por las limitaciones técnicas asociadas con los cefalogramas posteroanteriores 2D, el uso de esta tecnología ha demostrado hasta ahora una variabilidad significativamente menor y una mayor reproducibilidad de las mediciones transversales en imágenes de cefalogramas posteroanteriores construidas con CBCT, en comparación con el de los cefalogramas posteroanteriores 2D convencional.<sup>17</sup>

#### **IV.4.7 Dimensiones transversales**

Con relación al incremento en anchura de los arcos dentarios hay hechos importantes que considerar: El incremento depende básicamente del crecimiento de los procesos alveolares conjuntamente con la erupción dentaria.<sup>16</sup>

El aumento en la dimensión está estrechamente relacionado con el desarrollo dentario y menos con el crecimiento esquelético. Las diferencias anatómicas relacionadas con la orientación de los procesos alveolares.<sup>16</sup>

Uno de los problemas de la valoración clínica es que se basa en coronas dentales, sin tener en cuenta la inclinación vestibulolingual de las raíces, lo que puede camuflar la verdadera deficiencia esquelética transversal.<sup>17</sup> Puede haber cambios mínimos en los tejidos blandos asociados con una deficiencia transversal maxilar que incluye vaciado paranasal, una base nasal estrecha, pliegues nasolabiales más profundos e hipoplasia cigomática. Por lo tanto, las hipoplasias maxilares anteroposterior y vertical son mucho más fáciles de diagnosticar clínicamente debido a los cambios observables en los tejidos blandos. Cuando existen displasias maxilares anteroposterior y vertical, pueden enmascarar clínicamente una deficiencia transversal, lo que hace que la evaluación clínica por sí sola sea inadecuada para el diagnóstico de discrepancias esqueléticas transversales.<sup>17-18</sup> (Figura IV.1.2)

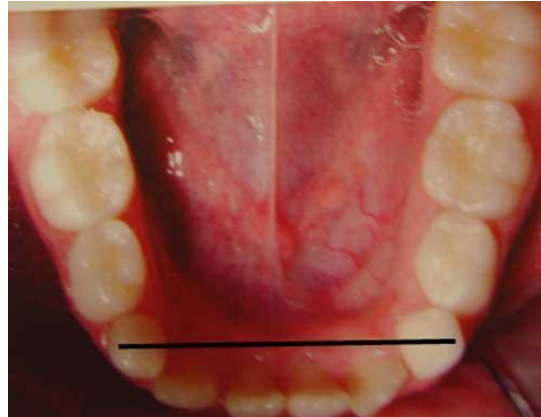


Figura IV.1.2.- Esquema de una arcada inferior, sin apiñamiento donde se observa con la línea horizontal el ancho intercanino transversalmente, esta va denotar una referencia para la medición. Fuente propia.

#### IV.4.8 Índice de Little

Existe una variedad de métodos para diagnosticar maloclusiones en ortodoncia. Uno de estos métodos es el índice de irregularidad de Little, que se utiliza como medida del apiñamiento del arco anterior. Su valor es la suma de las distancias de los puntos de contacto de los dientes a lo largo del eje oclusal. Las posiciones de los contactos pueden reflejar irregularidades de desplazamiento y rotación. El grado de apiñamiento viene indicado por un mayor desplazamiento entre los puntos de contacto. Una comparación de mediciones entre escaneos 3D de impresiones e imágenes CBCT utilizando el índice de irregularidad de Little podría proporcionar una nueva perspectiva sobre la precisión y confiabilidad dentro del formato digital. Los ortodontistas también suelen utilizar otras medidas durante el diagnóstico de ortodoncia de rutina, dos de las cuales son la sobremordida horizontal y vertical. La distancia de sobremordida es la distancia vertical máxima entre la parte superior del incisivo central mandibular de un paciente y la parte inferior del incisivo superior. La distancia horizontal es la distancia horizontal máxima entre estos dos dientes. El método tradicional de evaluación de estas medidas es mediante modelos de estudio de yeso y / o modelos digitales.<sup>14</sup>

#### IV.5. Ortodoncia Digital

Durante las últimas dos décadas se introdujeron enormes mejoras en el diagnóstico médico, las herramientas de enseñanza, las modalidades de tratamiento y las técnicas quirúrgicas.<sup>19</sup> La tecnología digital comenzó a abrirse camino en los consultorios dentales y de ortodoncia con la introducción de la programación computarizada en 1974.<sup>18</sup> Desde entonces y durante los últimos treinta años, la mayoría de los consultorios en las prácticas se han desplazado hacia tomar fotografías digitales y sin el uso del papel.



Las exploraciones intraorales y la radiografía tridimensional están reemplazando rápidamente a los modelos de estudio y la radiografía bidimensional.<sup>20</sup>

Hoy en día, la tecnología digital ha tocado todos los aspectos del tratamiento de ortodoncia y no solo la recopilación y el mantenimiento de registros. Ahora es un lugar común para realizar la planificación del tratamiento virtual, así como traducir los planes en la ejecución del tratamiento con la fabricación y colocación de aparatos controlados digitalmente utilizando varias técnicas CAD / CAM, desde modelos impresos, bandejas de unión indirecta y soportes hechos a medida hasta alambres doblados robóticamente. Además, también es posible monitorear el tratamiento y controlarlo de forma remota.<sup>21</sup>

Los escáneres intraorales ahora han reemplazado en gran medida las impresiones y los modelos de estudio. Los escaneos se consideran precisos, si no más, que los modelos de yeso.<sup>22</sup> El proceso de exploración es más cómodo para los pacientes, especialmente con el reflejo nauseoso reducido. Se almacenan fácilmente y también se comparten con cualquier laboratorio dental en cualquier parte del mundo a través de Internet sin necesidad de empaquetar y enviar impresiones. Esto también elimina dos posibles fuentes de error y variabilidad del material en la toma de impresión y manipulación y vertido y manipulación de modelos de yeso.<sup>22-24</sup>

Además, los modelos están disponibles inmediatamente en el sillón para su análisis y visualización. Por ello es más rápido y más preciso someterse al análisis del modelo de estudio y calcular con precisión cosas como la discrepancia del tamaño de los dientes el de Bolton de una manera rápida y más precisa en comparación con los modelos de yeso.<sup>22,23</sup> Además, los modelos también se pueden utilizar en varias plataformas de software de ortodoncia para permitir al ortodoncista realizar planes de tratamiento virtuales y explorar varios planes de tratamiento en cuestión de minutos en lugar de configuraciones de diagnóstico y encerados costosos y que consumen mucho tiempo.<sup>24</sup>

La realización de configuraciones digitales no solo permite al médico explorar una serie de opciones de tratamiento de una manera simple, sino que también facilita una mejor comunicación con otros profesionales dentales.<sup>25</sup> La planificación del tratamiento virtual

también permite una mejor comunicación con los pacientes y les permite visualizar el resultado del tratamiento y comprender el proceso de tratamiento.

La radiografía tridimensional en forma de (tomografía computarizada de haz cónico) CBCT también está reemplazando gradualmente la radiografía bidimensional convencional, especialmente a medida que las dosis de radiación de estas exploraciones son cada vez más bajas.<sup>25</sup> (Figura IV.1.3)

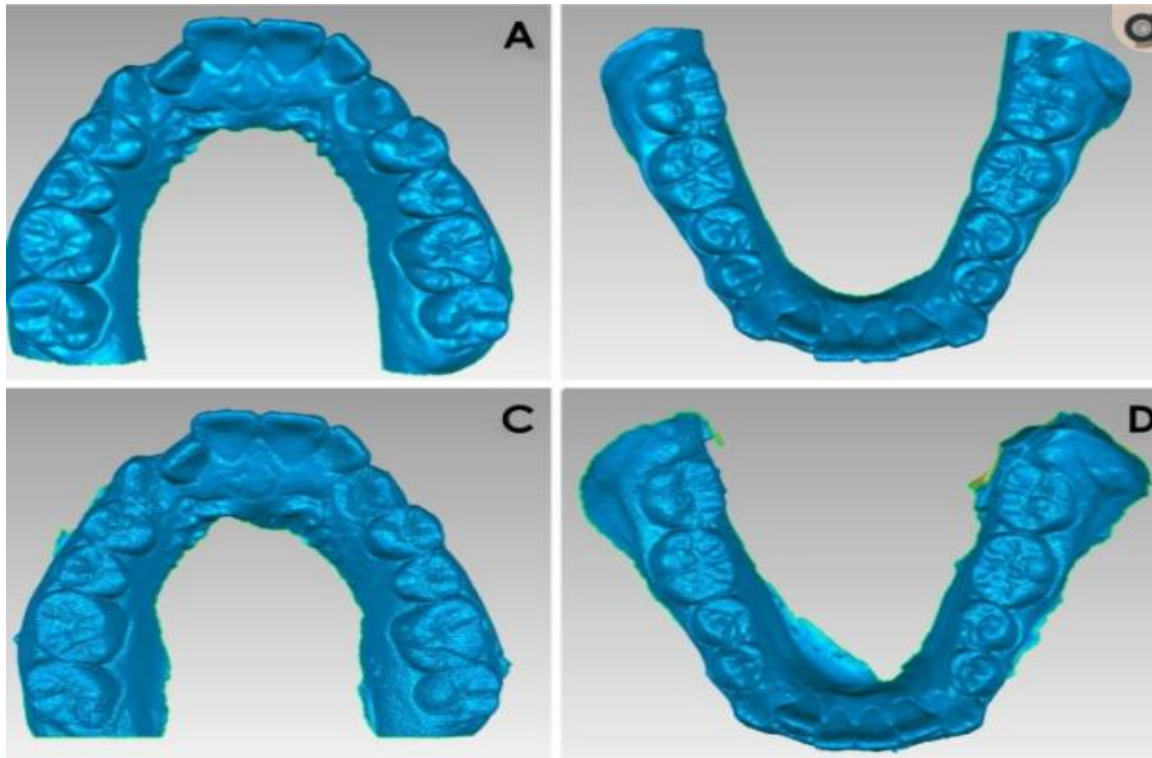


Figura IV.1.3. Ejemplo de modelos digitales tridimensionales de los modelos de yeso utilizando un escáner de modelos (A y B) y tomografía computarizada de haz cónico (C y D), respectivamente. Tomado de: Jin-Yi Park (2019)<sup>57</sup>.

Las ventajas de los CBCT (tomografía computarizada de haz cónico) en el diagnóstico no se pueden enfatizar demasiado, especialmente en casos con problemas de erupción, problemas de ATM, casos de cirugía ortognática compleja, para localizar y diagnosticar estructuras patológicas maxilofaciales, proximidades radiculares, reabsorción radicular y dientes impactados.<sup>26</sup> La capacidad de evaluar de manera rápida y precisa la posición y el estado de los dientes y huesos en las tres dimensiones es invaluable para un diagnóstico y una planificación del tratamiento precisos.



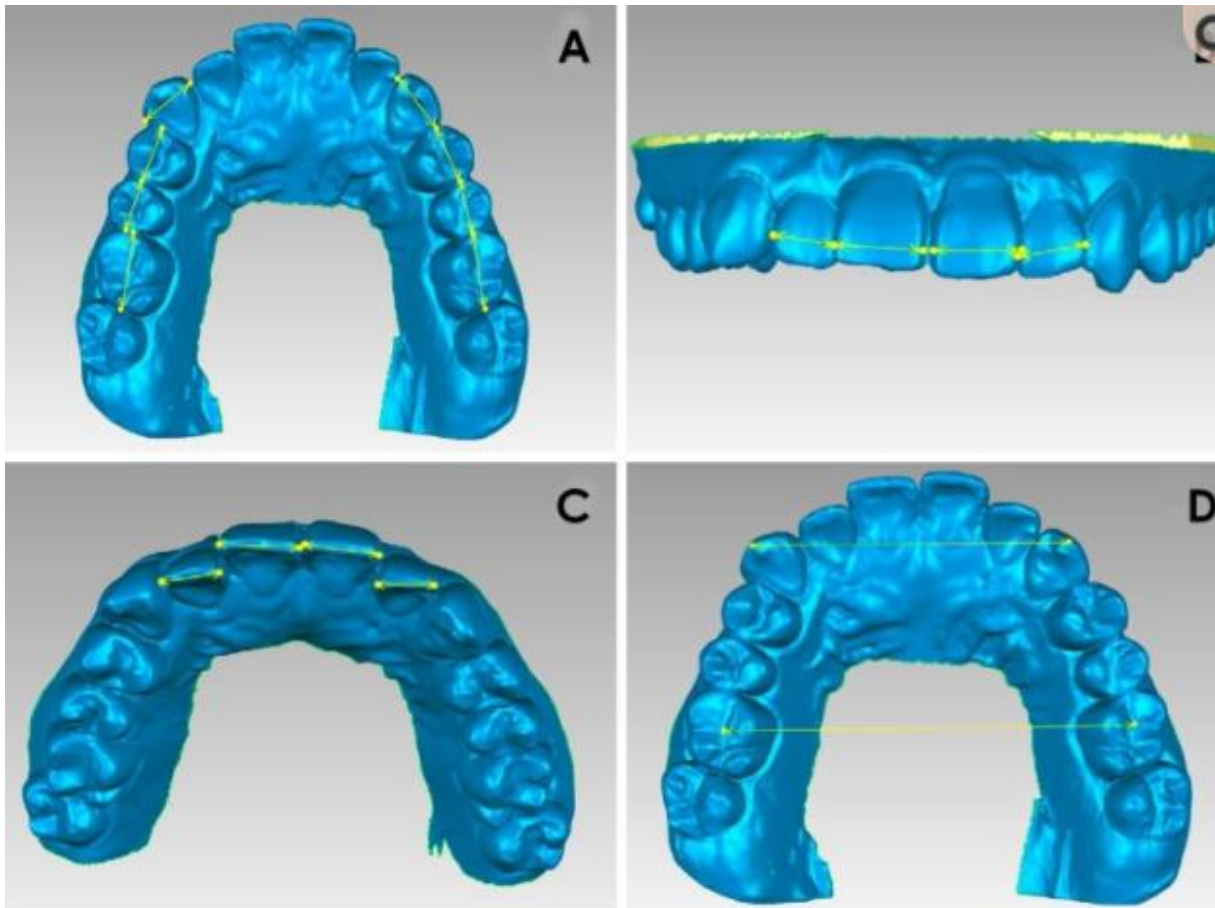


Figura IV.1.4.- Ejemplo de mediciones lineales del ancho de los dientes (A, B y C) y del arco (D) en los modelos digitales. Tomado de: Jin-Yi Park (2019)<sup>57</sup>.

Al introducir la fotografía facial en 3D a los modelos de estudio digital y CBCT (tomografía computarizada de haz cónico), ahora es posible tener una representación virtual tridimensional completa del paciente.<sup>25-26</sup> Ahora hay disponibles varias plataformas de software que combinan el escaneo intraoral con escaneos CBCT (tomografía computarizada de haz cónico) de datos de tejido duro y fotografías faciales en 3D. Además, también es posible agregar función con movimientos mandibulares y sonreír para tener una representación completa del paciente de ortodoncia.<sup>25-28</sup> (Figura IV.1.4)

La naturaleza digital de estos registros permite una colaboración fácil y rápida entre varios profesionales y laboratorios. Además, los modelos virtuales se pueden utilizar para simular varios efectos de tratamiento, cambios faciales en tiempo real y realizar una serie de mediciones lineales y volumétricas.<sup>24</sup>



La planificación virtual del tratamiento supone una gran ventaja para los casos quirúrgicos en los que no solo es posible realizar un diagnóstico más preciso, sino que también permite la visualización de cambios óseos y de tejidos blandos.<sup>28</sup> Esto se puede traducir en la fabricación e impresión directa de férulas quirúrgicas para obtener resultados quirúrgicos precisos.<sup>29</sup>

La combinación de escaneos intraorales y datos CBCT (tomografía computarizada de haz cónico) permite la producción de guías de inserción de implantes utilizando tecnología CAD / CAM para asegurar la colocación de los TAD en las mejores ubicaciones posibles.<sup>29</sup>

Los modelos dentales son fundamentales para realizar análisis dentales. Las características como el tamaño del diente, el resalte, la sobremordida, el apiñamiento y la discrepancia del arco son fundamentales para el diagnóstico y para obtener resultados exitosos del tratamiento. Además, son relevantes para uso educativo, sirven como documentación para la investigación en ortodoncia y representan el documento legal.<sup>23-25</sup>

El avance tecnológico ha permitido la producción de modelos dentales en formato digital, lo que afecta a las clínicas de ortodoncia por la tendencia actual a sustituir los modelos de yeso por modelos digitales tridimensionales (3D).<sup>30-31</sup>

Desde la introducción de los modelos digitales en 1990, se han realizado estudios extensivamente para investigar modelos obtenidos por escaneo láser, escaneo holográfico, estereofotogrametría, escaneo intraoral y, más recientemente, CBCT.<sup>24</sup>

Varias empresas ofrecen ahora modelos de estudio virtuales. Las empresas proporcionan software patentado para el análisis de modelos virtuales, lo que proporciona al médico herramientas valiosas para casi cualquier aplicación. La capacidad de los modelos virtuales en 3D para representar la dentición del paciente con precisión y la validez y reproducibilidad de las mediciones en estos modelos se han estudiado ampliamente. La precisión demostró ser suficiente para uso clínico pero inferior a las mediciones obtenidas de modelos de yeso con calibradores digitales, que por lo tanto deben ser preferible para trabajos científicos.<sup>30-31</sup>

#### **IV.5.1 Modelos digitales**

El uso de modelos digitales tan diferentes se ha incrementado debido a sus ventajas sobre los modelos de yeso. No son susceptibles de daño físico o degradación, el archivo digital



facilita la comunicación entre profesionales y con pacientes, y elimina la necesidad y costo de espacio físico para almacenarlos.<sup>25</sup>

También es posible realizar configuraciones virtuales para simular los resultados del tratamiento de ortodoncia; aplican pruebas ordinales de medidas cualitativas, como los índices o escalas de ortodoncia, superponer imágenes para seguir el progreso y monitorear los resultados del tratamiento.<sup>30</sup> (Figura IV.1.5)

Los modelos digitales se pueden almacenar electrónicamente; esto reduce el espacio de almacenamiento y el riesgo de daños. Además, los modelos digitales se pueden compartir fácilmente a través de una red. Se puede obtener una copia del modelo digital en un segundo sitio por un costo mínimo o nulo. Sin embargo, una falla en la computadora puede significar que los modelos sean inaccesibles temporalmente o para siempre.<sup>28</sup>

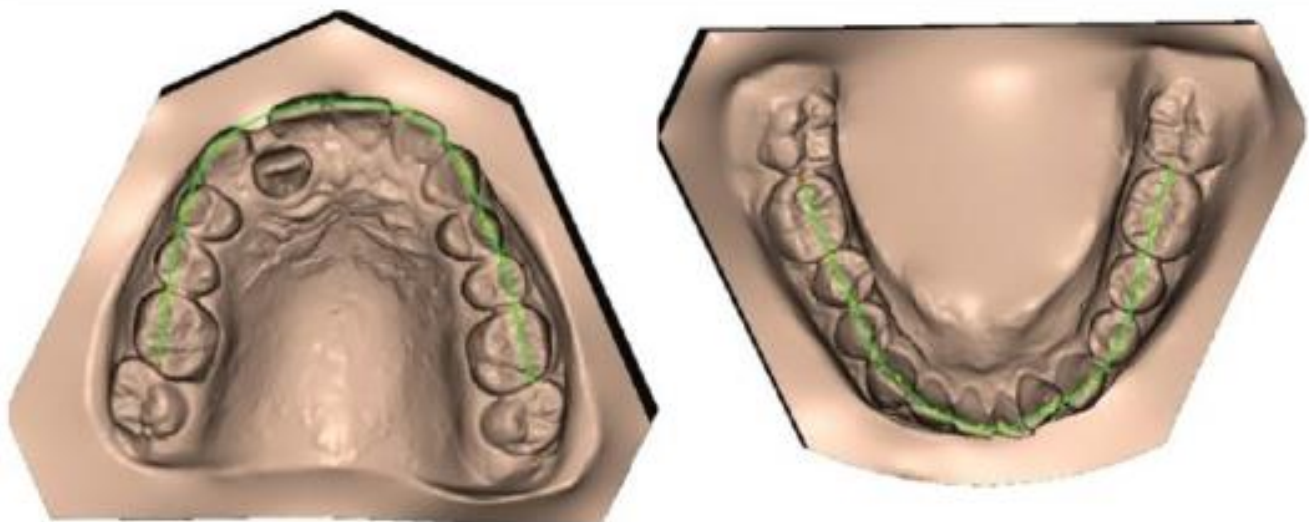


Figura IV.1.5 Medición del perímetro del arco en modelos digitales de estudio maxilar y mandibular. Tomado de: Raj Kumar Verma (2019).<sup>27</sup>

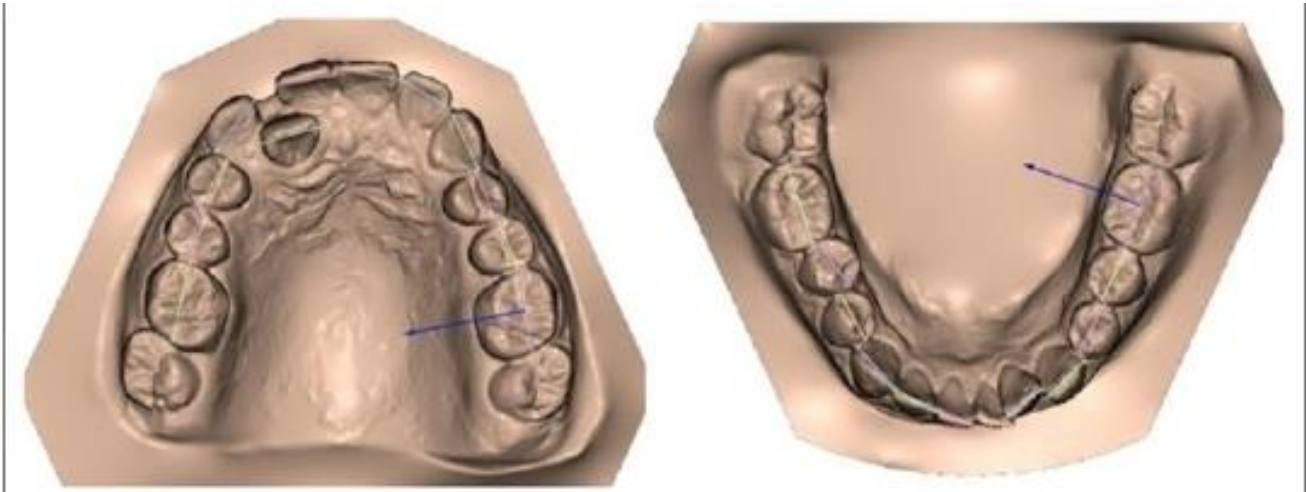


Figura IV.1.6.- Medición del ancho mesiodistal en modelos digitales de estudio maxilar y mandibular. Tomado de: Raj Kumar Verma (2019).<sup>27</sup>

Los modelos digitales se pueden crear mediante, el método directo para la creación de modelos virtuales es el escaneo directo de la dentición con un escáner intraoral utilizando luz estructurada o datos radiográficos como el cálculo de haz cónico tomografía (CBCT), resonancia magnética para imágenes, tomografía computarizada. Los modelos dentales virtuales derivados de CBCT tienen datos radiográficos. Un método indirecto, requiere pasos adicionales, como la impresión y el vertido de los modelos en yeso, antes de que se capture en un formato digital.<sup>31-32</sup> El escaneo de una impresión o yeso se puede realizar mediante láser, luz estructurada o incluso métodos radiográficos como OrthoCAD, diseño asistido por computadora / fabricación asistida por computadora (CAD / CAM).<sup>30</sup> (Figura IV.1.6)

Las principales desventajas de los modelos digitales son que su adquisición depende de una tecnología de alto costo, aunque en rápida evolución, y tiene limitaciones relacionadas con la seguridad y privacidad, así como con el riesgo de pérdida de información archivada electrónicamente.

#### IV.5.2 Tomografía Computarizada (TC)

La tomografía computarizada (TC) se puede conceptualizar como un método de diagnóstico por imágenes que utiliza radiación x y permite reproducir una sección del cuerpo humano en cualquier plano del espacio. A diferencia de las radiografías convencionales, que se proyectan en todas las estructuras atravesadas por rayos X en un solo plano, la TC muestra las relaciones estructurales en profundidad.<sup>32</sup>

La tomografía computarizada convencional se concibió en el 1970 y su evolución dio lugar a la tomografía computarizada helicoidal. A finales de los 90, salió una tomografía



computarizada más pequeña y menos costosa en comparación con la TC convencional, se desarrolló especialmente para el examen de la región dento maxilofacial. También llamada tomografía computarizada de haz cónico (CBCT) debido al haz de rayos X en forma cónica.<sup>33</sup> La dosis de radiación efectiva de CBCT es considerablemente reducida en comparación con la TC helicoidal. En la tomografía computarizada Cone Beam (TCCB), el sistema detector de tubo realiza solo una vuelta de 360 grados alrededor de la cabeza del paciente y en cada grado de rotación dado generalmente cada 1 grado, el dispositivo adquiere una imagen base del cráneo muy similar a una telerradiografía, desde diferentes perspectivas.<sup>34-35</sup> Estas salidas secuenciales se denominan imágenes de base. Al final del examen, la computadora acoplada al dispositivo reconstruye estas diversas imágenes bidimensionales con el fin de generar una imagen tridimensional de la cara del paciente, ya sea cilíndrica o cuboides. La transformación de la imagen bidimensional en una imagen tridimensional es realizada por cálculo matemático de algoritmos en el software de tomografía. El campo de visión (FOV-Field of View) representa la dimensión vertical de la cara incluida en el examen y puede variar de 5 a 22 cm.<sup>34-35</sup>

La resolución de la imagen está determinada por el tamaño del vóxel, la unidad más pequeña de la imagen tridimensional, que puede variar de 0,125 a 0,4 mm.<sup>34</sup>

Se pueden ver cortes secuenciales en los tres planos ortogonales: axial, coronal y sagital. Además de la reconstrucción multiplanar, La Tomografía Computarizada Cone Beam (TCCB) le permite ver la reconstrucciones sagitales o secciones transversales que representan cortes vestibulolingual, perpendicular al contorno del arco dentario. Los cortes sagitales muestran la altura y el grosor de las placas óseas bucales y linguales, estructuras ocultas en radiografías convencionales debido a la superposición de imágenes. Estos cortes también pueden exponer regiones de dehiscencia y fenestraciones óseas. Además, los cortes sagitales indican las inclinaciones dentales, así como la inclinación y el grosor de la cresta alveolar y la sínfisis ósea.<sup>35-36</sup>

Los programas de tomografía computarizada Cone Beam (TCCB) también reconstruyen la imagen en tres dimensiones. En la reconstrucción 3D, es como si el tejido blando se volviera transparente, lo que permite la visualización directa del esqueleto del paciente. La Tomografía Computarizada Cone Beam (TCCB) todavía presenta un recurso muy valioso para la ortodoncia. Algún software que maneja imágenes TCCB le permite generar imágenes bidimensionales, réplicas de radiografías convencionales utilizadas en odontología, como radiografía telerradiografías panorámicas, laterales y frontales.



Esta función se denomina reconstrucción multiplanar de volumen y constituye una ventaja importante de la tomografía de haz cónico. La radiografía lateral se reconstruye aumentando el grosor de un corte sagital, de modo que abarque todo el ancho de la cara y pueda ser utilizado para realizar cefalometría convencional.<sup>35-36</sup>

Por lo tanto, la tomografía computarizada de haz cónico proporciona a los ortodoncistas la capacidad, en un solo examen, obtener todas las imágenes principales de dientes convencionales que componen la documentación de ortodoncia añadida a la vista tridimensional detallada de las estructuras dento faciales.

A pesar de todas estas ventajas, La Tomografía Computarizada Cone Beam (TCCB) presenta el inconveniente de exponer al paciente a una dosis más alta de radiación, en comparación con las radiografías convencional.<sup>30</sup>

Actualmente, la indicación se basa más en el sentido común clínico que en los estándares basados en evidencia.

La tomografía computarizada representa una herramienta interesante para investigación al permitir la evaluación de la cara, el hueso alveolar, los dientes y las vías aéreas de forma tridimensional. Tanto la tomografía computarizada de trabajo helicoidal como la cónica mostraron exactitud y precisión para las evaluaciones. Además, son más sensibles y específicos que los rayos X tradicionales para estimar la calidad.<sup>30</sup>

#### **IV.5.3 Tomografía computarizada de haz cónico (CBCT) o Cone Beam (TCCB)**

La introducción de la tomografía computarizada de haz cónico (CBCT) a finales de la década de 1990 supuso un gran avance en el diagnóstico de ortodoncia por medio de imágenes.<sup>24</sup>

La tomografía computarizada médica se ha utilizado para la obtención de imágenes craneofaciales desde sus inicios, pero no se hizo popular hasta que se desarrollaron escáneres con mayor resolución y grosores de corte de 2 mm a principios de la década de 1980. Los escáneres CBCT craneofaciales adecuados se desarrollaron a finales de la década de 1990 y se comercializaron poco después. Estos escáneres son 3D en la adquisición de imágenes y ofrecen imágenes utilizables de sistemas que son lo suficientemente compactos y económicos para ser instalados en clínicas y consultorios privados dentales, de cirugía oral y ortodoncia. Con estos escáneres CBCT craneofaciales especiales de baja dosis, comenzó la era de las imágenes digitales 3D en odontología.<sup>35-37</sup>

El CBCT (tomografía computarizada de haz cónico), desarrollado específicamente para la región maxilofacial, ofrece numerosas aplicaciones clínicas, desde el posicionamiento de



implantes dentales hasta el estudio del sistema respiratorio. Además, proporciona una mayor resolución espacial de imágenes de alta calidad, mediante escaneos más cortos y con menos radiación que la tomografía computarizada convencional.<sup>34</sup>

Es ampliamente utilizada por los ortodoncistas para obtener imágenes tridimensionales (3-D) de sus pacientes. Esto es valioso ya que la maloclusión resulta de discrepancias en los tres planos del espacio.

En el campo de la ortodoncia, CBCT nos permite acometer un diagnóstico más preciso, al aportar información sobre las tres dimensiones de las estructuras orofaciales y sustituir las radiografías bidimensionales (2D). Además, podemos obtener imágenes tridimensionales de dientes que luego se pueden medir; mediciones que tradicionalmente se hacían a mano sobre modelos de estudio de yeso.<sup>36</sup>

Esta tecnología se basó en un haz de rayos X en forma de cono dirigido a un detector plano bidimensional (2D). Como ambos giran alrededor de la cabeza del paciente, se generaron una serie de imágenes 2D. Posteriormente, el software reconstruye las imágenes en un conjunto de datos tridimensionales (3D) utilizando un algoritmo especializado.<sup>37</sup> A medida que los modelos digitales se están volviendo comunes, es necesario realizar una investigación para evaluar su precisión en la medición del análisis del tamaño de los dientes. La técnica CBCT (tomografía computarizada de haz cónico) permite una adquisición de datos más rápida que la TC (tomografía computarizada) tradicional. Hay un software sofisticado disponible para cada unidad que permite el procesamiento y la medición de imágenes. Se han publicado muchos artículos sobre los usos y beneficios de CBCT.<sup>38</sup> Con una gama versátil de aplicaciones en las especialidades dentales, CBCT (tomografía computarizada de haz cónico) se está convirtiendo en una valiosa ayuda para el diagnóstico y la planificación del tratamiento.<sup>34</sup> Debido a que es una nueva tecnología, se puede esperar ver más artículos sobre nuevas aplicaciones y beneficios pronto. La ortodoncia ya ha experimentado los beneficios de CBCT (tomografía computarizada de haz cónico), y aún quedan más por venir.

Hasta ahora, en ortodoncia, las imágenes CBCT se han utilizado predominantemente para recopilar información cualitativa. Para maximizar la cantidad de información de diagnóstico que se puede obtener de un escaneo volumétrico, es necesario generar también información cuantitativa.<sup>36</sup>





Aunque las denticiones se han escaneado muchas veces, nunca se ha intentado comparar las medidas del arco dental de los maxilares escaneados con las medidas de la verdad anatómica: los dientes reales. Dado que es posible separar los dientes y también segmentarlos del hueso, se pueden crear volúmenes dentales en 3D a partir de un escáner CBCT (tomografía computarizada de haz cónico) en el que es técnicamente posible realizar mediciones de la arcada dental. Hasta ahora, ningún estudio ha investigado la precisión de las medidas dentales lineales generadas en las exploraciones CBCT en comparación con las dimensiones anatómicas reales.<sup>32-33</sup>

Esto se debe, entre otras cosas, a distorsiones oclusales en modelos dentales, generados a partir de la exploración CBCT y las limitaciones asociadas con las personas sometidas a este examen.<sup>33</sup>

Otras ventajas en su aplicación Se ha encontrado que la TC es una prueba rápida de realizar y está ampliamente disponible en la mayoría de los hospitales de mediana y alta complejidad. Una ventaja importante de la TC es su capacidad de obtener imágenes de huesos, tejidos blandos y vasos sanguíneos al mismo tiempo. A diferencia de los rayos X convencionales, la exploración por TC brinda imágenes detalladas de numerosos tipos de tejido así como también de los pulmones, huesos y vasos sanguíneos.<sup>34</sup>

Los exámenes por TCCB son rápidos y sencillos; en casos de emergencia, pueden revelar lesiones y hemorragias internas lo suficientemente rápido como para ayudar a salvar vidas. La TC es menos sensible al movimiento de pacientes que la resonancia magnética, por lo que en los equipos más modernos es posible hacer tomografía cardíaca de alta calidad aún con el movimiento del corazón.<sup>34-36</sup>

La TCCB se puede realizar si el paciente tiene implante de dispositivo médico de cualquier tipo, a diferencia de la RM. En equipos de TCCB muy avanzados, es posible obtener imágenes en tiempo real, haciendo de este una buena herramienta para guiar procedimientos mínimamente invasivos, tales como biopsias por aspiración y aspiraciones por aguja de numerosas áreas del cuerpo, particularmente los pulmones, el abdomen, la pelvis y los huesos.<sup>34</sup>

Un diagnóstico determinado por medio de una exploración por TCCB o CBCT puede eliminar la necesidad de una cirugía exploratoria y una biopsia quirúrgica.<sup>34</sup>



#### **IV.5.4 Consideraciones de la dosis de radiación en ortodoncia**

Como sabemos, hay dos posibles efectos nocivos de la radiación ionizante: los efectos que causan la muerte celular por sobredosis en cortos períodos de tiempo que suele ocurrir después que el umbral es alcanzado, que no ocurre con una dosis única y los efectos que altera las células de forma irreversible alterando el ADN de la célula.<sup>38</sup>

La dosis eficaz para la TCCB utilizada para la documentación de ortodoncia es especialmente preocupante, especialmente porque la edad donde se inicia el tratamiento de ortodoncia es en una etapa pediátrica.<sup>38</sup>

En conclusión, se puede decir que para todos los procedimientos de imagen que utilizan radiación ionizante, los beneficios clínicos deben sopesar contra el potencial de riesgo de la radiación, que son determinados por la radiosensibilidad relativa de los que están siendo analizados y las habilidades de los operadores para el control de la exposición a la radiación.

#### **IV.5.5 Evolución de los exámenes por imágenes**

El diagnóstico por imagen en la ortodoncia se ha basado durante muchos años en las radiografías panorámicas, periapicales, carpales y oclusales. Estos exámenes como sabemos proporcionan imágenes bidimensionales de estructuras tridimensionales y se han utilizado para establecer el diagnóstico y la planificación del tratamiento de los pacientes ortodónticos, permitiendo la evaluación de la relación dental, el esqueleto maxilofacial y el tejido blando.<sup>39</sup>

Como las modalidades actuales de tratamiento de ortodoncia se están convirtiendo cada vez más sofisticadas, la necesidad de registros tridimensionales (3D) precisos de los pacientes se vuelve cada vez más crítica, y la adopción de la Tomografía Computarizada (TC) ha llevado a los ortodoncistas a un cambio de paradigma con respecto al diagnóstico por imagen, incluyendo posibles cambios en la planificación de los tratamientos de ortodoncia y ortodoncia-quirúrgica. Por lo tanto, parece que estamos en el umbral de un cambio importante en la ortodoncia, donde el aprendizaje de las técnicas de evaluación en tres dimensiones ya es viable.<sup>39-40</sup>



#### **IV.5.6 Limitaciones en Ortodoncia digital**

La principal limitación es el punto de identificación y no el equipo o software de medición. Por lo tanto, con la mejora de la superposición digital directa utilizando tecnología de reconocimiento de puntos digitales, los modelos de yeso se suplirán de manera confiable.<sup>28</sup>

Los modelos digitales tienen varias ventajas en términos de costo, tiempo y espacio requerido con respecto a los modelos de yeso.<sup>24</sup> Otro beneficio potencial de la tecnología de modelado digital es la capacidad de tomar medidas 3D de las posiciones de los dientes. En particular, la evaluación de la inclinación de cada diente en modelos de yeso no es confiable y engorroso. Los modelos digitales pueden ser virtualmente seccionados para permitir una estimación más confiable en las posiciones de los ejes de los dientes. Además, el mapeo 3D de los movimientos de los dientes puede ser posible superponiendo los cambios dentales sobre estructuras de referencia estables con manipulación digital en técnicas de seccionamiento. Las fuentes de error más recurrentes para las mediciones en modelos digitales fueron las posiciones de las superficies interproximales, pero estos no influyen en el resultado clínico.<sup>34-36</sup>

#### **IV.5.7 Aplicación de tomografía computarizada Cone Beam en el diagnóstico**

#### **IV.5.8 Tomografía computarizada (TC) MRI, PET, PET / CT**

Utilizado por primera vez en el Reino Unido en el año de 1971. Las mejoras tecnológicas incluyeron la reducción del tiempo para el procedimiento debido a un mayor número de cortes producidos en el mismo período de rotación y aumentos en el tamaño de la imagen. Siguió otras modalidades de imágenes.<sup>44</sup>

- (1980) Imágenes por resonancia magnética (IRM)
- (1985) Tomografía por emisión de positrones (PET)
- (2000) Tomografía por emisión de positrones / Tomografía computarizada (PET / CT)

El uso dental inicial de la TC estaba necesariamente restringido debido al tamaño y al costo del equipo. Sin embargo, esta tecnología fue la base y piedra angular del uso actual de CBCT en la ciencia del análisis cefalométrico.<sup>45</sup>



#### IV.5.9 Cefalometría 3D

La cefalometría, que se originó a partir de la craneometría, fue desarrollada a partir de una técnica antropológica para cuantificar la forma y tamaño del cráneo, casi 40 años después del descubrimiento de los rayos X por Roentgen en 1895, lo cual revolucionó la medicina y odontología.<sup>41</sup>

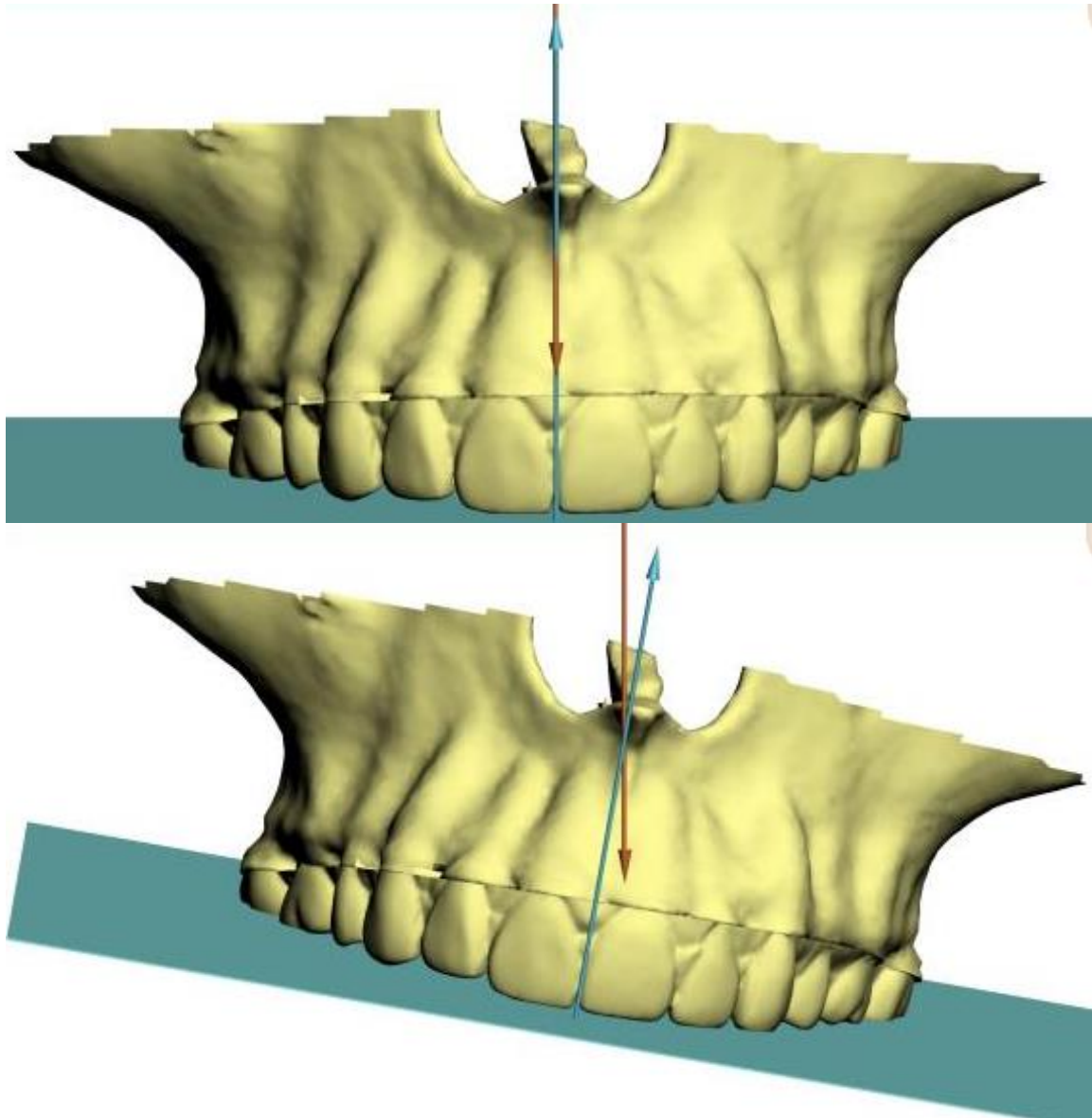


Figura IV.1.7.- Figura que ilustra cómo se mide un ángulo plano-plano 3D. A) La línea azul es el vector normal del plano oclusal maxilar. La línea naranja es el vector normal del plano FH. B) El maxilar se gira en el sentido de las agujas del reloj  $10^\circ$ , mientras que el paso se mantuvo en  $7^\circ$  y la guiñada se mantuvo en  $0^\circ$ . El plano oclusal maxilar 3D al ángulo FH ahora se cambia a  $12^\circ$ . Tomado de: Gateno J (2011).<sup>16</sup>

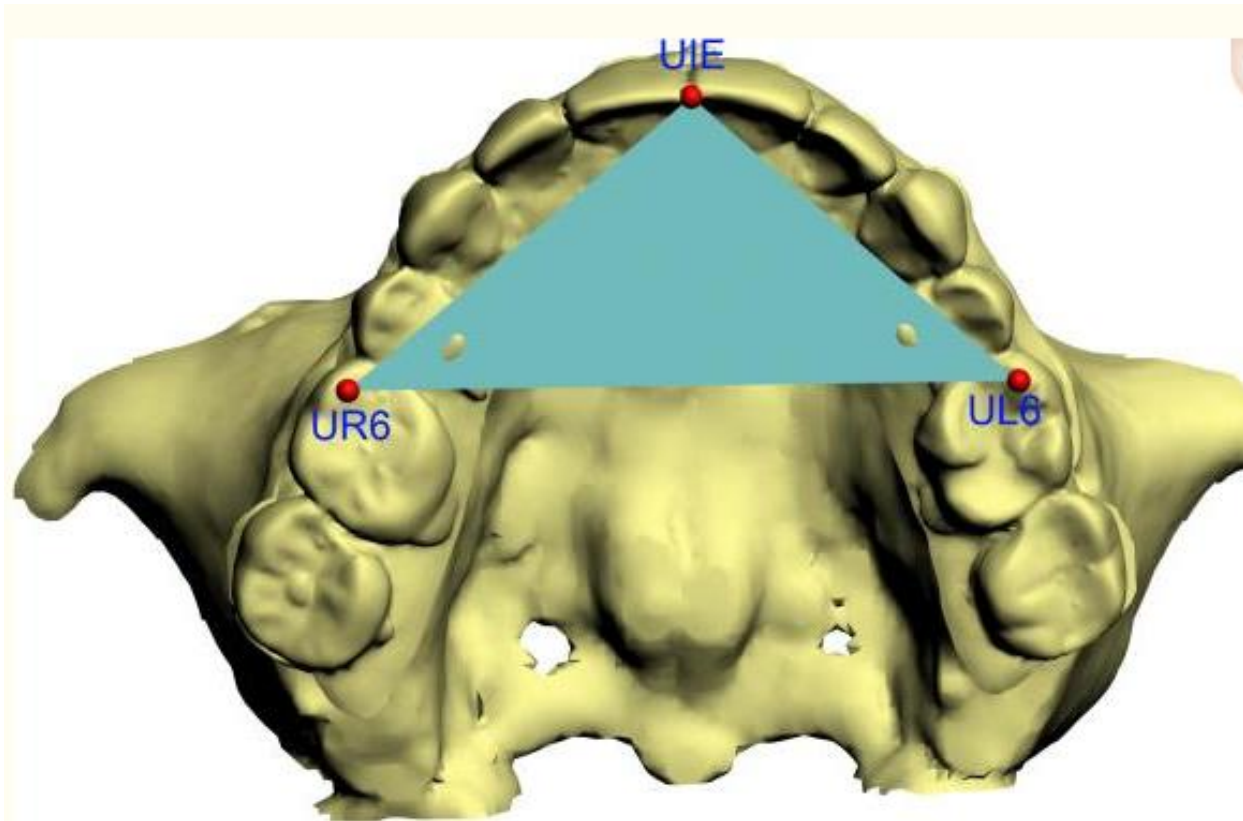


Figura IV.1.8.-. Ejemplo donde se ilustra cómo se construye un sistema de coordenadas local. A) En el primer paso, un plano oclusal maxilar está definido por 3 puntos, UR6, UL6 y UJE. Tomado de: Gateno J (2011).<sup>16</sup>

La cefalometría tradicional en dos dimensiones, también conocida como roentgenografía cefalométrica, se introdujo en la odontología por Broadbent en 1931 y desde entonces se ha mantenido relativamente sin cambios. Desde esos primeros años, los cefalogramas fueron ampliamente utilizados como una herramienta para la investigación clínica, del desarrollo y de los efectos del tratamiento y sus resultados. Más allá de su uso como una herramienta para el diagnóstico, los errores inherentes a la cefalometría y su posterior análisis están bien documentados. (Figura IV.1.7) Los errores significativos están asociados con la imprecisión en la localización de estructuras anatómicas, por la falta de características anatómicas bien definidas, contornos, sombras y la variación en la posición del paciente. Por otra parte, Macri y Athanasios demostraron en 1997 que la recolección manual de datos y el procesamiento de análisis cefalométrico tiene una baja exactitud y precisión.<sup>41-43</sup>

Puntos anatómicos específicos como Porion y condilion, no pueden ser localizados con precisión y coherencia en las radiografías laterales y se consideran altamente inestables.<sup>43</sup> (Figura IV.1.8)

La cefalometría en tercera dimensión es una de las grandes promesas que esta nueva tecnología puede ofrecer; sin embargo, todavía necesitará algún tiempo hasta que tengamos el análisis 3D útil y sobre la base de una nueva investigación.<sup>43</sup> (Figura IV.1.9)

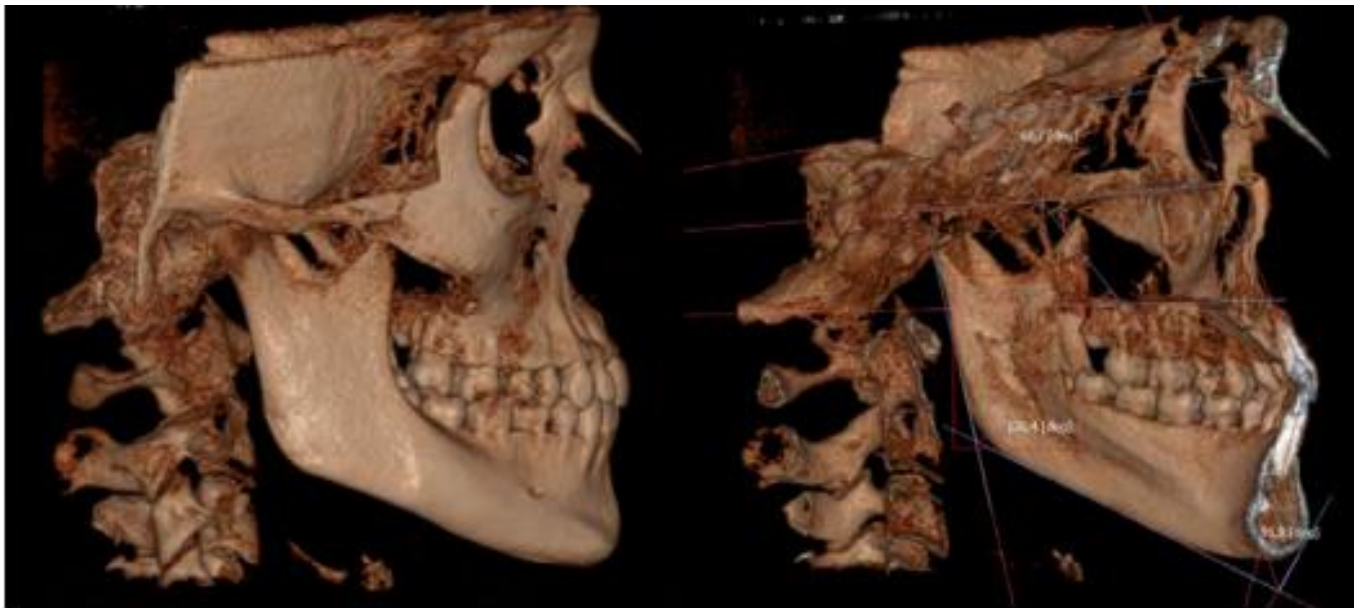


Figura IV.1.9.- Cefalometría en imagen 3D de la TCCB. Tomado de: Gina D Roque-Torres (2015)<sup>45</sup>.

#### IV.5.10 Aplicación de Escáneres en el diagnóstico

Los servicios OrthoCAD fueron uno de los primeros métodos para formar modelos digitales tridimensionales. Los ortodoncistas en estos días están utilizando ampliamente los modelos digitales 3D. Estos se pueden preparar escaneando los modelos de yeso indirectamente o usando el escáner intraoral directamente en el paciente.<sup>47</sup>

OrthoCAD ofrece muchas ventajas, incluida la eliminación de roturas de modelos y problemas de almacenamiento, recuperación instantánea de modelos, facilidad de comunicación con pacientes y colegas y acceso a modelos desde muchas ubicaciones. Permite al ortodoncista enviar imágenes por correo electrónico si lo desea y es una herramienta de presentación conveniente. Las desventajas incluyen la falta de información táctil para el ortodoncista y el tiempo necesario para aprender a usar el sistema.<sup>47-48</sup> (Figura IV.1.10)

Emodel escanea la superficie de un modelo de yeso completo, mientras que OrthoCAD utiliza un proceso de "escaneo destructivo" que toma muchos escaneos de un modelo en cortes finos. Esto se repite hasta que se haya afeitado y escaneado todo el modelo. Por lo tanto, el resultado es un archivo OrthoCAD típico de 3000 kilobytes, 3 megabytes porque los aspectos internos del modelo se escanean y registran, aunque la información interna es completamente inutilizable. Un archivo emodel tiene aproximadamente 800 kilobytes debido al escaneo de superficie únicamente. Emodel utiliza software para "cortar" la imagen, mientras que OrthoCAD en realidad corta el modelo y lo crea una imagen. Desde el punto de vista del almacenamiento y la transferencia de datos, el tamaño de archivo más pequeño del emodel es una ventaja. <sup>48</sup>(Figura IV.2.1)

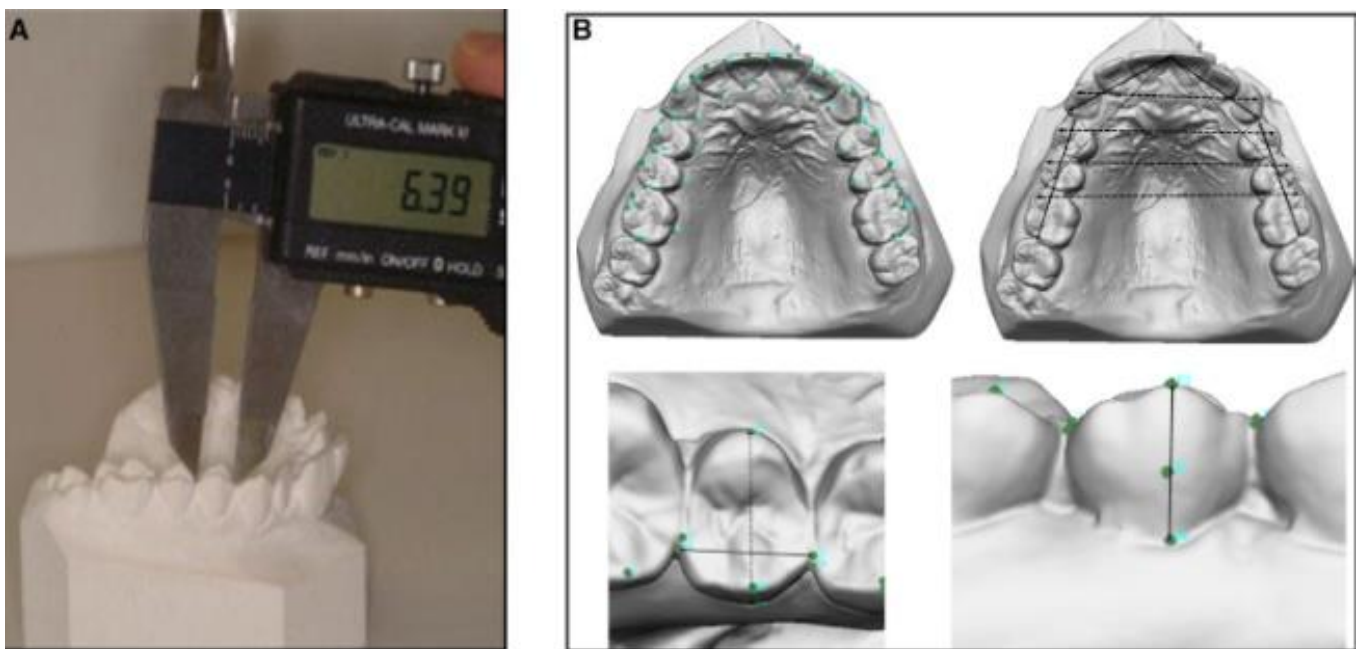
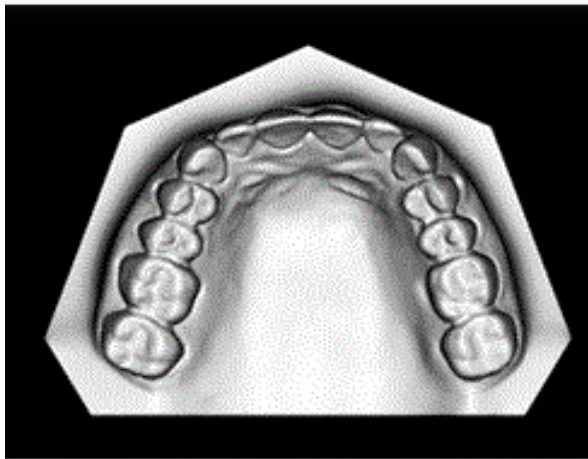
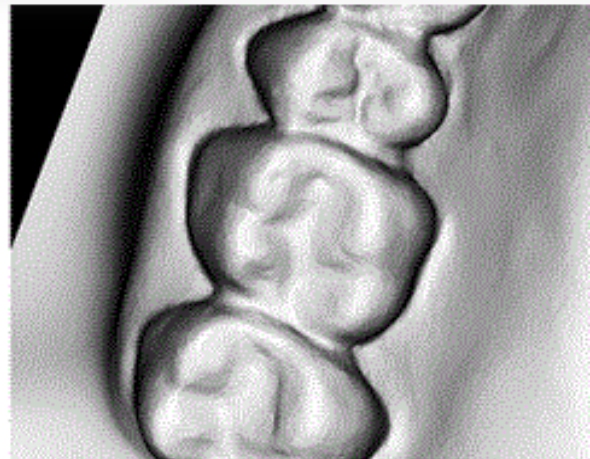


Figura IV.1.10.- A, El calibrador digital (Fowler High Precision) utilizado para tomar medidas en modelos de yeso. B, Imágenes del software Mirror: en el sentido de las agujas del reloj desde la parte superior izquierda, vista oclusal de un modelo maxilar que muestra los puntos de referencia representados por puntos verdes. Tomado de: Wan Nurazreena W. (2016).<sup>54</sup>

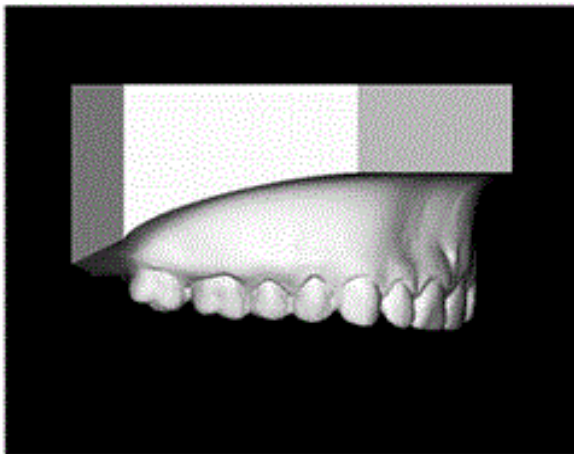




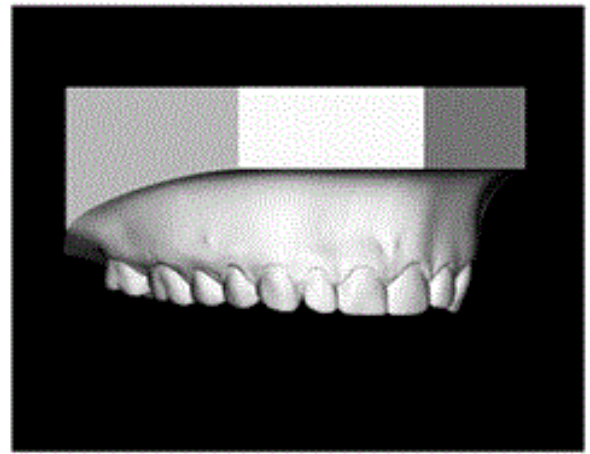
a. Occlusal method.



b. ZoomOcclusal method.



c. FacialD method.



d. FacialR method.

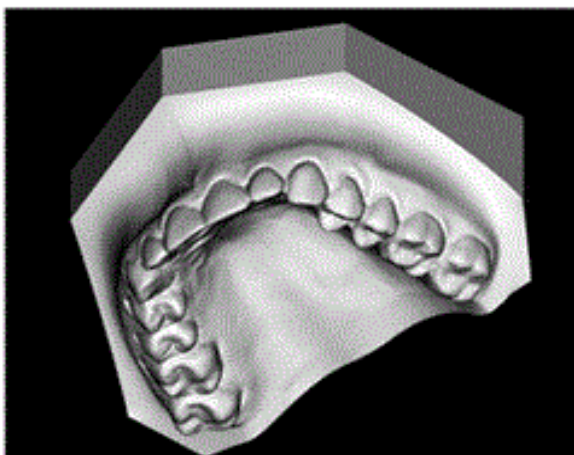


Figura IV.2.1.- Métodos digitales de medición. Estas imágenes representan las cinco técnicas de medición digital: (a) Oclusal, (b) ZoomOcclusal, (c) FacialR, (d) FacialD y (e) Cualitativo. Imágenes reproducidas del software Geodigm Emodel. Tomado de: Heather MI Horton (2010).<sup>30</sup>

Los archivos base de escáner puede producir modelos virtuales 3D, sin necesidad de impresiones con alginato. Esto evitará la incomodidad del paciente y proporcionará al clínico más tiempo.<sup>49</sup>

OrthoCAD (Cadent, Fairview, NJ) es un sistema de modelo informático patentado que crea imágenes digitales de modelos dentales (Figura IV.2.2.) Para obtener las imágenes digitales, el ortodoncista envía impresiones de alginato y una mordida de cera al laboratorio de OrthoCAD. Las impresiones se escanean, se convierten en imágenes digitales que se almacenan en el servidor de la empresa y se ponen a disposición del titular de la cuenta para su descarga. OrthoCAD proporciona un software que el ortodoncista puede utilizar para realizar mediciones de rutina, como el tamaño del diente, el resalte, la sobremordida y el análisis de Bolton en las imágenes digitales.<sup>49-51</sup>

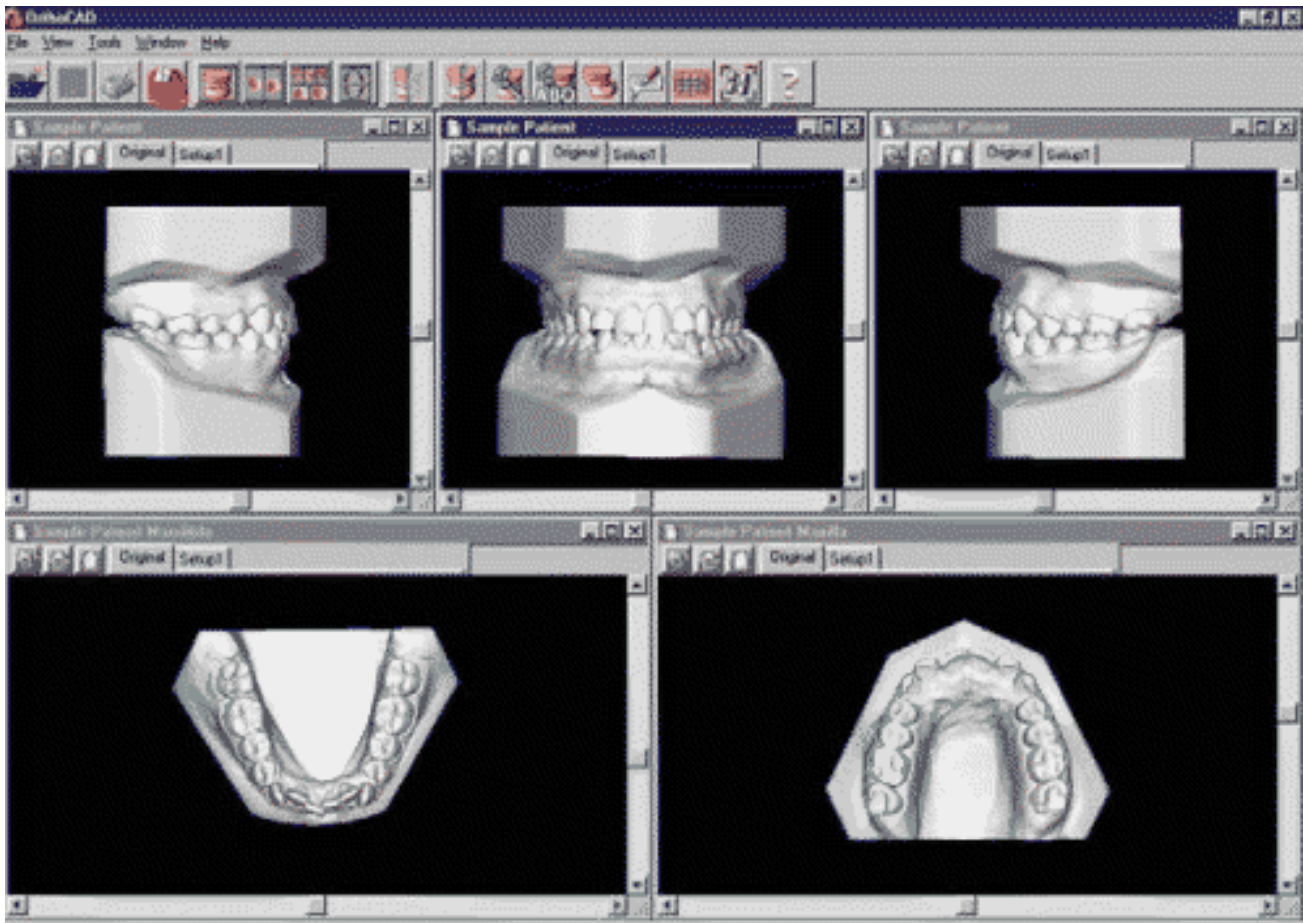


Figura IV.2.2.- Galería de imágenes de modelos tridimensionales en OrthoCAD. Tomado de: Santoro et al, (2003).<sup>40</sup>

OrthoCAD ofrece muchas ventajas, incluida la eliminación de roturas de modelos y problemas de almacenamiento, recuperación instantánea de modelos, facilidad de comunicación con pacientes y colegas y acceso a modelos desde muchas ubicaciones. Permite al ortodoncista enviar imágenes por correo electrónico si lo desea y es una herramienta de presentación conveniente. Las desventajas incluyen la falta de información táctil para el ortodoncista y el tiempo necesario para aprender a usar el sistema.<sup>51</sup>

El sistema actual más utilizado en Europa es el Escáner de escritorio R700 (idéntico en diseño al D700 scanner) de 3Shape, que se utiliza junto con el software Ortho Analyzer de la empresa. Este escáner funciona según el principio de la tecnología de corte por láser y se utiliza con dos cámaras de alta resolución. Las superficies de los moldes para escanear se mueven sobre una placa giratoria de 360 tres ejes espaciales, complementados por un eje adicional de traslación y otro de inclinación.<sup>52</sup> (Figura IV.2.3)

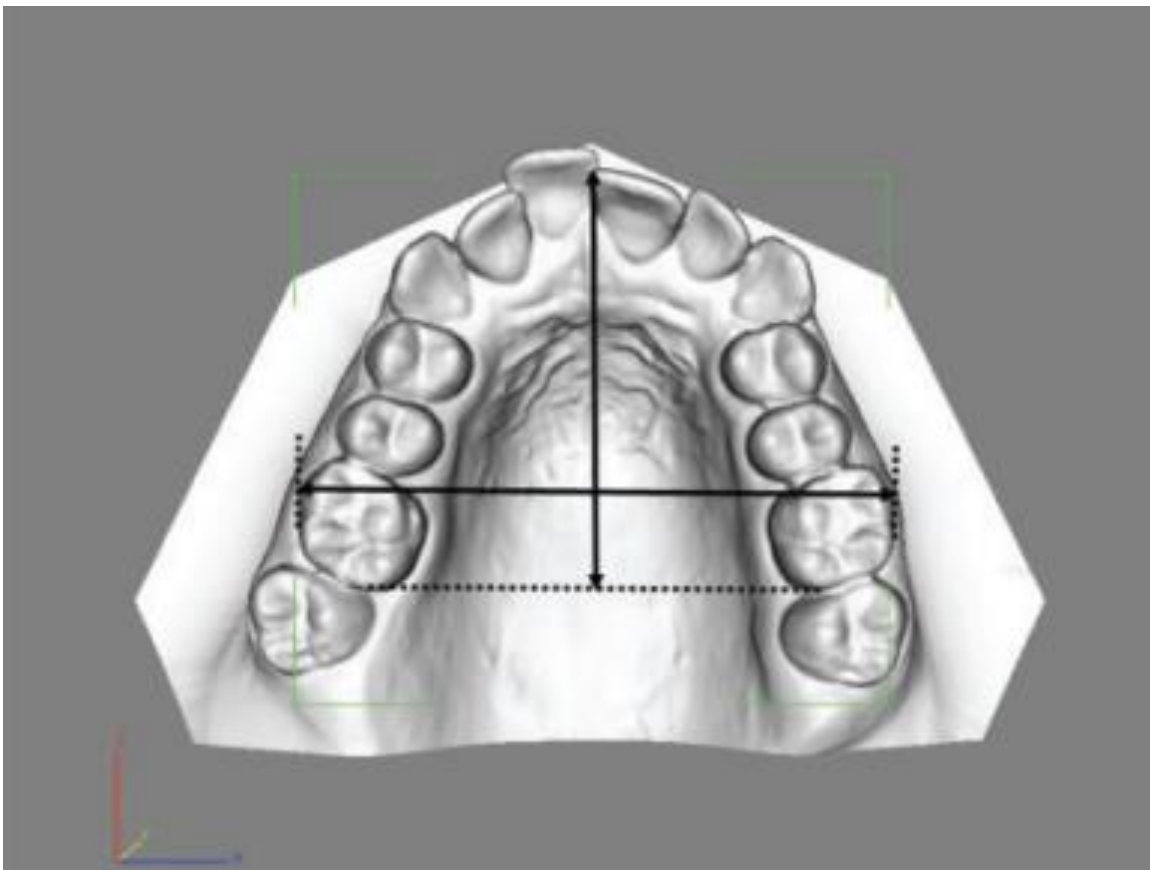


Figura IV.2.3.- Ejemplo de un modelo digital que muestra la medición del ancho del arco maxilar (flecha horizontal) y del arco maxilar longitudinal (flecha vertical). Tomado de: Dalstra y col. 2009.<sup>59</sup>

Para la obtención de modelos digitales en 3D a partir del escáner CBCT de impresiones de alginato o modelos de yeso, OrthoProof (Nieuwegein, Países Bajos) es actualmente el principal proveedor. Utiliza un CBCT de alta resolución (960 x 768 píxeles) para digitalizar las impresiones de alginato, con la ventaja de que el escaneado se realiza directamente sobre las impresiones y no es necesario realizar modelos en yeso. Sin embargo, al realizar una impresión de alginato tradicional, existe el riesgo de deformación dimensional, causada por la absorción de humedad o la pérdida de humedad del material de impresión. Además, puede producirse una deformación permanente del material de impresión cuando hay cortes profundos; este es el caso de los brackets de ortodoncia en los dientes. Para superar estas desventajas y eliminar el proceso de digitalización de las impresiones de alginato y modelos de yeso, sería preferible la digitalización directa de la dentición. Esto ha sido posible con escáneres intraorales directos como el escáner oral Lava Chairside (3M ESPE, Seefeld, Alemania). Sus resultados muestran que la técnica CBCT es lo suficientemente precisa para las mediciones lineales intraarcadas y el índice de complejidad, resultado y puntuación de necesidad. Sin embargo, aún no se ha estudiado la validez del método de exploración intraoral.<sup>52-55</sup> (Figura IV.2.4)

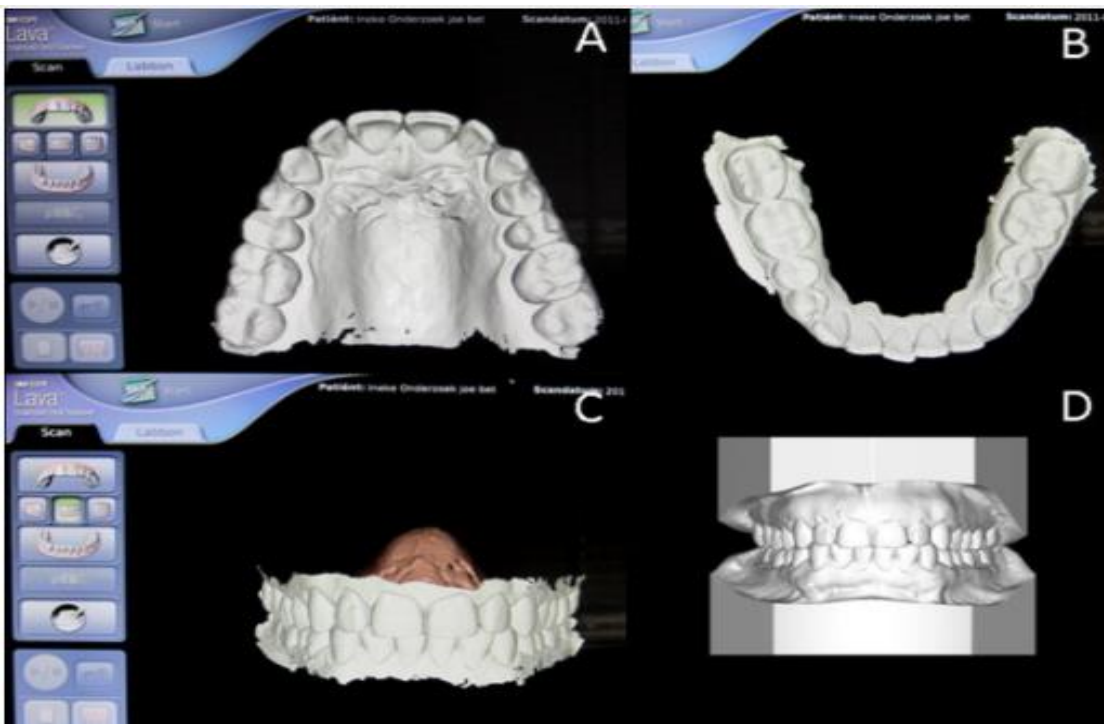


Figura IV.2.4.- Ejemplo de imágenes de escáner Lava donde se aprecia el flujo de trabajo del escaneo de Lava: A, escaneo del maxilar; B, exploración de la mandíbula; C, exploración de la oclusión; D, un modelo Lava completo. Tomado de: Dalstra y col. 2009.<sup>59</sup>





#### IV.6 Estado del arte del conocimiento de revisiones sistemáticas.

Se han realizado en la antigüedad, revisiones sistemáticas sobre el análisis de modelos digitales versus convencionales en modelos de yeso, entre los cuales, encontramos en 2011, Fleming et al.<sup>18</sup> realizó una revisión sistemática de la literatura centrada en las comparaciones entre medidas de modelos digitales y medidas con calibradores digitales en modelos de yeso. Los autores afirmaron que "los modelos digitales ofrecen un alto grado de validez en comparación con la medición directa en modelos de yeso". Sin embargo, la calidad general de los estudios seleccionados fue variable, con descripciones generalmente inadecuadas de las poblaciones de la muestra y raros informes de intervalos de confianza y errores estándar entre diferentes técnicas. Señala que, no existen suficientes estudios de una adecuada calidad, al momento de su investigación que evalúen la efectividad clínica, lo cual da pie a la necesidad de investigaciones futuras. <sup>30, 45, 50-56</sup>

Por otro lado, De luca canto, et al. (2015)<sup>63</sup> reportó que sus estudios seleccionados coinciden sistemáticamente en que la validez de las mediciones obtenidas después de utilizar un escáner láser a partir de modelos de yeso es similar a las mediciones directas. Que por lo cual existe evidencia científica consistente que respalda la validez de las mediciones de modelos dentales digitales en comparación con las mediciones dimensionales interarcadas obtenidas directamente de ellos. Dentro de sus limitaciones hubo un gran rango de tamaño entre las muestras evaluadas dentro de sus artículos, por ejemplo en un artículo Hayama et al. (2018)<sup>64</sup> tenía solo un par de modelos para todo su estudio, otro tenía seis modelos Oliveira et al. (2007)<sup>65</sup>, uno Sohmura et al. (2004)<sup>66</sup> analizó un bloque cuboide de yeso y un modelo, entre otros <sup>48</sup>

Las 2 revisiones sistemáticas encontradas, reportan literatura en inglés, en su gran mayoría, por lo que al incluir literatura en cualquier otro idioma será de gran importancia para poder llegar a una conclusión más absoluta y evitar con ello, el sesgo de la información se verá mayormente limitado, igualmente se podrá apreciar, con una revisión más actual, el paso del tiempo y la modificación de nuevos escáner, láser, tomografía computarizada con haz cónico, en general la tecnología cada vez da un paso adelante con ello conlleva poder actualizar este tema y a su vez, comprobar su confiabilidad de los métodos actuales de diagnóstico en modelos de yeso convencionales y los modelos digitales.



Al igual que con cualquier método nuevo, la precisión debe evaluarse comparándola con el estándar de oro existente, en este caso, las mediciones realizadas manualmente en modelos de yeso.

De esta manera, en el presente trabajo se hace una detallada revisión en torno a la comparación de la confiabilidad de los métodos actuales de diagnóstico en modelos de yeso convencionales vs los modelos digitales, utilizados para el diagnóstico en ortodoncia que es una problemática particular.



## V. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

Actualmente los modelos de estudio son un componente estándar para los registros en ortodoncia y son fundamentales para el diagnóstico, la presentación de casos, la planificación del tratamiento y la evaluación del progreso del tratamiento. Un modelo de estudio es una réplica precisa en tres dimensiones (3D) de la dentición de un paciente en la que se pueden realizar determinadas mediciones con mayor facilidad y precisión que en la boca del paciente. Los modelos que se emplean son fabricados con yeso, material que puede deteriorarse y limitar su uso. Debido a ello se ha recurrido al uso de modelos digitales ya que estos pueden ser manipulados virtualmente sin ser alterados de forma permanente. Otra ventaja es que las técnicas de imagen empleadas (2D, 3D, CBCT, láser) son rápidas y poco invasivas, por lo que se evita la incomodidad que genera tomar impresiones. No obstante, existe cierta reticencia al uso de estas técnicas ya que aún no se sabe con exactitud si las medidas obtenidas a partir de modelos digitales son precisas y confiables. Al respecto, algunos estudios en los que se comparan las mediciones realizadas a partir de modelos en yeso y las de modelos digitales han encontrado diferencias significativas en las medidas transversales; en cambio, en otras publicaciones han encontrado un elevado grado de concordancia en las mediciones realizadas en modelos de yeso y en modelos digitales. Se ha propuesto que la falta de experiencia en el manejo de las herramientas digitales por parte de los examinadores es la posible causa de errores, situación que se resuelve tras adecuada capacitación.

Ante la falta de consenso respecto al uso de modelos digitales, surge la necesidad de realizar una revisión exhaustiva de la literatura y con ello tener una idea más clara respecto al uso de modelos digitales y el posible reemplazo de los modelos de yeso tradicionales en la práctica ortodóntica. Por tal motivo, nos planteamos la siguiente pregunta:

¿Serán más confiables los métodos digitales que los métodos convencionales para la medición de las arcadas dentales?



## VI. OBJETIVO GENERAL

Presentar el estado actual del conocimiento en cuanto a la confiabilidad de métodos digitales en comparación con métodos convencionales para la medición de las arcadas dentales en medidas lineales.



## VII. MÉTODOS

Se realizó una búsqueda de literatura en las bases de datos que se enlistan a continuación: PubMed/Medline, Scopus, TESIUNAM, LILACS, ScienceDirect y Springer para identificar los artículos que comparan la confiabilidad de métodos digitales versus métodos convencionales para la medición de las arcadas dentales en medidas lineales.

Para el diseño de la estrategia de búsqueda, se empleó el acrónimo PICO

P: Medición arcadas dentales

I: Diagnóstico mediante método digital.

C: Diagnóstico mediante métodos convencionales

O: Precisión y/o reproducibilidad entre ambas técnicas para valorar la confiabilidad

También se utilizó la base de datos Mesh de Pubmed para la determinación de las palabras clave: Digitization, digital models analysis, model analysis, plaster models, Orthodontics, Cone-Beam Computed Tomography en inglés y Digitalización, análisis de modelos digitales, análisis de modelos, modelos de yeso, Ortodoncia, Tomografía Computarizada Cone-Beam en español. (Tabla I)

**Tabla I. Criterios de selección de estudios**

Base de datos	Estrategia de búsqueda
PubMed, Medline, Scopus, TESIUNAM, LILACS, ScienceDirect, PMC y Springer	Digitization AND digital models analysis AND model analysis AND plaster models AND Orthodontics OR (Cone-Beam Computed Tomography).

Se utilizó la siguiente estrategia de búsqueda: Digitization AND digital models analysis AND model analysis AND plaster models AND Orthodontics. Se realizó la búsqueda de información mediante el método PRISMA en las bases de datos, PUBMED, SCOPUS, LILACS, MEDLINE, y TESIUNAM, considerando lo siguiente de la tabla II.



**Tabla II. Criterios de selección de estudios**

<b>Criterios de inclusión</b>	<b>Criterio de exclusión</b>
<ul style="list-style-type: none"><li>- Artículos publicados en enero del 2000 al 30 septiembre del 2020.</li><li>- Artículos que evaluaron la precisión y/o reproducibilidad de medidas lineales en modelos de estudio dentales generados a partir de métodos convencionales (modelo de yeso) y métodos digitales.</li><li>- Estudios en humanos con dentición mixta o permanente</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>- Estudios in vitro y/o animales.</li><li>- Artículos de revisiones sistemáticas y estudios retrospectivos.</li><li>- Artículos que no se puedan obtener completos.</li><li>- Informes de casos</li><li>- Artículos de opinión</li><li>- Libros</li><li>- Artículos técnicos</li></ul>

La búsqueda la realizaron dos investigadores (Rubén Rincón y Paola Calderón) de forma independiente, se realizó entre todos los artículos publicados de enero de 2000 al 30 de septiembre del 2020, considerando los criterios de inclusión y exclusión antes mencionados.



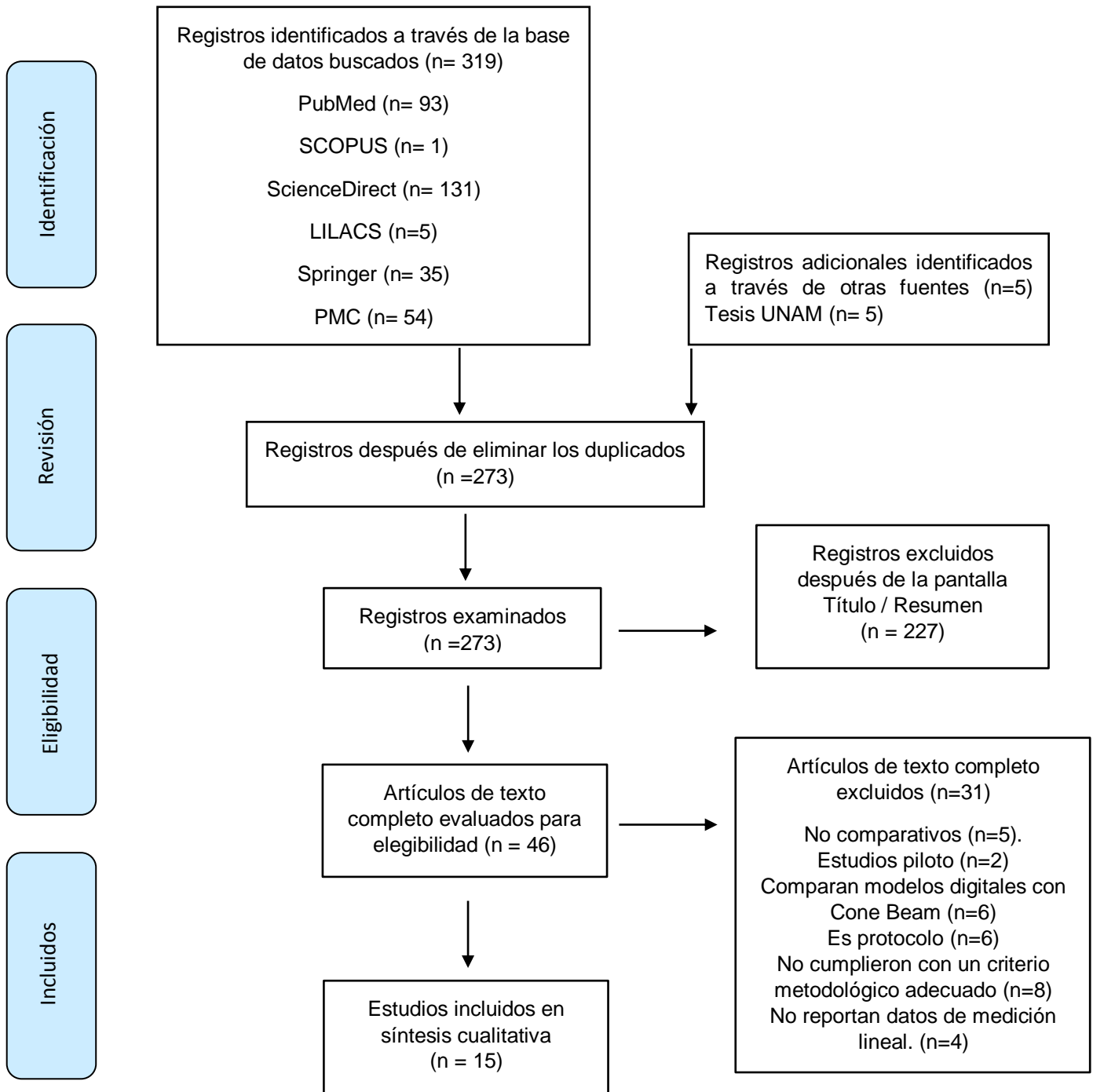


Figura 1. Diagrama de PRISMA de la selección de estudios.



## VIII. RESULTADOS

La búsqueda arrojó 319 artículos y 5 tesis, dando un total 324, de los cuales quedaron 273 tras eliminar los artículos duplicados. Posteriormente, se realizó la revisión de títulos y resúmenes, quedando 46 artículos de los cuales se recuperó el texto completo. Tras una revisión minuciosa se excluyeron 31 artículos, quedando un total de 15 artículos incluidos en esta revisión sistemática (Figura 1). Los estudios incluidos en esta revisión valoraron las siguientes medidas lineales: ancho de diente mesiodistal, ancho intercanino, ancho interpremolar, ancho intermolar, suma de dientes anteriores, suma de todos los dientes, espacio requerido, espacio disponible/perímetro del arco, apiñamiento del arco, longitud del arco y discrepancia en la longitud del arco. Todos los estudios incluidos evaluaron la reproducibilidad intraexaminador de las mediciones lineales en los modelos digitales.

De los estudios incluidos en la presente revisión, cuatro (Stevens et al. 2006; Santoro et al. 2003; Leifert et al. 2009 y Horton et al. 2010)<sup>30,40,50,55</sup> contrastaron modelos convencionales frente a modelos digitales con servicios de OrthoCAD y Emodels. Estos autores encontraron que los resultados no mostraron diferencias entre los promedios de medición del tamaño de los dientes de yeso y los promedios obtenidos en los sistemas OrthoCAD y Emodels. También observaron que el ancho de los dientes con los modelos digitales fue consistente, ya que las discrepancias se ubicaron dentro de un rango considerable. Estos mismos autores plantearon además que la contracción del alginato durante el transporte hacia la ubicación de OrthoCAD y los tiempos de fraguado de yeso constituyen la causa más probable de las diferencias en el tamaño de la anchura de los dientes, las cuales, sin embargo, son estadística y clínicamente no aceptables, por lo que proponen que los modelos digitales son una alternativa aceptable para las mediciones utilizadas en ortodoncia (Cuadro VIII.1.).

Por su parte, los estudios de Park et al. (2019)<sup>57</sup> y Wiranto et al. (2013)<sup>34</sup> fueron realizados con tomografía computarizada de haz cónico; con dicho método no se



encontraron diferencias significativas en la mayoría de las mediciones entre los modelos de escaneo de yeso y los modelos digitales CBCT. En promedio, la diferencia de ancho mesio-distal fue  $< 0,15$  mm, considerado clínicamente aceptable. Por lo tanto, los autores concluyeron que el uso de CBCT es adecuado en la práctica clínica debido a sus ventajas, incluido un tiempo de trabajo reducido para la producción de modelos digitales (Cuadro VIII.2.).

Otros 4 estudios incluidos en esta revisión (Amuk et al. 2019; Ming et al. 2018; Czarnota et al. 2016 y Porto et al. 2014)<sup>51-53,58</sup> tuvieron como objetivo aclarar si el sistema de escáner R700 3-shape™ y el software Ortho Analyzer O3d podrían aplicarse con certeza en el análisis de diagnóstico en ortodoncia. Se encontró que las mediciones lineales difirieron significativamente cuando se realizaron en modelos de yeso en comparación con modelos digitales, detectando diferencias significativas entre el área interproximal y la cúspide de los dientes; ya que en estos modelos de escáner se emplea luz LED azul, lo que produce una reflexión difusa en el corte y el ángulo de línea, dando como resultado una representación 3D inexacta del diente adyacente. Los autores concluyen que estos procedimientos, en pacientes con un apiñamiento severo, deben ser utilizados con cautela en el abordaje óptico a la región adyacente del modelo, ya que puede llevar a errores en el ancho mesio-distal del diente o en el análisis del modelo en medidas lineales (Cuadro VIII.3.).

Por otro lado, en los estudios de Leifert et al. (2009)<sup>50</sup>, Stevens et al. (2006)<sup>55</sup>, Horton et al. (2010)<sup>30</sup>, Porto et al. (2014)<sup>58</sup> y Santoro et al. (2003)<sup>40</sup>, el método digital produjo en promedio tamaños dentales más grandes, así como otras distancias más pequeñas, que el método manual; la variación depende del tipo de modelo y la medida. Las mediciones fueron menores para la longitud del arco maxilar entre los modelos de yeso, con diferencias de hasta 0,5 mm entre sí para la mayoría de las mediciones directas en el análisis del modelo (Cuadro VIII.4.).

En cuanto al material para modelos convencionales, en el estudio de Park et al. (2019)<sup>57</sup> se reemplazó al alginato por polivinil siloxano como material de impresión. Se informó que la tasa de cambio de volumen en el material de impresión polivinil



siloxano a lo largo del tiempo fue de 0,02% durante 1 hora y de 0,07% durante 24 horas; así mismo, se llegó a la conclusión de que no hubo una diferencia estadísticamente significativa en comparación con los modelos de yeso convencional tomados con alginato (Cuadro VIII.4.).

**Cuadro VIII.1.** Estudios incluidos que compararon modelos convencionales y modelos digitales con servicios de software OrthoCAD y Emodels.

Autor	Año	Tamaño de la muestra y examinadores	Servicio de software	Medidas lineales- ancho de dientes
<b>Santoro et al.</b> <sup>40</sup>	2003	76 modelos con 2 examinadores independientes ANOVA - Coeficiente de correlación de Pearson (P < 0,0001)	Sistema OrthoCAD versión 2.17	Las medidas digitales fueron más pequeñas que las medidas manuales, con una diferencia de 0,16-0,38 mm.
<b>Stevens et al.</b> <sup>55</sup>	2006	24 modelos con 3 examinadores independientes Coeficiente de correlación de concordancia (CCC)	Sistema Emodel versión 6.0, GeoDigm Corp	Las diferencias en medidas del ancho de los dientes fueron de 0,10 mm (rango, 0,05-0,18 mm) para yeso y 0,19 mm (rango, 0,14-0,24 mm) para Emodels.
<b>Leifert et al.</b> <sup>50</sup>	2009	25 modelos con 2 examinadores independientes Pruebas t pareadas y desviaciones estándar	Sistema OrthoCad versión 2.17	Diferencias de 0,40 mm en el maxilar y 0,3 mm en la mandíbula, con un promedio de menos de una diferencia de 0,5 mm entre las medidas en yeso y los modelos digitales.
<b>Horton et al.</b> <sup>30</sup>	2010	32 modelos con 1 examinador independiente Coeficiente de correlación de Pearson	Sistema Emodel, versión 6.0, GeoDigm Corp	La correlación en mediciones de dientes individuales fue de 99,07%; y la correlación en dentición completa fue de 98,34%, con mayor sesgo (3,56). Las desviaciones estándar no superan valores de 1,2 mm para toda la dentición o de 0,13 mm para los dientes individuales.



**Cuadro VIII.2.** Estudios incluidos que compararon modelos convencionales y modelos digitales con tomografía computarizada de haz cónico

Autor	Año	Tamaño de la muestra y examinadores:	Servicio de software	Medidas lineales- ancho de dientes
<b>Park et al.</b> <sup>57</sup>	2019	20 modelos con 2 examinadores independientes Coeficientes de correlación intraclase (ICC)	Sistema CBCT (Rayscan $\alpha$ +, Ray Co., Ltd., Seongnam, Corea	Variaciones de -0,15 mm a 0,16 mm para los modelos de escáner CBCT. Ninguna diferencia superó los 0,2 mm.
<b>Wiranto et al.</b> <sup>34</sup>	2013	22 modelos con 3 examinadores independientes Coeficientes de correlación intraclase (ICC) Pruebas t pareadas, (P < 0,05)	Sistema DigiModel versión 2.3.7. Lava CBTC	Las medidas en DigiModel y Lava fueron más pequeñas que las de los modelos de yes (P < 0,05). Sin embargo, las diferencias nunca superaron los 1,5 mm.



**Cuadro VIII.3.** Estudios incluidos que compararon modelos convencionales y modelos digitales con el sistema de escáner Láser R700 3-shape™ y el software Ortho Analyzer O3d.

Autor	Año	Tamaño de la muestra y examinadores	Servicio de software	Medidas lineales- ancho de dientes
<b>Amuk et al.</b> <sup>53</sup>	2019	25 modelos con 1 examinador independiente Coeficiente de correlación de Pearson (P < 0,0001)	Sistema 3 Shape 3D R700 Versión 1.0.	Análisis de Bolton de 0,34 mm a 0,72 mm. Los valores de correlación oscilaron entre 0,738 y 0,999; para medida lineal se obtuvieron valores de 0,812 a 0,972.
<b>Ming et al.</b> <sup>51</sup>	2018	29 modelos con 2 examinadores independientes Pruebas t pareadas y coeficientes de correlación intraclase (ICC)	Sistema escáner 3Shape™ R800.	Las mediciones fueron excelentes con el modelo digital 3Shape™ y el yeso (ICC de 0,752 a 0,993).
<b>Czarnota et al.</b> <sup>52</sup>	2016	20 modelos con 2 examinadores independientes Pruebas t pareadas y coeficientes de correlación intraclase (ICC)	Sistema R700; 3Shape A / S.	Los valores de ICC para las medidas del ancho de diente fueron 0,95 (de 0.89 a 0.98 en modelos yeso) y 0.90 (de 0.8 a 0.95 en modelos digitales).
<b>Porto et al.</b> <sup>58</sup>	2014	30 modelos, con un examinador independiente. Análisis de varianza ANOVA, prueba de Tukey (p <0.05), coeficiente de correlación intraclase (ICC)	Sistema escáner láser 3Shape R700, 3Shape A S. software O3d	El tamaño mesiodistal de los dientes está entre la primera y la segunda medida. Variaciones de entre 0,00 y 0,09mm; sin relevancia clínica.

**Cuadro VIII.4.** Análisis de las características descriptivas de los artículos incluidos. Comparación de la confiabilidad y precisión de las mediciones clínicas utilizando el modelo de yeso y el sistema de modelos digitales.

Autor, año	Tamaño de la muestra	Objetivos	Método	Escáner, dispositivos y software	Conclusión
Amuk et al. 2019 <sup>53</sup>	18 modelos de estudio.	Comparación de medidas dentales entre modelos de yeso convencionales y modelos digitales obtenidos mediante escaneo 3D.	Un examinador único repitió para 12 pacientes seleccionados al azar después de 21 días.	Medición modelos de yeso calibrador digital de la serie SHANTM 132A, SHAN Precision Allen Designs LLC. Escáner de modelo (escáner 3D de 3 formas R700, 3 formas A /S, Copenhague, Dinamarca), software 3 Shape 3D.	El coeficiente de correlación de Pearson para la medición dental los valores oscilaron entre 0,738 y 0,999, y para análisis de Bolton de 0,812 a 0,972. El escaneo del modelo y el escaneo de impresiones dentales mostraron precisión y fiabilidad. No hubo diferencia estadísticamente significativa entre modelos de yeso y modelos digitales obtenidos en modelos de yeso dental Al ser escaneados.
Verma et al. 2019 <sup>56</sup>	132 modelos de estudio.	Comparar la precisión de las mediciones lineales realizadas en modelos digitales escaneos tridimensionales (3D) antes y después del	Un solo examinador realizó todas las mediciones después de la calibración y estandarización. La confiabilidad intraexaminador se	Los modelos de yeso utilizan calibradores Vernier digitales con una eficiencia de hasta 0,1 mm. Los modelos de estudio 3D se prepararon utilizando el escáner de modelos Maestro	Las medidas manuales para todas las variables comparadas fueron superiores a las medidas digitales excepto ancho intermolar mandibular. La diferencia en las medias de las mediciones realizadas con los modelos de estudio de yeso previo al tratamiento y los modelos digitales estuvo en el rango de 0,013 a 0,32 mm. Los



Park et al.  
2019<sup>57</sup>

20 modelos  
de estudio.

tratamiento con modelos de estudio de yeso convencionales.

Evaluar la precisión dimensional de modelos dentales digitales contruidos a partir de escaneos de tomografía computarizada de haz cónico (CBCT) de impresiones de polivinil siloxano (PVS) y modelos de escaneo moldeado.

evaluó estadísticamente mediante el coeficiente intraclase después de repetir el 10% de las mediciones después de 3 semanas.

Dos examinadores que trabajaban de forma independiente repitieron todas las mediciones dos veces de dos a tres semanas después.

3D Dental (AGE Solutions Sr.I, Pontedera, Pisa, Italia) a partir de los mismos modelos de yeso.

Equipo CBCT (Rayscan α +; Ray Co., Ltd., Seongnam, Corea). Escáner CBCT de una impresión de polivinil siloxano. Fabricación de un modelo digital a partir de un modelo de escáner (Identica Hybrid; Medit Co, Seúl, Corea).

valores de medición digital fueron generalmente más bajos que las mediciones manuales para la mayoría de las variables. La diferencia de medias entre las medidas digitales y manuales fue menor en los modelos de post tratamiento. Por lo tanto, la precisión de las mediciones en modelos digitales de post tratamiento fue mayor.

Los valores de ICC para los dos observadores (0,987 a 0,999) indicó que las mediciones eran fiables. Las diferencias en las medidas de los modelos de escaneo moldeado variaron de - 0,15 mm a 0,16 mm para los modelos de escáner CBCT. Se encontraron diferencias estadísticamente significativas entre los modelos de escaneo de yeso maxilar y los modelos de escaneo CBCT para el primer molar derecho (P <0.05) y el ancho intercanino (P <0.05). No se encontraron diferencias significativas en la mayoría de las mediciones entre los modelos de escaneo de yeso y los modelos digitales CBCT (la diferencia de ancho mesio-distal fue < 0,15 mm).



**Liang et al.  
2018<sup>51</sup>**

Se evaluó la confiabilidad, precisión y eficiencia del sistema de modelos digitales 3Shape™ comparándolos con el yeso tradicional.

Dos examinadores bien capacitados, métodos para realizar doce mediciones horizontales y dos mediciones verticales, medido independientemente

Medición modelos de yeso con calibre digital (con una precisión de 0,01 mm; Shanghai Taihai Congliang Ju Co., Ltd, Shanghai, China), medición del modelo digital utilizando el software de medición 3shape™ (Ortho Analyzer).

Los resultados de confiabilidad del sistema entre el yeso y el modelo digital 3Shape™ indicaron una excelente confiabilidad con el ICC más alto de 0,998 y el ICC más bajo de 0,965. El sistema de modelos digitales 3Shape™ son herramientas de medición fiables tras una formación previa suficiente para los examinadores. Además, podría ser una opción viable para reemplazar el yeso en el campo del diagnóstico clínico de ortodoncia.

**Koretsi et al.  
2017<sup>60</sup>**

48 modelos de estudio. Evaluar comparativamente el análisis de modelos manuales tradicionales sobre moldes de yeso y el análisis de modelos digitales con ivoris@analyze 3D, para lo cual se adquirieron modelos virtuales con orthoX@scan.

Un examinador experimentado realizó cinco mediciones repetidas manuales y cinco digitales para cada resultado y modelo. La confiabilidad intraobservador se estimó con coeficientes de correlación intraclass

Modelos virtuales se obtuvieron con orthoX® scan (Dentaurum) y se analizaron con ivoris® analyze3D (Konkret Computer). Los análisis del modelo manual se realizaron con un calibre de dial de 0,1 mm.

La confiabilidad intraobservador demostró ser sustancial tanto en los métodos manuales como digitales, excepto por cinco resultados (12,8%) en el método manual ( $0,59 \leq ICC \leq 0,68$ ). Tres de estos resultados fueron índices de discrepancia en el tamaño de los dientes ( $0,59 \leq ICC \leq 0,66$ ). La confiabilidad fue mayor en el método digital ( $CCI \geq 0,7$  para todos los



		(CCI) en las cinco mediciones repetidas por variable y método.		resultados) que en el método manual. Ambos métodos fueron confiables, pero el análisis del modelo digital fue más confiable que el manual y se encontró menos variabilidad en las mediciones repetidas.	
<b>Czarnota J, et al. 2016<sup>52</sup></b>	20 modelos de estudio.	Determinar la confiabilidad y validez de las mediciones realizadas en modelos digitales con un escáner de escritorio y software de análisis en comparación con las mediciones realizadas manualmente en modelos de yeso convencionales.	Un examinador experimentado repitió las mediciones dos veces en un intervalo de dos semanas y se analizaron para determinar la confiabilidad según los coeficientes de correlación intraclassa (ICC).	Escáner tridimensional (D700; 3Shape), los modelos digitales resultantes con software de análisis (Ortho Analyzer; 3Shape), y los modelos de yeso originales con un calibrador digital (Digimatic CD-15DCX; Mitutoyo).	Los ICC medios para las medidas de ancho de diente fueron 0,95 (rango 0.89-0.98) en los moldes y 0.90 (rango 0.8 - 0.95) en el modelos digitales. De manera similar, las CPI asociadas con la técnica manual también superó ligeramente a la digital.
<b>Nurazreena, et al. 2016<sup>54</sup></b>	50 modelos de estudio.	Comparar las medidas en modelos de yeso utilizando un calibrador digital y en modelos	Dos examinadores, el operador 1 (SNA) y el operador 2 (AAR). La calibración se realizó	Los modelos de yeso se midieron al 0.01 mm más cercano utilizando el calibrador digital electrónico	Para evaluar la precisión: coeficiente de confiabilidad, ANOVA de medidas repetidas y coeficientes de repetibilidad, Houston señaló las variaciones de los errores aleatorios Las variaciones de error oscilaron



Radeke J, et al. 2014<sup>45</sup>

55 modelos de estudio.

Comparar la técnica manual tradicional de utilizar calibradores para tomar medidas de ortodoncia en modelos dentales de yeso frente a una técnica de medición totalmente digital basada en escaneos virtuales en 3D de modelos.

Tres examinadores tomaron medidas en los modelos.

con mediciones repetidas con al menos una semana de diferencia utilizando 10 juegos de modelos de yeso seleccionados al azar y sus imágenes digitalizadas.

Los modelos se escanearon con un escáner de luz blanca d-Station3D a una resolución de 20 µm, y software para análisis OnyxCeph3TM.

Pro-Max (Fowler High Precision, Newton, Mass), se escanearon (Maestro 3D, Age Solutions) y se digitalizaron utilizando el software Easy Dental Scan (Age Solutions).

entre 0,001 y 0,044 mm para el método de calibre digital y entre 0,002 y 0,054 mm para el método de software 3D. las mediciones realizadas con el software Mirror en las imágenes del modelo de estudio digital escaneadas por el escáner Maestro 3D fueron pequeñas y clínicamente aceptables en comparación con las realizadas mediante el método convencional de medición de modelos plásticos con un calibre digital.

Observamos una desviación media de -0,02 mm en las mediciones basadas en software versus medidas basadas en calibre reflejando límites de concordancia del 95% de +0,5 y -0,54 mm, respectivamente. Por tanto, los valores basados en software eran menores que sus contrapartes basadas en calibradores en una media de 0,02 mm, con una probabilidad del 95%.

El método digital requirió significativamente menos tiempo (p <0.01); sin embargo, se observó que las diferencias estaban asociadas con la experiencia del operador. Los escaneos 3D derivados de un yeso son





**Porto BG, et al.  
2014<sup>58</sup>**

30 modelos de estudio.

Comparar la precisión y reproducibilidad de las medidas dentales obtenidas a partir de modelos de yeso utilizando un calibre digital y MS 3DX y desde tres dimensiones; imágenes producidas por el sistema O3d. Considerar las posibles ventajas y desventajas de esta nueva tecnología en ortodoncia.

Un examinador, con un intervalo de 1 semana entre mediciones.

Los modelos de yeso se midieron con calibrador digital (Mitutoyo Digimatic®, Mitutoyo (UK) Ltd) precisión de 0,01 mm, Los modelos digitales se midieron con escáner láser (3Shape R-700, 3Shape A / S). Imágenes digitales software O3d (Widialabs, Brasil)

similares a los resultados obtenidos con un calibre utilizado directamente en el modelo real.

Los datos obtenidos se compararon estadísticamente mediante la fórmula de Dahlberg, análisis de varianza y la prueba de Tukey (P < 0,05). La mayoría de las medidas, obtenidas usando el calibrador y O3d eran idénticas, y ambos fueron significativamente diferentes de los obtenidos mediante el MS. El modelo digital del O3d demostró ser preciso y podría considerarse un dispositivo confiable para uso clínico y científico por ortodoncistas. El calibrador y el O3d presentaron un rendimiento idéntico en la obtención de mediciones y análisis.

**Wiranto et al.  
2013<sup>34</sup>**

22 Modelos de estudio.

Evaluar la validez, confiabilidad y reproducibilidad de modelos digitales obtenidos del escáner oral Lava Chairside (3M ESPE, Seefeld,

Tres examinadores (MGW, WPE y HETN) trabajaron de forma independiente y midieron el ancho de los dientes una vez para los 3 métodos.

Los modelos de yeso se midieron con un calibre digital (FINO, Bad Bocklet, Alemania). Los anchos de los dientes en los modelos DigiModels y Lava se midieron virtualmente en una

Los datos demuestran que los conjuntos de mediciones realizadas por los 3 examinadores independientes en los modelos de yeso, DigiModels y modelos Lava estaban altamente correlacionados (todos los valores de ICC excedieron 0,90). Las diferencias con las medidas en los modelos de yeso oscilaron entre -0,04 y 0,16 mm para los DigiModels y entre -0,24 y 0,07 mm



		<p>Alemania) y escaneos de tomografía computarizada de haz cónico de impresiones de alginato para mediciones de ancho de diente y el Análisis de Bolton.</p>		<p>computadora con el software DigiModel (versión 2.3.7; OrthoProof)</p>	<p>para los modelos Lava. Ninguna medición en los modelos Lava fue significativamente diferente de las de los modelos de yeso. De las mediciones en los DigiModels, algunas mostraron diferencias significativas (<math>P &lt; 0,05</math>). El escaneo intraoral como el escáner CBCT de impresiones de alginato son métodos válidos, confiables y reproducibles para obtener mediciones dentales con fines de diagnóstico.</p> <p>Utilizando la prueba de correlación de Pearson para la medición de dientes individuales, la técnica cualitativa tuvo la mayor correlación lineal con las medidas del yeso (99,06%), seguida de oclusal (98,98%), zoom oclusal (98,88%), facialR (98,37%) y Técnicas FacialD (97,45%). Todos los métodos digitales tienen un ligero sesgo positivo, pero este pequeño sesgo no debería restringir el uso clínico de técnicas digitales para medir el ancho de los dientes mesial-distal. La técnica oclusal, que mide el ancho de cada diente mesial-distal desde el aspecto oclusal estándar, es la mejor combinación de precisión, repetibilidad y velocidad de medición.</p>
<p><b>Horton et al. 2010</b><sup>30</sup></p>	<p>32 modelos de estudio.</p>	<p>Determinar la mejor técnica para medir el ancho de diente mesial-distal en modelos digitales.</p>	<p>El examinador principal pasó 2 semanas tomando medidas dentales mesial-distales y calibró tanto el modelo digital como el cálculo.</p>	<p>El software se utilizó para tomar las medidas en los modelos digitales (emodel, versión 6.0, GeoDigm Corp, Chanhassen, Minn) Los Modelos de yeso se tomaron con una precisión de 0,01 mm utilizando un calibrador digital</p>	<p>Utilizando la prueba de correlación de Pearson para la medición de dientes individuales, la técnica cualitativa tuvo la mayor correlación lineal con las medidas del yeso (99,06%), seguida de oclusal (98,98%), zoom oclusal (98,88%), facialR (98,37%) y Técnicas FacialD (97,45%). Todos los métodos digitales tienen un ligero sesgo positivo, pero este pequeño sesgo no debería restringir el uso clínico de técnicas digitales para medir el ancho de los dientes mesial-distal. La técnica oclusal, que mide el ancho de cada diente mesial-distal desde el aspecto oclusal estándar, es la mejor combinación de precisión, repetibilidad y velocidad de medición.</p>
<p><b>Leifert et al. 2009</b><sup>50</sup></p>	<p>25 digitales y 25 modelos de yeso.</p>	<p>Comparar el análisis espacial de mediciones realizadas en modelos digitales con los de</p>	<p>Todas las medidas fueron realizadas por 2 examinadores.</p>	<p>OrthoCad para la construcción de modelos digitales 3D. Los modelos de yeso se evaluaron utilizando</p>	<p>Los medios de los resultados de las mediciones mandibulares para los 2 tipos de modelos no fueron significativamente diferentes (en el .05 nivel). Las diferencias medias fueron de 0,40 mm en el maxilar y</p>



	modelos de yeso.		un estilo de ortodoncia. Calibrador digital (Pella Inc, Redding, Calif). Software OrthoCad (versión 2.17)	0,33 mm en la mandíbula, con un promedio de menos de una diferencia de 0,5 mm entre las medidas en yeso y modelos digitales. No se encontraron diferencias significativas entre medidas de análisis espacial de los 2 examinadores. Parece que los modelos digitales producidos por OrthoCad y con su software se pueden utilizar de forma fiable para analizar las discrepancias en la longitud del arco	
<b>Dalstra, et al. 2009</b> <sup>59</sup>	12 modelos de estudio con 3 copias.	Comparar la precisión y reproducibilidad de las mediciones realizadas en modelos virtuales digitales con las tomadas en modelos de yeso de modelos vertidos inmediatamente después de que se tomó la impresión.	Fueron realizados por un intraobservador e interobservador.	Los modelos de yeso se midieron con un calibrador digital (Calibrador Digimatic: 700-113 MyCal Lite; los modelos digitales virtuales con O3DMTM (OrtoLab, Cze, stochowa, Polonia). Escaneo de superficie con láser, software O3DMTM	Los parámetros variaron entre 0,09 y 0,38 mm para los modelos de yeso y entre 0,05 y 0,28 mm para los modelos virtuales digitales. El modelo digital correspondiente demostró ser mejor para los modelos digitales, donde la desviación estándar de las medidas nunca superó los 0,10 mm, mientras que para modelos de yeso la desviación estándar fue casi 0,40 mm para las medidas de longitud del arco. No hubo diferencia estadísticamente significativa en las medidas tomadas de las impresiones de alginato que fueron lanzados inmediatamente y los que habían estado en tránsito durante varios días.
<b>Stevens, et al. 2006</b> <sup>55</sup>	24 modelos de estudio.	Comparar el modelo de yeso, estándar de oro actual, con la contraparte digital de	Tres examinadores que trabajaban de forma independiente: un residente de	Las medidas de yeso se realizaron con un calibre digital electrónico (Sealey, Bury St Edmunds, Reino	La reproducibilidad de los modelos digitales con el CCC fue generalmente alta; el promedio de CCC intraexaminador fue 0,923 (rango, 0,618-0,993) para yeso y 0,882 (rango, 0,591-0,990) para Emodels. El



Emodel para el análisis del tamaño de los dientes y las relaciones oclusales, específicamente el análisis de Bolton y el índice de evaluación por pares (PAR) y sus componentes.

ortodoncia senior como examinador principal (DRS) y 2 ortodoncistas con licencia (BN y CF-M).

Unido) al 0.01 mm. Los modelos digitales con las herramientas de análisis de Emodels (versión de software 6.0), al 0.01 mm.

CCC mostró que las 50 mediciones intraexaminador tenían una excelente reproducibilidad tanto para yeso como para Emodels, excepto en 7 medidas (4 yeso y 3 Emodels), que eran buenas. Debido a que el análisis PAR y las medidas que lo componen no son clínicamente significativas entre los modelos de yeso y Emodel, y los resultados preliminares no indicaron que los modelos digitales pudieran hacer que un ortodoncista hiciera un diagnóstico de maloclusión diferente al de los modelos de yeso, los modelos digitales no se ven comprometidos.

Comparar la precisión de las mediciones realizadas por el sistema OrthoCAD en modelos digitales con las mediciones realizadas a mano en modelos tradicionales de yeso.

Dos examinadores, trabajando de forma independiente, registraron el tamaño del diente, la sobremordida y el resalte en los modelos de yeso y digital.

Modelo de yeso con un calibre Boley de estilo ortodóntico (Orthopli, Filadelfia, Pa) al 0,1 mm. Los modelos digitales con las herramientas de análisis proporcionadas por OrthoCAD al 0,1 mm.

Las diferencias medias fueron estadísticamente significativas pero cayeron dentro de un rango pequeño (0,16-0,38 mm). Las medidas digitales fueron más pequeñas que las medidas manuales.

Los modelos de yeso y digitales estaban significativamente correlacionados, tanto para el modelo de yeso como para el digital, mediante el coeficiente de correlación de Pearson ( $P < 0,0001$ ), lo que indica una buena confiabilidad entre examinadores para ambos métodos. Los modelos digitales parecen ser una alternativa clínicamente aceptable a los modelos de yeso para las mediciones utilizadas en la práctica de la ortodoncia.

Santoro, et al. 2003<sup>40</sup>

20 modelos de estudio.



## IX. DISCUSIÓN

Los modelos de yeso en odontología, y particularmente en ortodoncia, son una herramienta de diagnóstico necesaria. Las medidas típicamente incluyen las dimensiones mesial y distal de los dientes, el largo del arco, ancho intercanino, ancho interpremolar, ancho intermolar, sobremordida horizontal, la relación de línea central, la relación oclusal anteroposterior, la clasificación de ángulo, el interarco transversal, así como las relaciones y discrepancia bucal lingual entre las áreas de contacto de los dientes adyacentes.<sup>35-42</sup> Estas medidas se utilizan para calcular el apiñamiento dental y las relaciones entre arcos, como en el caso de las proporciones de Bolton. Está bien aceptado que los modelos de estudios dentales de yeso proporcionan una representación física adecuada del arco dental del paciente;<sup>38</sup> el hecho de que los modelos de yeso se utilicen de forma eficaz para fabricar una variedad de aparatos dentales que se ajustan adecuadamente a los dientes proporciona pruebas suficientes para apoyar esta suposición.

No obstante, las mediciones con calibre tomadas de modelos de yeso presentan errores aleatorios en las mediciones repetidas intraexaminador e interexaminador. En este sentido, se ha demostrado que la fiabilidad de las mediciones tomadas en modelos digitales a partir de impresiones es tan buena o mejor que las mediciones tomadas en modelos de yeso.<sup>23</sup> Algunas publicaciones han informado que la precisión y replicabilidad de las mediciones de la arcada dental están influenciadas por la inclinación, la rotación, los contactos interproximales, las variaciones anatómicas y la variabilidad entre examinadores.<sup>46</sup>

En la presente revisión sistemática, se analizó la literatura para comparar la confiabilidad de los métodos digitales vs métodos convencionales para la medición de las arcadas dentales en medidas lineales.

Para evaluar la precisión del sistema de modelo digital que, podría sustituir al modelo de yeso tradicional en el campo de la ortodoncia, se han realizado estudios que incluyen al sistema OrthoCad™ y al sistema Emodel™.<sup>50</sup> Gran parte de las investigaciones llevadas a cabo han concluido que estos sistemas constituyen una



alternativa válida a los modelos tradicionales de estudio de yeso en el diagnóstico ortodóncico; ya que partir de los modelos digitalizados, el ortodoncista puede realizar mediciones para determinar el colapso transversal, el apiñamiento, las dimensiones de los dientes, sólo por mencionar algunos ejemplos.<sup>45</sup>

En nuestra revisión, cuatro de las publicaciones incluidas (Stevens et al. 2006; Santoro et al. 2003; Leifert et al. 2009; y Horton et al. 2010)<sup>30,40,50,55</sup> estudiaron el apiñamiento, el tamaño de los dientes y las relaciones oclusales, y compararon los resultados obtenidos usando modelos digitales elaborados con los sistemas digitales vs el método tradicional. Santoro et al. (2003)<sup>40</sup> compararon la precisión de las mediciones realizadas por el sistema OrthoCAD en modelos digitales vs las mediciones realizadas a mano en modelos tradicionales de yeso, encontrando una diferencia entre las mediciones del ancho del diente realizadas por los dos métodos, siendo todas las mediciones del modelo digital más pequeñas que las mediciones del modelo de yeso correspondiente. No obstante, dichas diferencias se ubicaron dentro de un rango aceptable. Los autores propusieron que la contracción del alginato durante el transporte hacia la ubicación de OrthoCAD y los tiempos de fraguado del yeso constituyen la causa más probable de las diferencias en el tamaño de la anchura de los dientes, por lo que proponen a los modelos digitales como una alternativa aceptable para las mediciones utilizadas en ortodoncia. En el estudio realizado por Leifert et al. (2009)<sup>50</sup>, se compararon los análisis realizados en modelos de yeso y los llevados a cabo por el sistema OrthoCAD; encontraron una diferencia de 0,5 mm entre las medidas en yeso y el modelo digital. Los autores atribuyeron dicha diferencia a que los modelos digitales dan como resultado medidas más válidas que el yeso porque no hay una barrera física del calibrador al apuntar la ubicación de los puntos de medición. Sin embargo, también se podría colocar el puntero del mouse dentro o fuera de la superficie de los dientes, pudiendo llegar a tomar una medición errónea; por lo que sugirieron seleccionar cuidadosamente el punto de medición en la pantalla para lograr mediciones válidas. Finalmente, concluyeron que los modelos digitales producidos por OrthoCad se pueden utilizar de forma confiable al analizar las discrepancias en la longitud del arco.





En cuanto a la investigación realizada por Horton et al. (2010)<sup>30</sup>, se buscó determinar la técnica de medición en un modelo digital que produjera la mejor combinación de velocidad, exactitud y precisión, utilizando las mediciones digitales de Emodels. El primer cálculo consistió en comparar la suma de los anchos de los dientes en cada conjunto de modelos de yeso con la suma de los anchos de los dientes en los modelos digitales correspondientes. En el segundo cálculo, que correlacionó cada diente individual con el diente correspondiente en el modelo de yeso, se identificó que las mediciones lineales bidimensionales en superficies curvadas causaban una subestimación de las mediciones de los dientes en la dimensión mesial y distal en los modelos digitales, y que se compensa con la medición más pequeña de algunos dientes en la arcada. Se estableció que las técnicas presentan un alto grado de replicabilidad, con desviaciones estándar que no superan los 1,2 mm para toda la dentición o 0,13 mm para los dientes individuales, sugiriendo que este es un factor que afecta sólo en arcadas con dientes muy desalineados.

En las cuatro publicaciones anteriormente descritas, todos los autores concluyeron que los modelos digitales son un reemplazo clínicamente aceptable de los modelos de yeso para las mediciones de rutina realizadas en la mayoría de las prácticas en ortodoncia y que las mediciones pueden ser influenciadas por el nivel de conocimiento de los sistemas digitales OrthoCAD y Emodels por parte de los examinadores, por lo que es necesario capacitar al personal a cargo del manejo de dichas herramientas. Esto es consistente con la mayoría de los estudios incluidos en la presente revisión.<sup>51-58,61</sup>

Otros cuatro estudios incluidos en esta revisión (Amuk et al. 2019; Ming et al. 2018; Czarnota et al. 2016 y Porto et al. 2014)<sup>51-53,58</sup> evaluaron si el sistema de escáner R700 3-shape™ y el software Ortho Analyzer O3d podrían aplicarse con certeza en el análisis de diagnóstico de ortodoncia. Al respecto, Amuk et al. (2019)<sup>53</sup> evaluaron y compararon la fiabilidad y precisión de los análisis realizados utilizando el método de medición convencional en modelos de yeso y las mediciones en modelos digitales 3D obtenidos por escaneo de modelos dentales de yeso.



Los resultados del coeficiente de correlación de Pearson para la medición dental oscilaron entre 0,738 y 0,999 y para el análisis de Bolton entre 0,812 y 0,972. No hubo diferencia estadísticamente significativa entre las medidas lineales obtenidas a partir de modelos de yeso y los modelos digitales. Más de la mitad de las mediciones lineales difirieron significativamente cuando se realizaron en modelos de yeso en comparación con modelos digitales; las diferencias de las medidas para todos los instrumentos, que variaron entre 0,01 y 0,29 mm, fueron clínicamente irrelevantes. Por su parte, Ming et al. (2018)<sup>51</sup> encontraron que la mayor diferencia entre el modelo digital de yeso y el escáner R700 3-shape™ ocurrió en la medición del espacio mandibular ( $0,27 \pm 0,05$  mm). No obstante, los resultados indicaron una excelente confiabilidad con el coeficiente de correlación intraclase (ICC), que mide la confiabilidad en el modelo de distribuciones marginales iguales. Concluyeron que el sistema de modelos digitales 3-Shape™ son herramientas de medición confiables tras una formación previa suficiente para los examinadores. También observaron que los dientes extremadamente inclinados con un apiñamiento severo obstruyen la luz del escáner, lo que reduce su precisión, de ahí que no sea recomendable el uso de 3-Shape en apiñamiento severo.

Czarnota et al. (2016)<sup>52</sup> evaluaron la confiabilidad y validez de las mediciones realizadas en modelos digitales con el escáner tridimensional D700 3-Shape en comparación con las mediciones realizadas manualmente en modelos de yeso. A diferencia de Ming et al. (2018)<sup>51</sup>, emplearon una placa giratoria de 360° con tres ejes complementados por un eje de traslación y otro de inclinación, lo que proporciona libertad de movimiento. Estos autores encontraron algunas discrepancias en las mediciones del ancho del diente; no obstante, se encontraron dentro del rango de aceptabilidad clínica, concluyendo que el escáner de escritorio D700 y el software Ortho Analyzer constituyen un método suficientemente fiable y válido para ser utilizado en la práctica clínica.

Porto et al. (2014).<sup>58</sup> compararon la precisión y reproducibilidad de las medidas dentales obtenidas a partir de modelos de yeso y de modelos digitales en imágenes tridimensionales producidas por el láser 3Shape R-700 y el sistema de software Ortho Analyzer O3d. Los resultados de las medidas lineales del tamaño de los dientes mostraron excelentes correlaciones, excepto para las distancias canina superior e inferior cuando el instrumento de medida fue el MicroScribe digitalizador 3D.



Este instrumento presentó mayor variación en las mediciones, probablemente debido a que el punto activo del instrumento es cónico y de mayor dimensión que los puntos de referencia, dificultando su correcto posicionamiento. Con relación a la imagen, era difícil distinguir el diámetro mesio distal de los dientes anteriores cuando existía apiñamiento, ya que algunos dientes no tenían contornos claros. Concluyeron que el escáner de escritorio D700 y el software Ortho Analyzer O3d para medir parámetros en modelos digitales es lo suficientemente fiable y válido para ser utilizado en la práctica clínica debido a su elevada precisión.

Por otra parte, Radeke et al. (2014)<sup>45</sup> compararon las medidas de ancho de diente tomadas en escaneos 3D de modelos de yeso con el software de análisis OnyxCeph3TM y las tomadas tradicionalmente con un calibrador en los moldes de yeso reales, sin observar diferencias estadísticamente significativas entre las mediciones. Estos autores concluyeron que los escaneos 3D derivados de un yeso son similares a los resultados obtenidos con un calibre utilizado directamente en el modelo en yeso; aunque las mediciones basadas en calibres están asociadas con mejor reproducibilidad de valor que las mediciones basadas en software.

Los resultados de estos estudios son consistentes con la mayoría de las investigaciones incluidas en esta revisión, ya que en todos los casos concluyen que los métodos digitales constituyen una excelente alternativa para reemplazar a los modelos de yeso convencionales.<sup>45,51-58</sup>

Un factor que afecta la precisión de las mediciones es la fase de producción y escaneado del modelo de yeso. Cualquier variación en las medidas entre modelos de yeso y digitales en el escaneo de impresiones debe ser el resultado de una distorsión de contracción del material de impresión (alginato). Este punto es importante especialmente para el modelo digital, ya que su producción depende del escaneo de impresiones.<sup>56-59,61</sup> Al respecto, Dalstra et al. (2009)<sup>59</sup> evaluaron, en impresiones de alginato, la influencia del paso del tiempo (de tres a cinco días en el envío) sobre las medidas obtenidas a partir de modelos de yeso y las compararon con las obtenidas a partir de la medición de un modelo vertido inmediatamente.



Encontraron que el tiempo transcurrido en tránsito hacia el correo no tuvo una influencia significativa sobre el alginato, aunque las medidas transversales del maxilar parecían más cortas que las que habían estado en el correo, posiblemente debido a una contracción del alginato por el tiempo de vertido del yeso. Concluyeron que los modelos digitales pueden reemplazar completamente los modelos tradicionales de yeso sin ninguna diferencia clínicamente relevante.

Otros factores que pueden influir en la validez o reproducibilidad de las mediciones y en el tiempo consumido para la selección de puntos, son la formación y la experiencia del examinador con mediciones digitales en software. Por ejemplo, aunque la resolución del software puede ser alta, puede ser difícil para examinadores sin experiencia elegir el punto de contacto preciso entre 2 dientes.<sup>45, 47, 50, 54</sup>

Entre las ventajas de los modelos obtenidos a partir del escaneo de impresiones, se encuentra que no se necesita realizar nuevas impresiones de modelos de yeso, y esto conlleva a un ahorro de material y tiempo de fraguado. Debido a ello, conocer la fiabilidad y precisión del análisis de modelos dentales digitales obtenidos por escaneo de impresiones tiene actualmente una gran relevancia en la práctica de la ortodoncia moderna.<sup>51-52-54,58-59,61</sup>

En este contexto, Koretsi et al. (2018)<sup>60</sup> compararon el análisis de modelos manuales tradicionales en modelos de yeso vs el análisis de modelos digitales con ivoris@analyze 3D. El análisis de modelo digital demostró ser más confiable para la medición de dientes de mayor tamaño, al igual que el flujo de trabajo digital empleado. Esto concuerda con la investigación de Verma et al. (2019)<sup>56</sup> quienes encontraron que los valores de medición digital fueron generalmente más bajos que las mediciones manuales para la mayoría de las variables, concluyendo que la precisión de las mediciones en modelos digitales fue mayor. Los resultados de ambos estudios coinciden con lo observado en el estudio de Sousa et al. (2003)<sup>33</sup>, quienes encontraron que las medidas de la longitud y el ancho del arco en los modelos digitales eran confiables.

En el estudio de Nurazreena et al. (2016)<sup>54</sup> no se pudieron realizar mediciones directas y se tuvo que recurrir a mediciones indirectas realizadas con el software en imágenes escaneadas con el escáner 3D vectra de superficie sin contacto.



Los autores señalaron que la precisión de las mediciones pudo verse limitada porque los puntos de referencia en los modelos físicos no se marcaron para poder compararlos con los modelos digitalizados; no obstante, concluyeron que los modelos de imágenes obtenidas por el escáner Maestro 3D son alternativas clínicamente aceptables a los modelos de yeso. Lo que es consistente con los hallazgos de los estudios previamente mencionados.<sup>33,45,51-58</sup>

Por otro lado, es necesario considerar que, al tomar mediciones a partir de un modelo digital, el examinador debe rotar en un ángulo mayor sobre la pantalla 2D para dientes muy inclinados, y un ángulo de visión diferente en la pantalla 2D puede resultar en mediciones diferentes. En cuanto al yeso, el apiñamiento severo puede significar una barrera física y causar más dificultad al colocar la punta de la pinza en el punto correcto del yeso.<sup>56, 50,51, 54, 56</sup> Al respecto, Stevens et al. (2006)<sup>55</sup> señalaron que, a diferencia del yeso que proporciona una representación tridimensional real, las ligeras rotaciones del modelo digital en la pantalla de la computadora pueden cambiar rápidamente la percepción del operador. Los examinadores deben rotar las imágenes virtuales para asegurarse de que se identifiquen los puntos correctos en los modelos digitales, lo cual puede dificultar la eficiencia en comparación con el trabajo en modelos de yeso. Además, cuando se realiza una impresión de alginato tradicional, existe el riesgo de deformación dimensional, causada por la absorción de humedad o la pérdida de humedad del material de impresión, con lo cual puede producirse una deformación permanente del material de impresión cuando hay cortes profundos; este es el caso de los brackets usados en ortodoncia. Para superar estas desventajas y eliminar el proceso de digitalización de las impresiones de alginato y modelos de yeso, sería preferible la digitalización directa de la dentición. Esto ha sido posible con escáneres intraorales directos como el escáner oral Lava Chairside (3M ESPE, Seefeld, Alemania).

Hasta la fecha, solo unos pocos estudios han investigado la validez del escáner CBCT de impresiones de alginato, de los cuales solo Wiranto et al. (2013)<sup>34</sup> evaluaron la validez, confiabilidad y reproducibilidad del uso de modelos digitales obtenidos del escáner Lava intraoral y de escaneos CBCT de impresiones de alginato en mediciones del ancho de diente y análisis lineal. Los anchos de los dientes en los modelos de yeso se midieron con un calibre digital y para los modelos DigiModels y Lava se midieron



virtualmente en una computadora con el software DigiModel. Los autores concluyeron que tanto el escaneo intraoral como el escáner CBCT de impresiones de alginato son métodos válidos, confiables y reproducibles para obtener mediciones dentales con fines de diagnóstico, y aunque se obtuvieron diferencias, estas son menores de 0,2 mm y podrían considerarse clínicamente insignificantes. Cabe mencionar, que en el estudio utilizaron alginato con estabilidad dimensional durante 5 días, pero se vertió el mismo día; y como es sabido, el uso de alginato ordinario o sin estabilidad dimensional para modelos de yeso da lugar a medidas más pequeñas porque este tipo de alginato se encoge en menor tiempo.<sup>34, 36,51-60</sup>

Los estudios incluidos en la presente revisión concluyen que la reproducibilidad y precisión obtenidas de las mediciones en modelos digitales les otorgan un elevado grado de confiabilidad, por lo que podrían utilizarse en lugar de los modelos de yeso convencionales. Esto coincide con lo reportado por Fleming et al. (2011)<sup>18</sup> quienes realizaron una revisión sistemática de la literatura centrada en la comparación entre mediciones en modelos digitales vs mediciones con calibradores digitales sobre modelos de yeso. Los autores encontraron que los modelos digitales ofrecen un alto grado de validez en comparación con la medición directa en modelos de yeso. Sin embargo, la calidad general de los estudios seleccionados fue variable, con descripciones generalmente inadecuadas de las poblaciones de la muestra y raros informes de intervalos de confianza y errores estándar entre diferentes técnicas.

Otra revisión hecha por Luu et al. en 2012<sup>46</sup> tuvo por objetivo realizar una revisión sistemática de la literatura para evaluar la validez y confiabilidad de las mediciones lineales utilizando modelos de estudio dental virtual y de yeso. Encontraron que el análisis en modelos electrónicos podría ser significativamente más rápido que el método tradicional de calibradores digitales y modelos de yeso. Además, analizaron la confiabilidad intra-evaluador en términos de diferencias de medias, coeficientes de correlación intraclase (ICC) y coeficientes de correlación de Pearson (PCC) de mediciones de modelos digitales en comparación con moldes de yeso. Estos autores, al igual que Fleming et al.<sup>18</sup>, concluyeron que la validez y confiabilidad de todos los parámetros mostraron diferencias clínicamente no significativas, por lo que sugieren que





los modelos digitales podrían reemplazar a los modelos de yeso. Lo anterior es consistente con los hallazgos de nuestra revisión.

Como ya se ha mencionado, las diferencias entre los modelos de yeso y digitales se pueden atribuir a la distorsión de la impresión de alginato, aunque no siempre es así. Partiendo del hecho de que el modelo digital es una réplica casi exacta de un modelo de yeso, las diferencias también pueden deberse a que las mediciones realizadas en modelos digitales son más válidas que el yeso porque no hay una barrera física del calibrador al establecer la ubicación de los puntos de medición; sin embargo, esto puede provocar errores si el puntero del mouse se coloca dentro o fuera de la superficie de los dientes.<sup>50</sup> Dado lo anterior, es necesario que el personal que toma las mediciones esté debidamente capacitado en el uso de la herramienta digital correspondiente, a fin de evitar diferencias que puedan impactar en el diagnóstico.

Para establecer si las copias escaneadas con láser de los modelos de estudio de yeso son un sustituto apropiado del modelo de yeso original, se deben considerar tanto el error aleatorio asociado con la medición digital repetida como el error sistemático resultante del proceso de escaneo láser. Algunas comparaciones de modelos dentales y escaneos digitales de sus impresiones han encontrado diferencias pequeñas entre las mediciones cuando se utilizan ciertos criterios de medición; no obstante, se pueden obtener mediciones clínicamente aceptables.



## X. CONCLUSIONES

Se realizó una revisión bibliográfica sobre el tema que incluyó información todos en el idioma inglés, en donde se destacó que:

Los hallazgos de la revisión sistemática sugieren que la precisión y reproducibilidad de las mediciones obtenidas a partir de modelos digitales son similares a las obtenidas con modelos convencionales por lo que ambas técnicas son igualmente confiables para su uso en ortodoncia.



## XI. PERSPECTIVAS

Dada la necesidad de determinar si es posible reemplazar los modelos de yeso convencionales con modelos digitales, será imprescindible la realización de ensayos clínicos aleatorizados que comparen la precisión y reproducibilidad de ambas técnicas, a fin de obtener información que permita concluir respecto a su uso. Así mismo, ampliar el rango de búsqueda a más años hasta la fecha.

Se sugiere realizar más estudios de revisión, en donde se incluyan más bases de datos y aumentar los idiomas disponibles en la recolección de datos para asegurar un mayor número de artículos y disminuir al máximo el sesgo en la información.



## XII. REFERENCIAS

- 1.- Cochard LR. Principios de histología y embriología humana. En: Netter J (Editor). Atlas de embriología humana. Barcelona: Masson; 2005.p. 20-61.
- 2.- Sadler TW. Gametogenesis. En: Langman S (Editor). Embriología médica. 11ª ed. Barcelona: Lippincott Williams & Wilkins; 2009.p. 233-310.
- 3.- Avery JK, Embriología general. En: Chiego DJ (Editor). Principios de histología y embriología bucal: con orientación clínica. 3ª ed. Barcelona: Elsevier Mosby; 2007. p. 55-71.
- 4.- Carrasco M, Elicer NM, Ortiz VJ. Teorías de crecimiento cráneo facial: Sicher, Scott, Moss, y Vanlimborgh. Implicancias clínicas. Int J Odontostomat. 2010; 35(12): 16-34.
- 5.- Enlow DH. Señalización y regulación molecular. En: Donald H (Editor). Crecimiento maxilofacial. 3ª ed. México: Editorial Interamericana; 1992. p. 335-382.
- 6.- Santiesteban F, Gutiérrez M. Severidad de apiñamiento relacionado con la masa dentaria. Rev Mex Orthod. 2016; 4(3): 165-168.
- 7.- Águila JN. Crecimiento transversal. En: Águila JN, Editor. Tratado de ortodoncia. Madrid: AMOLCA; 2000. p. 33, 45, 48-63.
- 8.- Proffit WR, Crecimiento y desarrollo maxilofacial. En: Henry W, Editor. Ortodoncia contemporánea, 4ª ed. Madrid: Elsevier; 2008. p. 273-290.
- 9.- Ugalde F, Rosales Alonso JL. Clasificación de la maloclusión en los planos antero posterior, vertical y transversal. Revista ADM. 2007; 64(3): 97-109.
- 10.- Josep M. Diagnóstico y tratamiento en ortodoncia. Madrid: Elsevier; 2016. p. 255-359.
- 11.- Flávio VF. Ortodoncia, diagnóstico y planificación clínica, 2ª ed. São Paulo: Artes Médicas; 2004. p. 415.
- 12.- De Saturno L. Ortodoncia en dentición mixta. 2ª ed. Caracas: Amolca; 2007. p. 110-244.



- 13.- De Oliveira MA, Pereira MD, Hino CT, Campaner AB, Scanavini MA, Ferreira LM. Predicción de la dimensión maxilar transversal mediante modelos de ortodoncia. J Craniofac Surg. 2008; 19: 1465-1471.
- 14.- Bravo Y, Burbano P, Bedoya A. Variabilidad en las medidas de los arcos dentales y su relación con la diferenciación poblacional: una revisión sistemática. Rev Fed Odontol Colomb. 2014; 5(15): 157-175.
- 15.- Laura C, Ernesto O. Exactitud del ancho de las arcadas dentarias: Índice de pont en una población de mexicanos sin maloclusión. Rev ADM. 2003; 9(3): 95-100.
- 16.- Kathiravan P, Mohammad K, Ngeow W. Pont's index is not exact science: a reappraisal; Int J Med. 2013; 20 (2): 204 – 207.
- 17.- Varghese S, Kailasam V, Padmanabhan S, Vikraman B, Chithranjan A. Evaluation of the precision of linear measurements in three-dimensional images derived from spiral computed tomography and its comparison with digital cephalometric radiography. Dentomaxillofac Radiol. 2010; 39: 216-223.
- 18.- PS Fleming V, Marino A. Orthodontic measurements on digital study casts compared to plaster casts: a systematic review. Orthod Craniofac Res. 2011; 14 (1): 1 – 16
- 19.- Nawi N, Mohamed AM, Marizan Nor M, Ashar NA. Correlation and agreement of a digital and conventional method to measure arch parameters. J Orofac Orthop. 2018; 79(1):19-27. doi: 10.1007/s00056-017-0111-3.
- 20.- Silvia JC, Adriana O, Beatriz EP. Ortopedia y ortodoncia para la dentición decidua. São Paulo: Amolca; 2018. p. 240.
- 21.- Ferreira JB, Christovam IO, Alencar DS, da Motta AFJ, Mattos CT, Cury-Saramago A. Accuracy and reproducibility of dental measurements on tomographic digital models: a systematic review and meta-analysis. Dentomaxillofac Radiol. 2017; 46(7):213-222. doi: 10.1259/dmfr.20160455.
- 22.- Nirkman Y, Milles GP. Validity of maxillary expansion indices. Angle Orthod. 1995; 65(5): 321-26.



- 23.- Akyalcin S, Cozad BE, English JD, Colville CD, Laman S. Diagnostic accuracy of impression-free digital models. *Am J Orthod Dentofacial Orthop.* 2013;144(6):916-22. doi: 10.1016/j.ajodo.2013.04.024.
- 24.- Tarazona B, Llamas JM, Cibrian R, Gandia JL, Paredes V. A comparison between dental measurements taken from CBCT models and those taken from a digital method. *Eur J Orthod.* 2013; 35(1):1-6. doi: 10.1093/ejo/cjr005.
- 25.- Abizadeh N, Moles D.R, O'Neill J, Noar J.H. Digital versus plaster study models: how accurate and reproducible are they?. *J Orthod.* 2012; 39: 151-159.
- 26.- Santiesteban F, Gutiérrez M. Severidad de apiñamiento relacionado con la masa dentaria. *Rev Mex Orthod.* 2016; 4(3): 165-168
- 27.- Kumar AA, Phillip A, Kumar S, Rawat A, Priya S, Kumaran V. Digital model as an alternative to plaster model in assessment of space analysis. *J Pharm Bioallied Sci.* 2015;7(2):465-4699. doi: 10.4103/0975-7406.163506. PMID: 26538899; PMCID: PMC4606641.
- 28.- De Waard O, Rangel FA, Fudalej PS, Bronkhorst EM, Kuijpers-Jagtman AM, Breuning KH. Reproducibility and accuracy of linear measurements on dental models derived from cone-beam computed tomography compared with digital dental casts. *Am J Orthod Dentofacial Orthop.* 2014; 146(3):328-36. doi: 10.1016/j.ajodo.2014.05.026.
- 29.- Nervina JM. Cone beam computed tomography use in orthodontics. *Aust Dent J.* 2012; 57(1):95-102. doi: 10.1111/j.1834-7819.2011.01662.x.
- 30.- Horton HM, Miller JR, Gaillard PR, Larson BE. Technique comparison for efficient orthodontic tooth measurements using digital models. *Angle Orthod.* 2010; 80(2): 254-61.
- 31.- Sawchuk D, Currie K, Vich ML, Palomo JM, Flores-Mir C. Diagnostic methods to assess maxillary transverse dental and skeletal deficiencies: a systematic review. *Korean J Orthod.* 2016; 46(5): 331-342. doi: 10.4041 / kjod.2016.46.5.331





- 32.- Massaro C, Losada C, Cevidanes L, Yatabe M, Garib D, Lauris JRP, et al. Comparison of linear and angular changes assessed in digital dental models and cone-beam computed tomography. *Orthod Craniofac*. 2020;23(1):118-128. doi: 10.1111/ocr.12352.
- 33.- Quimby ML, Vig KW, Rashid RG, Firestone AR. The accuracy and reliability of measurements made on computer-based digital models. *Angle Orthod*. 2004; 74: 298-303.
- 34.- Wiranto MG, Engelbrecht WP, Tutein Nolthenius HE, van der Meer WJ, Ren Y. Validity, reliability, and reproducibility of linear measurements on digital models obtained from intraoral and cone-beam computed tomography scans of alginate impressions. *Am J Orthod Dentofacial Orthop*. 2013; 143(1):140-7. doi: 10.1016/j.ajodo.2012.06.018.
- 35.- Burns A, Dowling AH, Garvey TM, Fleming GJ. The reliability of Little's irregularity index for the upper dental arch using three dimensional (3D) digital models. *J Dent*. 2014;42: 1320-1326.
- 36.- Alvaran N, Roldan SI, Buschang PH. Colombian maxillary and mandibular arch widths. *Soy J Orthod Dentofacial Orthop*. 2009; 135 : 649–656.
- 37.- Tarazona B, Llamas JM, Cibrián R, Gandía JL, Paredes V. Evaluation of the validity of the Bolton Index using cone-beam computed tomography (CBCT). *Med Oral Patol Oral Cir Bucal*. 2012;17(5):878-883. doi: 10.4317/medoral.18069.
- 38.- Mayers M, Firestone AR, Rashid R, Vig KW. Comparison of Peer Assessment Index (PAR) scores of computer-based and plaster digital models. *J Orthod Dentofacial Orthop*. 2005: 128: 431–4.
- 39.- Gabriele Rossini, Simone Parrini, Castroflorio B, Andrea Deregibus. Diagnostic accuracy and measurement sensitivity of digital models for orthodontic purposes: A systematic review. *Am J Orthod Dentofacial Orthop* 2016;149:161-70. <http://dx.doi.org/10.1016/j.ajodo.2015.06.029>



- 40.- Santoro M, Galkin S, Teredesai M, Nicolay OF, Cangialosi TJ. Comparison of measurements made on digital and plaster models. *Am J Orthod Dentofacial Orthop.* 2003; 124: 101-105
- 41.- Kau CH, Littlefield J, Rayny N, Nguyen JT, Creed B. Evaluation of digital CBCT models and traditional models using Little's index. *Angle orthod.* 2010; 80: 435–9.
- 42.- Baumgaertel S, Palomo JM, Palomo L, Hans MG. Reliability and precision of cone beam computed tomography dental measurements. *J Orthod Orthop Dentofacial.* 2009; 136: 19–25.
- 43.- Ye N, Jian F, Xue J, Wang S, Liao L, Huang W, et al. Accuracy of in vitro dental volumetric measurements from cone beam computed tomography. *J Orthod Dentofacial Orthop.* 2012; 142: 879–887.
- 44.- Sousa MV, Vasconcelos EC, Janson G, Garib D, Pinzan A. Accuracy and reproducibility of 3-dimensional digital model measurements. *Am J Orthod Dentofacial Orthop.* 2012;142:269-73.
- 45.- Radeke J, von der Wense C, Lapatki BG. Comparison of orthodontic measurements on dental plaster casts and 3D scans. *J Orofac Orthop* 2014;75:264-74.
- 46.- Luu NS, Nikolcheva LG, Retrouvey JM, Flores-Mir C, El-Bialy T, Carey J.P, et al. Linear measurements using virtual study models. *Angle Orthod.* 2012; 82: 1098-1106
- 47.- Goonewardene RW, Razza JM, Murray K. Accuracy and validity of space analysis and irregularity index measurements using digital models. *Aust Orthod J* 2008;24: 83-90.
- 48.- De Luca CG, Pacheco-Pereira C, Lagravere MO, Flores-Mir C, Major PW. Intra-arch dimensional measurement validity of laser-scanned digital dental models compared with the original plaster models: a systematic review. *Orthod Craniofac Res.* 2015; 18: 65–76. doi: <https://doi.org/10.1111/ocr.12068>
- 49.- Kim J, Heo G, Lagravere MO. Accuracy of laser-scanned models compared to plaster models and cone-beam computed tomography. *Angle Orthod.* 2014; 84: 443–50. doi: <https://doi.org/10.2319/051213-365.1>



- 50.- Leifert MF, Leifert MM, Efstratiadis SS, Cangialosi TJ. Comparison of space analysis evaluations with digital models and plaster dental casts. *Am J Orthod Dentofacial Orthop.* 2009;136(6).1–16.
- 51.- Liang YL, Rutchakitprakarn L, Shou HK, Tzu YW. Comparing the reliability and accuracy of clinical measurements using plaster model and the digital model system based on crowding severity. *J Chin Med Assoc.* 2018: 81(9) 842-847.
- 52.- Czarnota J, Hey J, Fuhrmann R. Measurements using orthodontic analysis software on digital models obtained by 3D scans of plaster casts. *J Orofac Orthop* 2016; 77:22–30. DOI 10.1007/s00056-015-0004-2
- 53.- Gül Amuk N, Karsli E, Kurt G. Comparison of dental measurements between conventional plaster models, digital models obtained by impression scanning and plaster model scanning tome. *Int J Orthod Milwaukee.* 2019; 17: 151–158. <https://doi.org/10.1016/j.ortho.2019.01.014>
- 54.- Nurazreena WH, Othman SA, Chan CS, Ahmad R, Ali SN, Rohim AA. Assessing agreement in measurements of orthodontic study models: Digital caliper on plaster models vs 3-dimensional software on models scanned by structured-light scanner. *Am J Orthod Dentofacial Orthop.* 2016; 150(50): 886-895. <https://doi.org/10.1016/j.ajodo.2016.04.021>
- 55.- Stevens R, Flores R, Brian N, Donald W, Giseon R, Major W. Validity, reliability, and reproducibility of plaster vs digital study models: Comparison of peer assessment rating and Bolton analysis and their constituent measurements. *Am J Orthod Dentofacial Orthop.* 2006; 129(6): 794-803. <https://doi-org.pbidi.unam.mx:2443/10.1016/j.ajodo.2004.08.023>
- 56.- Verma R, Singh S, Verma S, Kumar V, Bhupali V, Sohail A. Comparison of reliability, validity, and accuracy of linear measurements made on pre- and posttreatment digital study models with conventional plaster study models. *J Orthod Sci.* 2019; 8(2): 18-22. doi: 10.4103/jos.JOS\_14\_19



- 57.- Park-Jim, Kim D, Han-Sang, Yu-Hyung, Jung-Yul. Three-dimensional comparison of 2 digital models obtained from cone-beam computed tomographic scans of polyvinyl siloxane impressions and plaster models imaging. *Sci Dent*. 2019; 49(4): 257–263. doi: 10.5624/isd.2019.49.4.257
- 58.- Porto BG, Porto TS, Silva MB, Grehs RA, Dos Santos P, Bhandi SH, et al. Comparison of Linear Measurements and Analyses taken from Plaster Models and Three-dimensional Images. *J Contemp Dent Pract*. 2014;15(6): 681-687.
- 59.- Dalstra M, Melsen B. From alginate impressions to digital virtual models: accuracy and reproducibility. *J Orthod Sci*. 2009; 36(1): 36–41. doi: 10.1179 / 14653120722905
- 60.- Coleman RM, Hembree JH, Weber FN. Dimensional stability of irreversible hydrocolloid impression material. *Am J Orthod*. 1979; 75(2):438–46.
- 61.- Koretsi V, Tingelhoff T, Proff P, Kirschneck C. Intra-observer reliability and agreement of manual and digital orthodontic model analysis. *European Journal of Orthodontics*. 2018; 40(1) 52–57. <https://doi.org/10.1093/ejo/cjx040>
- 64.- Hayama H, Fueki H, Wadachi J, Wakabayash W. Trueness and precision of digital impressions obtained using an intraoral scanner with different head size in the partially edentulous mandible. *J Prosthodont Res*. 2018; 62(8): 347–352.
- 65.- Oliveira DD, Drummond M, Pantuzo M, Lanna A. Confiabilidade do uso de modelos digitais tridimensionais como exame auxiliar ao diagnostico ortodontico: um estudo piloto. *J World Fed Orthod*. 2007; 12(2):84–93
- 66.- Sohmura T, Wakabayashi K, Lowmunkong R, Hojo H, Kusumoto N, Okuda H et al. 3D shape measurement of dental casts using medical Xray CT. *Dent Mater J*. 2004;23: 121–8.
- 67.- Mendoza-Núñez VM, Sánchez Rodríguez MA, Romo-Pinales MR, Hernández-Zavala MA. Investigación. Introducción a la metodología. México: FES Zaragoza, UNAM; 2011.p.73-80.



### XIII.- Anexos

#### Cuadro VIII.5.

Estudios excluidos de la revisión sistemática

Estudios	Razón de la exclusión
1.- Chen X, et al. J Craniomaxillofac Surg. 2015 Mar;43(2):264-73. doi: 10.1016/j.jcms.2014.11.022. Asghari, et al. Adv Phar Bull. 2018, 8(2), 307-317.	No evalúan análisis de modelos
2.- Arnheiter C, et al. J Craniomaxillofac Surg. 2012;40(8):757-62. doi: 10.1016/j.jcms.2012.01.026.https://doi.org/10.1016/j.ajodo.2016.12.013	No evalúan en sistema lineal los análisis de modelos
3.- Cevidanes LH, et al. Dental press. 2014; Am J Orthod Dentofacial Orthop. 2015;147(1):132-42. doi: 10.1016/j.ajodo.2014.10.010.	Es un estudio piloto
4.- Camardella LT, et al. Korean J Orthod. 2020;50(1):13-25. Doi: 10.4041/kjod.2020.50.1.13	No evalúan análisis de modelos
5.- Camardella LT, et al. Am J Orthod Dentofacial Orthop. 2018;153(3):377-386. Doi: 10.1016/j.ajodo.2017.07.019. Foroghi, et al. IJEM. 2018;20:169-176.	No evalúan análisis de modelos
6.- Choi DS, et al. Angle Orthod. 2010 Jul;80(4):497-503. doi: 10.2319/101309-569.1.	Es un protocolo
7.- Huhn, et al. 2018. NeuroImage Doi:10.1016/j.neuroimage.2018.03.023	Es un protocolo
8.- Ritto FG, et al. Diabet Med. 2013;61:1886 Doi: 10.1111/dme.12231	No evalúan análisis de modelos
9.- Fakir Y, et al. MethodsX. 2020;6;7:100851. Doi: 10.1016/j.mex.2020.100851. eCollection 2020	
10.- Gowd S, et al. J Int Soc Prev Community Dent. 2017 Jul-Aug;7(4):214-217. Doi:10.4103/jispcd.JISPCD_182_17. Epub 2017 Jul 31.	No informan las medidas lineales en modelos
11.- Grünheid T, et al. Am J Orthod Dentofacial Orthop. 2014;145(2):157-64. Doi: 10.1016/j.ajodo.2013.10.012.	No evalúan en sistema lineal los análisis de modelos
12.- Hayashi K, et al. Am J Orthod Dentofacial Orthop. 2015;147(3):373-80. Doi: 10.1016/j.ajodo.2014.11.015.	No evalúan en sistema lineal los análisis de modelos
13.- Mahmood, et al. J. Pharm Sci Res. 2018;10(5):999-1005.	Es protocolo
14.- Hend M, et al. Am J Orthod, 2010. Doi:	No evalúan análisis de



---

<a href="https://doi.org/10.1016/j.ajodo.2008.04.030">https://doi.org/10.1016/j.ajodo.2008.04.030</a> .	modelos
15.- Hildebrand JC, et al. Am J Orthod Dentofacial Orthop. 2008;133(2):283-9. Doi: 10.1016/j.ajodo.2006.03.035.	No evalúan en sistema lineal los análisis de modelos
16.- Joon Im, et al. J Clin Endo. 2014;99:434–476. Doi: <a href="https://doi.org/10.1016/j.ajodo.2013.12.014">https://doi.org/10.1016/j.ajodo.2013.12.014</a> .	Es protocolo
17.- Kim J, et al. Korean J Orthod. 2016;46(1):13-9. Doi: 10.4041/kjod.2016.46.1.13. .	No evalúan análisis de modelos
18.- Pontes LF, et al. Eur J Orthod. 2015;37(4):435-9. doi: 10.1093/ejo/cju055.	No evalúan análisis de modelos
19.- Quevedo L.A, et al. Orthod Craniofac Res. 2011;14(4):222-33. doi: 10.1111/j.1601-6343.2011.01527.x.	Es protocolo
20.- Bootvong K, Liu Z, McGrath C et al. 201; Eur J Orthod 32:589–595	No evalúan análisis de modelos
21.- Costalos PA, Sarraf K, Cangialosi TJ et al. 2005; Am J Orthod Dentofacial Orthop 128:624–629	No evalúan en sistema lineal los análisis de modelos
22.- Joffe L. 2004. J Orthod 31:344–347	Es un protocolo
23.- Boldt F, Weinzierl C, Hertrich K et al. 2009; J Orofac Orthop 70: 247–263	No evalúan análisis de modelos
24.- Goonewardene RW, Goonewardene MS, Razza JM et al. 2008; Aust Orthod J 24: 83–90	No evalúan análisis de modelos
25.- Keating AP, Knox J, Bibb R et al. 2008; J Orthod 35: 191–201	No evalúan análisis de modelos
26.- Naidu D, Scott J, Ong D et al. 2009; Aust Orthod J 25: 97–103	No evalúan análisis de modelos
27.- Redlich M, Weinstock T, Abed Y et al. 2008; Orthod Craniofac Res 11: 90–95	No evalúan análisis de modelos
28.- Rosseto MC, Palma FM, Ferreira RI et al. 2009; Braz Oral Res 23: 190-195	No evalúan análisis de modelos
29.- Tomassetti JJ, Taloumis LJ, Denny JM et al. 2004; Ángulo Orthod 71 (5): 351–357	No evalúan análisis de modelos

---





---

30.- Zilberman O, Huggare JA, Parikakis KA. 2003; Ángulo Orthod 73: 301–306	No evalúan análisis de modelos
31.- Okunami TR, Kusnoto B, BeGole E et al. 2007; Am J Orthod Dentofacial Orthop 131: 51–56	Es protocolo

---