



Facultad de Odontología

Programa de Especialización Ortodoncia y Ortopedia Dentomaxilofacial

**CONCORDANCIA DE DOS MÉTODOS TOMOGRÁFICOS EN EL DIAGNÓSTICO DE
DEFICIENCIA TRANSVERSAL MAXILAR: ANÁLISIS DE PENN Y ANÁLISIS DE
YONSEI**

TESIS PARA OPTAR AL TÍTULO DE ESPECIALISTA EN ORTODONCIA Y
ORTOPEDIA DENTOMAXILOFACIAL

Alumnas: Dra. Camila Lazcano Azócar
Dra. Katerin López Ceballos

Profesor guía: Dr. Pedro Córdova Salinas
Colaboradores: Dra. Carolina Vergara S.
Dr. Cristian Rosas M.

VIÑA DEL MAR, CHILE

2023

TABLA DE CONTENIDO

1.	RESUMEN	VI
2.	INTRODUCCIÓN.....	1
3.	MARCO TEÓRICO.....	3
3.1	DIAGNÓSTICO DE DEFICIENCIA TRANSVERSAL MAXILAR.....	3
3.1.1	<i>Teleradiografía frontal</i>	5
3.1.2	<i>Wala ridge</i>	8
3.1.2.1	Análisis transversal en modelos.....	11
3.1.3	<i>Tomografía computarizada cone beam (CBCT)</i>	12
3.1.3.1	Principios básicos CBCT.....	12
3.1.3.2	Funcionamiento de la tecnología del CBCT	15
3.1.4	<i>Métodos de análisis transversal CBCT</i>	17
3.1.4.1	Análisis de Penn	18
3.1.4.2	Análisis de Yonsei.....	25
4.	HIPÓTESIS.....	29
5.	OBJETIVOS DE INVESTIGACIÓN	30
6.	MATERIAL Y MÉTODO	31
6.1	TIPO DE ESTUDIO Y DISEÑO GENERAL	31
6.2	PARTICIPANTES	31
6.3	CRITERIOS DE INCLUSIÓN.....	31
6.4	CRITERIOS DE EXCLUSIÓN	32
6.5	DEFINICIÓN DE VARIABLES	32
6.6	CONSIDERACIONES ÉTICAS.....	33
6.7	CALIBRACIÓN	34
6.8	RECOLECCIÓN DE DATOS	34
6.9	PROCEDIMIENTO Y TÉCNICA	35
6.9.1	<i>Carga y orientación del examen CBCT</i>	35
6.9.2	<i>Protocolo mediciones transversales esqueléticas en CBCT</i>	36
6.9.2.1	Análisis CBCT Penn	37
6.9.2.2	Análisis CBCT Yonsei.....	39
6.10	ANÁLISIS DE RESULTADOS.....	41
7.	RESULTADOS	42

8.	DISCUSIÓN	43
9.	CONCLUSIONES.....	47
10.	RECOMENDACIONES.....	48
11.	REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS	49
12.	ANEXOS	53
12.1	CARTA DE APROBACIÓN DEL COMITÉ DE INVESTIGACIÓN Y ÉTICA DE LA FACULTAD DE ODONTOLOGÍA DE LA UNIVERSIDAD ANDRÉS BELLO.....	53
12.2	BASE DE DATOS MEDICIONES.	54

Índice de Figuras

FIGURA 1. LOS ELEMENTOS DEL ANÁLISIS CEFALOMÉTRICO PA	5
FIGURA 2. CEFALOMETRÍA FRONTAL PARA EL ESTUDIO DE LA DISCREPANCIA MAXILOMANDIBULAR TRANSVERSAL	6
FIGURA 3. TABLA VALORES NORMALES DE RICKETTS. ADAPTADA DE VANARSDALL.....	6
FIGURA 4. EJEMPLO ANÁLISIS PA DE RICKETTS	7
FIGURA 5. DEMARCACIÓN WALA RIDGE	9
FIGURA 6. VISIÓN OCLUSAL WALA RIDGE Y LOS PUNTOS DEL CENTRO DE LA CORONA CLÍNICA (PUNTOS FA).....	9
FIGURA 7. EL ANCHO DEL MAXILAR ES ÓPTIMO CUANDO LA DISTANCIA X' MM ES IGUAL A LA DISTANCIA X	10
FIGURA 8. DETERMINACIÓN DE DISTANCIAS MANDIBULARES WALA-WALA Y FA-FA.....	11
FIGURA 9. DETERMINACIÓN DE LA DISTANCIA FA-FA MAXILAR Y EL CAMBIO ESTIMADO AL ENDEREZAR LOS MOLARES	11
FIGURA 10. REPRESENTACIÓN DE LAS GEOMETRÍAS DE ADQUISICIÓN DE TC.....	13
FIGURA 11. ESQUEMA DE PROYECCIÓN DE HAZ DE RAYOS X QUE COMPARA LA GEOMETRÍA DE ADQUISICIÓN DE IMÁGENES DE HAZ CÓNICO CBCT (IZQUIERDA) CON LA TC CONVENCIONAL DE "HAZ EN ABANICO" (DERECHA)	14
FIGURA 12. CBCT: MODOS DE ADQUISICIÓN Y VISUALIZACIÓN DE IMÁGENES.....	14
FIGURA 13. CONJUNTO DE DATOS DEL CBCT.	15
FIGURA 14. RECONSTRUCCIÓN GENERADA POR LA ADQUISICIÓN DE DATOS PROVENIENTES DE UN ESCANEADO MEDIANTE CBCT.....	16
FIGURA 15. REPRESENTACIÓN QUE MUESTRA LOS DIFERENTES TAMAÑOS DE FOV.....	17
FIGURA 16. SECCIÓN CORONAL DE LOS PRIMEROS MOLARES DE UNA IMAGEN CBCT. LAS RAÍCES DE LOS MOLARES SUPERIORES Y MANDIBULARES SE ENCUENTRAN EN EL CENTRO DE LOS HUESOS MEDULARES	18
FIGURA 17. UBICACIÓN DEL PUNTO WALA RIDGE EN LA MISMA LÍNEA HORIZONTAL QUE EL CENTRO DE RESISTENCIA DE LOS MOLARES INFERIORES	19
FIGURA 18. REPRESENTACIÓN Y UBICACIÓN DE LOS PUNTOS DE REFERENCIA MAXILAR (PUNTOS MX) Y PUNTOS DE REFERENCIA MANDIBULAR (PUNTOS WALA) PARA ESTABLECER LA DISCREPANCIA TRANSVERSAL	19
FIGURA 19. ANÁLISIS DE LA DISCREPANCIA TRANSVERSAL ÓSEA BASADO EN CBCT DE LA UNIVERSIDAD DE PENNSYLVANIA (6).	20
FIGURA 20. PARA LA DETERMINACIÓN DEL PUNTO WALA ES PREFERIBLE LA VISIÓN EN EL CORTE AXIAL AL CORTE CORONAL PARA REDUCIR LOS ERRORES	21
FIGURA 21. MPV DE UNA TOMOGRAFÍA COMPUTARIZADA DE HAZ CÓNICO	22
FIGURA 22. UBICACIÓN DE LOS CORTES AXIALES Y CORONALES MANDIBULARES	22
FIGURA 23. MEDICIÓN DEL ANCHO ESQUELÉTICO MANDIBULAR.....	23
FIGURA 24. MEDICIÓN DE CORTES AXIALES Y CORONALES MAXILARES.....	23

FIGURA 25. MEDICIÓN DEL ANCHO ESQUELÉTICO MAXILAR.	24
FIGURA 26. EJEMPLO DE ESQUELÉTICO TRANSVERSAL ÓPTIMO. RELACIONES MEDIANTE ANÁLISIS CBCT	24
FIGURA 27. MANIFESTACIÓN CLÍNICA DE PROBLEMAS TRANSVERSALES; CR, CENTRO DE RESISTENCIA.....	25
FIGURA 28. DIAGRAMA ESQUEMÁTICO DEL ÍNDICE TRANSVERSAL DE YONSEI (YTI). Mx., MAXILAR; Mn., MANDÍBULA; CR, CENTRO DE RESISTENCIA; NS, NO SIGNIFICATIVO	26
FIGURA 29. COMPENSACIÓN DENTAL DE LOS DIENTES POSTERIORES MAXILARES Y MANDIBULARES	26
FIGURA 30. ANCHO DE LA ARCADA DENTAL SOBRE EL MODELO (DAW).....	27
FIGURA 31. ANCHO DEL ARCO BASAL EN TOMOGRAFÍA COMPUTARIZADA TRIDIMENSIONAL (BAW-CT).....	28
FIGURA 32. CORRECCIÓN DEL ANCHO DEL ARCO BASAL MAXILAR (BAW) MEDIANTE EL USO DE UN APARATO DE EXPANSIÓN PALATINA RÁPIDA ASISTIDO POR MICROTORNILLO (MARPE)	28
FIGURA 33. ORIENTACIÓN DE LAS ESTRUCTURAS CRANEOFACIALES EN LOS TRES PLANOS (SOFTWARE IMPLASTATION).....	35
FIGURA 34. ORIENTACIÓN CBCT, PASA POR EL PUNTO SUBORBITARIO DE AMBAS ÓRBITAS, LA VERTICAL PASA POR ENA. (SOFTWARE IMPLASTATION).	36
FIGURA 35. VISUALIZACIÓN CBCT, VISTAS CORONAL, SAGITAL Y AXIAL (SOFTWARE IMPLASTATION).....	36
FIGURA 36. MEDICIÓN TRANSVERSAL MAXILAR DEL ANÁLISIS PENN (SOFTWARE IMPLASTATION).	37
FIGURA 37. MEDICIÓN TRANSVERSAL MANDIBULAR DEL ANÁLISIS DE PENN (SOFTWARE IMPLASTATION).	38
FIGURA 38. MEDICIÓN TRANSVERSAL MAXILAR DEL ANÁLISIS DE LA UNIVERSIDAD YONSEI (SOFTWARE IMPLASTATION)	39
FIGURA 39. MEDICIÓN TRANSVERSAL MANDIBULAR DEL ANÁLISIS DE LA UNIVERSIDAD YONSEI (SOFTWARE IMPLASTATION)	39

Índice de Tablas

TABLA 1. DEFINICIÓN DE VARIABLES.....	33
TABLA 2. ORIENTACIÓN CBCT PARA LA MEDICIÓN DE TRES ANÁLISIS TRANSVERSALES CBCT.	35
TABLA 3. RESUMEN DE PUNTOS DE REFERENCIA Y PARÁMETROS EVALUADOS EN ESTE ESTUDIO.	41
TABLA 4. TABLA 2 X 2 CONCORDANCIA KAPPA - ANÁLISIS DE PENN Y YONSEI.	42

1. RESUMEN

En ortodoncia, el diagnóstico y la planificación del tratamiento es indispensable antes de iniciar el tratamiento. A lo largo de los años, se han realizado de manera rutinaria los análisis para el plano sagital y vertical, pero la dimensión transversal ha sido la menos estudiada. Está claro que las discrepancias transversales obvias, como la asimetría facial, la desviación de la línea media, la mordida cruzada posterior y la mordida en tijera, alteran la relación oclusal y dificultan la corrección ortodóncica hacia una oclusión normal, por tanto, el diagnóstico de relación transversal es tan importante como el de la discrepancia sagital y vertical.

Existen métodos de diagnóstico para determinar la discrepancia transversal los cuales se realizan en radiografías posteroanteriores, en modelos de estudio y en tomografía computarizada cone beam (CBCT), siendo este último, el método más indicado por su precisión.

El objetivo de la presente investigación es determinar la concordancia en el diagnóstico de deficiencia transversal entre dos diferentes métodos tomográficos: análisis de Penn y análisis de Yonsei.

La muestra del estudio estuvo conformada por exámenes CBCT obtenidas de una base de datos anonimizada de pacientes de una institución privada especializada en ortodoncia, ubicada en Santiago de Chile, el diseño de este estudio es de tipo descriptivo de corte transversal, correspondiendo a un estudio de concordancia.

Resultados: cuando se analiza la concordancia entre ambos métodos de diagnóstico se observa por debajo del umbral que normalmente se considera aceptable para un acuerdo (valor de kappa = 0.368). Por lo tanto, se concluye que no hay concordancia en el diagnóstico de deficiencia transversal maxilar mediante el análisis de Penn y análisis de Yonsei.

2. INTRODUCCIÓN

En ortodoncia, el diagnóstico y la planificación de tratamiento es indispensable antes de iniciar el tratamiento (1). El diagnóstico debe realizarse de una manera global, es decir, se debe hacer un análisis en los tres sentidos del espacio; sagital, vertical y transversal. Hay muchos artículos que tratan sobre las dimensiones sagital y vertical, pero pocos están relacionados con la dimensión transversal (2).

La definición de relación transversal adecuada, ha sido escasa en la literatura de ortodoncia, lo que posiblemente provoque una falta de comprensión sobre la importancia del control transversal (3). Está claro que las discrepancias transversales obvias, como la asimetría facial, la desviación de la línea media, la mordida cruzada posterior y la mordida en tijera, alteran la relación oclusal y dificultan la corrección ortodóncica hacia una oclusión normal. Por tanto, el diagnóstico de relación transversal es tan importante como el de la discrepancia sagital o vertical (3).

La coordinación de arcadas transversalmente debe ser uno de los primeros objetivos en alcanzar durante el tratamiento (4). Controlar la discrepancia transversal es fundamental para garantizar oclusiones estables y funcionales, aunque no sea fácilmente identificable debido a las inclinaciones molares alteradas que camuflan la relación transversal(5).

Además de la evaluación clínica, el diagnóstico de la deficiencia transversal maxilar (DTM) puede hacerse más claro y preciso mediante el uso de modelos de estudio, radiografías 2D e imágenes en 3D (5). Se han desarrollado varios análisis que utilizan cefalogramas posteroanteriores para mejorar el diagnóstico transversal. Sin embargo, el método de evaluación bidimensional tiene varias limitaciones, incluida una mala representación del ancho del hueso alveolar, errores de proyección por la baja reproducibilidad de la postura de la cabeza, y errores de identificación de puntos de referencia (6).

Recientemente, la tomografía computarizada cone beam (CBCT) ha permitido la visualización de las estructuras craneofaciales con imágenes tridimensionales. La CBCT supera las limitaciones de las radiografías 2D y los modelos dentales convencionales. La

vista transversal ha permitido medir distancias lineales o valores angulares con mayor precisión por lo que muchos estudios han sugerido que se puede realizar un análisis transversal utilizando CBCT (7).

Hoy en día el método más utilizado para el diagnóstico transversal 3D es el análisis tomográfico (CBCT) propuesto por la Universidad de Pennsylvania el 2010 (Análisis de Penn) (6). Esta propuesta determina la cantidad de discrepancia transversal entre los maxilares y se basa en el uso de puntos de referencia que representan el ancho de la base alveolar; donde para el maxilar superior se deben localizar los puntos jugales derecho e izquierdo propuestos por Ricketts, para la mandíbula es necesario ubicar a nivel de las furcas de los primeros molares inferiores los puntos WALA-WALA, una vez localizados estos puntos se mide el ancho tanto en el maxilar como en la mandíbula. La diferencia aparentemente ideal para el ancho de los maxilares en pacientes maduros que utiliza el análisis de Penn es de 5 mm, es decir, el maxilar debe ser 5mm más grande que la mandíbula (6) .

En el año 2017, Koo et al. (8) introdujeron el análisis transversal de la Universidad de Yonsei. Los autores afirman que los centros de resistencia (CR) de los primeros molares permanentes no se verían afectados fácilmente por la inclinación de los dientes; por tanto, la diferencia entre CR podría permitir la evaluación de la dimensión transversal a nivel del hueso basal. Al medir el ancho maxilar y mandibular en el CR estimado de los primeros molares permanentes, los autores determinaron el índice transversal de Yonsei de oclusiones normales, corresponde a $0,39 \pm 1,87$ mm (8).

En este contexto, la selección de un método de diagnóstico que permita la detección de las deficiencias transversales adquiere una importancia significativa. Por tal motivo , el propósito de este estudio es determinar la concordancia en el diagnóstico de deficiencia transversal maxilar entre dos diferentes métodos tomográficos: análisis de Penn y análisis de Yonsei.

3. MARCO TEÓRICO

3.1 Diagnóstico de deficiencia transversal maxilar

La discrepancia transversal del maxilar está estrechamente asociada con mordida cruzada posterior, apiñamiento y protrusión dentaria (9). Puede ser el resultado de una compresión de la arcada superior o el incremento de las dimensiones transversales de la inferior (10). La hipoplasia maxilar consiste en un desarrollo incompleto del hueso por lo que no alcanza su tamaño definitivo o esperado (11). Su deficiencia transversal provoca, inevitablemente, una arcada superior angosta con consecuencias negativas en la oclusión dentaria (10).

Para corregir eficazmente cualquier anomalía dentomaxilar que implique una deficiencia transversal maxilar, el diagnóstico y el tratamiento tempranos y precisos son imprescindibles para la estabilidad (12). El primer paso es determinar si hay o qué tipo de deficiencia está presente en el maxilar. La DTM es más difícil de evaluar que la discrepancia vertical o sagital, ya que hay pocos cambios en el tejido blando que resulten de la hipoplasia del maxilar en la dirección transversal (12,13). Estos cambios en los tejidos blandos son mucho más frecuentes cuando las anomalías se presentan en la dirección anteroposterior o vertical (12). La evaluación precisa se ha llevado a cabo mediante análisis de modelos, evaluaciones clínicas, mediciones radiográficas y oclusogramas (13).

Para la evaluación clínica, se evalúa la forma y simetría de la arcada maxilar, la forma de la bóveda palatina, la oclusión, el modo de respiración predominante, es decir, oral o nasal, y el ancho del corredor bucal al sonreír. Las manifestaciones que indican la presencia de deficiencia transversal en el maxilar incluyen hundimiento de la región paranasal, anchura excesiva de los corredores bucales, profundización del surco nasolabial o estrechamiento de las bases alares. Los cambios en los tejidos blandos asociados con la DTM pueden ser mínimos, lo que puede complicar el diagnóstico. Por lo tanto, entre las principales manifestaciones se consideran el apiñamiento severo, la rotación o el desplazamiento bucal/palatino de los dientes, la mordida cruzada (uni o

bilateral) y la bóveda palatina alta (12). En ocasiones, al examen puede parecer una oclusión posterior normal, pero en un estudio más detallado puede observarse un incremento de la curva de Wilson y las cúspides de los dientes posteriores superiores se encuentran por debajo del plano oclusal (9).

La respiración bucal es una de las etiologías de la DTM. Los pacientes con DTM deben ser evaluados para detectar la posibilidad de respirar por la boca y deben derivarse a la especialidad adecuada según esté indicado (12). Se debe evaluar el desplazamiento mandibular tras el cierre. La desviación lateral del mentón se puede observar en un examen facial frontal y, de ser así, es necesario identificar su causa fundamental. Esto podría deberse a un cambio funcional de la relación céntrica (desplazamiento en céntrica) o a una asimetría esquelética real. La incertidumbre con respecto al desplazamiento lateral debe disiparse mediante la desprogramación, seguida de un nuevo examen. Esto se puede hacer con un plano desprogramador. El cumplimiento del paciente puede ser un problema, particularmente en el caso de los pacientes más jóvenes (14).

Clínicamente, la mordida cruzada posterior es un indicador común y válido de problemas transversales, utilizado por la mayoría de los ortodoncistas. Sin embargo, hay muchos pacientes con problemas transversales que no presentan una mordida cruzada posterior. La compensación dental puede ocultar los problemas transversales esqueléticos y dentales (15).

3.1.1 Teleradiografía frontal

Son varios los métodos propuestos para el diagnóstico de los problemas transversales dentales y/o esqueléticos. Ricketts (16,17) propuso un análisis de la dimensión transversal ósea como parte de su análisis cefalométrico, proponiendo cuantificar, mediante la telerradiografía frontal de cráneo, la severidad del problema transversal, distinguiendo si es problema es de causa dental, alveolar o esquelético.

Para el maxilar, el punto jugal (JL y JR) correspondería al punto maxilar (Mx) y se localiza en el lado derecho (JR) e izquierdo (JL) en la base del hueso maxilar en la profundidad de la concavidad en el contorno maxilar lateral, en la unión del maxilar con el hueso cigomático. La dimensión transversal maxilar vendría representada por la distancia horizontal que une ambos puntos (Figura 1)(16).

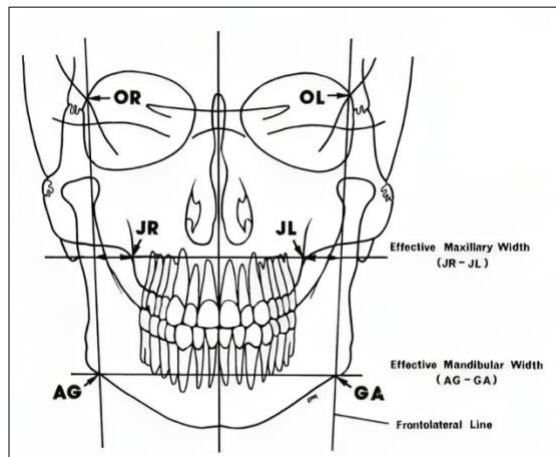


Figura 1. Los elementos del análisis cefalométrico PA(12).

Para la mandíbula, la dimensión transversal sería la unión entre los dos puntos antegoniales (AG), derecho e izquierdo. Estos puntos se localizan en ambos lados, derecho e izquierdo del cuerpo mandibular en la profundidad máxima del contorno curvo del borde inferior de la mandíbula, por debajo y medial del ángulo goníaco (16) (Figura 1 y 2).

Su análisis se lleva a cabo mediante la medición de la distancia medida desde el punto maxilar (punto JL/JR) y el plano frontofacial (ZL/AG; ZR/AG), ya que el problema transversal se debe analizar en ambos lados, derecho e izquierdo.

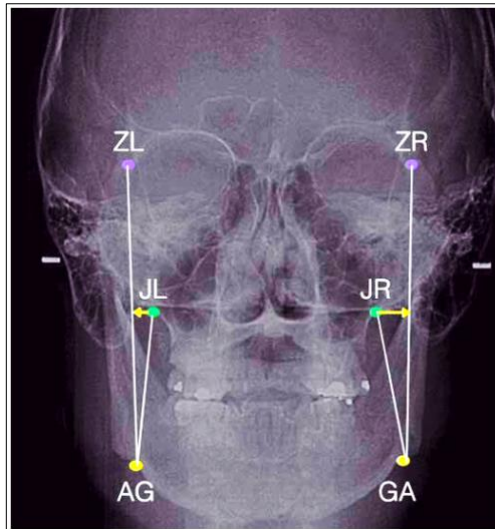


Figura 2. Cefalometría frontal para el estudio de la discrepancia maxilomandibular transversal(4).

Para el ancho del maxilar, Ricketts entrega valores de 62mm +/- 3mm a los 9 años con un aumento de 0,6mm por año hasta final de crecimiento craneofacial. Respecto al ancho mandibular, establece como norma 76mm +/- 3mm a los 9 años, aumentado 1,4mm por año hasta fin de crecimiento (16). De esta forma se establecen diferentes dimensiones transversales óseas para el maxilar y mandíbula en función de la edad del paciente (Figura 3).

EDAD	MAXILAR	MANDIBULA	DIFERENCIA	RADIO
9	62.0mm	76.0mm	14.0mm	81.6%
10	62.6mm	77.4mm	14.8mm	80.9%
11	63.2mm	78.8mm	15.6mm	80.2%
12	63.8mm	80.2mm	16.4mm	79.5%
13	64.4mm	81.6mm	17.2mm	78.9%
14	65.0mm	83.0mm	18.0mm	78.3%
15	65.6mm	84.4mm	18.8mm	77.7%
16	66.2mm	85.8mm	19.6mm	77.4%

Figura 3. Tabla valores normales de Ricketts. Adaptada de Vanarsdall(18).

Para determinar la necesidad de expansión maxilar o cuantificar la discrepancia ósea transversal, conociendo el valor de dimensión transversal maxilar y mandibular, se obtiene la diferencia restando a la dimensión mandibular la dimensión maxilar. Por ejemplo, la norma para un adulto en cuanto a la dimensión maxilar (JL-JR) sería 66,2mm y para la mandíbula (AG-GA) 85,8mm, por lo que la diferencia ideal medida en esos puntos sería de 19,6mm. Si tuviésemos un paciente con una distancia JL-JR de 58mm y una mandíbula AG-GA de 85,4mm, al restar la diferencia obtendríamos un valor de 27,4mm de diferencia maxilomandibular. Como lo ideal serían 19,6mm de diferencia, calculando entonces, la necesidad de una expansión maxilar de 7,8mm (Figura 4) (6).

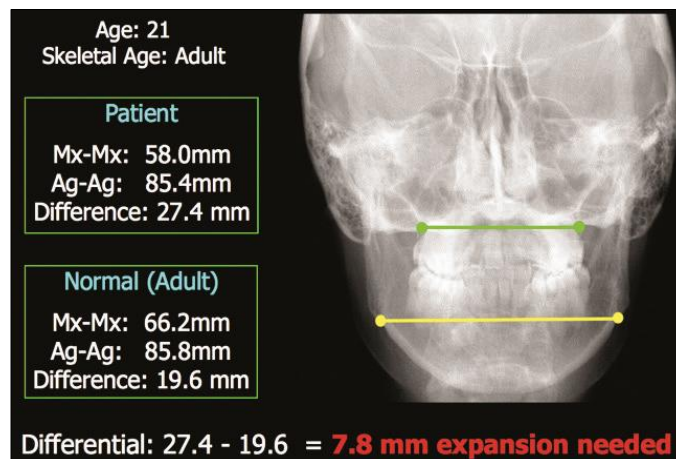


Figura 4. Ejemplo Análisis PA de Ricketts (6).

En 1999, Vanarsdall (18) propuso el uso de un diferencial transversal maxilomandibular como herramienta de diagnóstico para determinar problemas esqueléticos transversales. El método se basó en las normas de crecimiento maxilar y mandibular de Ricketts medidas a partir de cefalogramas PA (16,17). Se calcularon y compararon la diferencia de ancho maxilomandibular (AG-GA y JL-JR) del paciente y la diferencia de las normas de Ricketts de la misma edad (AG-GA y JL-JR). Normalmente la diferencia debería ser de 5 mm. Si mide más de 5 mm, existe un problema esquelético transversal (18).

La limitación de este método es que el punto de referencia Ag está lejos de la dentición y puede no ser un punto de referencia preciso para determinar el ancho transversal esquelético del hueso basal. Además, no hubo consenso sobre cuáles son las normas de ancho esquelético transversal (JL-JR, AG-GA) para hombres y mujeres determinadas

a partir de un cefalograma PA. Varios estudios publicados muestran valores diferentes (19).

Además, artículos mencionan las limitaciones de las cefalometrías posteroanteriores para identificar en algunos casos los puntos jugales y antegoniales, junto con los problemas de superposición de estructuras. Algunos autores han demostrado que estos análisis no son lo suficientemente sensibles como para detectar adecuadamente los problemas transversales (15) (20).

3.1.2 Wala ridge

En el año 2000, W Andrews y L Andrews (21) definieron el borde WALA (“WALA ridge”), como la estructura superficial de referencia del hueso basal mandibular, la cual marcaría los límites de la expansión y la forma de arcada mandibular (Figura 5). El término WALA es el acrónimo de los dos autores que participaron en su descubrimiento (22). La definieron como aquella línea de máximo contorno del proceso alveolar observada desde una perspectiva oclusal, coincidiría con la porción más prominente de la unión mucogingival de la mandíbula y estaría próxima al centro de resistencia de los molares mandibulares (21). En un paciente adulto, el WALA ridge y el ancho de la mandíbula no se verán modificados por el tratamiento ortodóncico convencional (6). Propusieron que la distancia de los dientes mandibulares, medida desde los puntos FA o centro del eje facial de la corona clínica marcaría las necesidades de expansión del maxilar superior, ya que las posibilidades de expansión inferior estarían más limitadas por esas distancias (21)(Figura 6).



Figura 5. Demarcación WALA ridge (6).

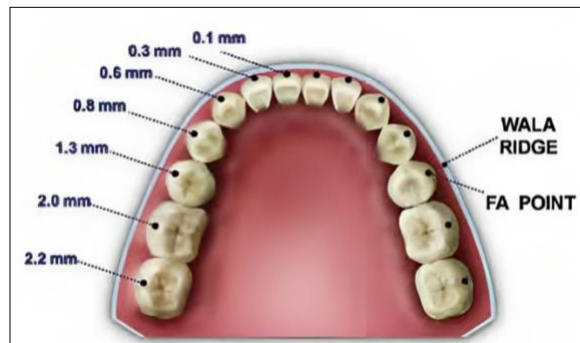


Figura 6. Visión oclusal WALA ridge y los puntos del centro de la corona clínica (puntos FA)(21).

Andrews (21) sugirió que cuando se ve un arco mandibular óptimo desde la perspectiva oclusal, la distancia del punto FA del primer molar al WALA ridge debe ser de 2 mm (Figura 6). En esta posición, los primeros molares mandibulares están descompensados y el ancho del arco entre las fosas centrales de los primeros molares mandibulares es el ancho óptimo del arco mandibular. Para el maxilar superior, el plano oclusal de los primeros molares superiores debe ser paralelo al plano transversal de la cabeza desde la perspectiva frontal. En esta posición, los primeros molares superiores están descompensados y la distancia entre las puntas de las cúspides mesiolinguales de los primeros molares superiores derecho e izquierdo debe ser igual a la distancia entre las fosas centrales mandibulares derecha e izquierda (21) (Figura 7).

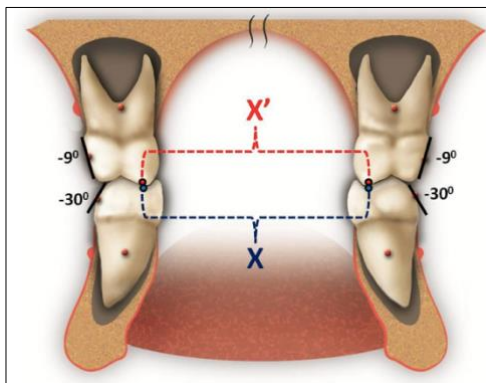


Figura 7. El ancho del maxilar es óptimo cuando la distancia X' mm es igual a la distancia X (21).

Para su estudio, W Andrews y L Andrews (21) utilizaron modelos de arcadas inferiores con oclusión ideal basadas en las seis llaves de Andrews, estableciendo unas distancias “ideales” entre los puntos FA y el WALA ridge:

- Incisivo central: 0,1 mm
- Incisivo lateral: 0,3 mm
- Canino: 0,6 mm
- Primer premolar: 0,8 mm
- Segundo premolar: 1,3 mm
- Primer molar: 2 mm
- Segundo molar: 2,2 mm

Mediante estos valores y tras la definición y la utilidad del WALA ridge, W Andrews y L Andrews pretenden asegurar el resultado de un tratamiento mediante expansión, conservando los dientes en hueso trabecular.

Cabe señalar que, este diagnóstico se realiza sobre los modelos dentales, las posiciones de las raíces en el hueso alveolar no se conocen a menos que se tome una imagen tridimensional como una tomografía computarizada cone beam (19).

3.1.2.1 Análisis transversal en modelos

Para determinar la discrepancia, el primer paso es reflejar el ancho mandibular, que corresponde con la distancia horizontal desde el WALA ridge del lado derecho al WALA ridge del lado izquierdo. Según Andrews, la posición óptima de los molares en los alveolos sería correctamente alineados y el punto FA debería situarse horizontalmente a 2 mm del WALA ridge. Por tanto, el ancho mandibular sería la distancia WALA-WALA menos 4 mm (6)(Figura 8).



Figura 8. Determinación de distancias mandibulares WALA-WALA y FA-FA (6).

El ancho del maxilar superior se basa en la optimización de la inclinación de los molares superiores. Se debe medir la distancia horizontal desde el punto FA del molar derecho al punto FA del molar izquierdo. Posteriormente, se observa la angulación de los molares superiores y se estima la cantidad de cambio horizontal en la distancia FA-FA que se producirá con el enderezamiento de los molares superiores derecho e izquierdo. La cantidad de enderezamiento se resta a la medición inicial de FA-FA. El resultado final será el ancho maxilar basal (6) (Figura 9).

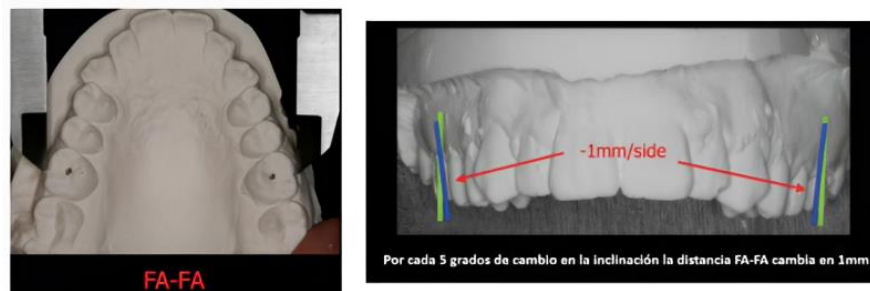


Figura 9. Determinación de la distancia FA-FA maxilar y el cambio estimado al enderezar los molares (6).

Para obtener una posición adecuada y óptima, donde los molares intercuspidasen adecuadamente con una buena inclinación, Andrews considera que el ancho del maxilar superior debe ser 5 mm mayor al ancho de la mandíbula (6).

3.1.3 Tomografía computarizada cone beam (CBCT)

El diagnóstico por imágenes justificado y basado en evidencia es un factor clave que contribuye al correcto diagnóstico y planificación del tratamiento de ortodoncia, junto con la evaluación clínica del paciente y el análisis de modelos. Desde la introducción de la tomografía computarizada cone beam en odontología, ha habido una rápida evolución en la tecnología CBCT, impulsada en gran medida por las demandas de cada especialidad de proporcionar imágenes tridimensionales (3D) precisas y reproducibles, y minimizar la dosis de radiación. La CBCT fue diseñada para superar algunas de las limitaciones de Tomografía computarizada (TC) convencional (23).

G.N. Hounsfield, en 1972, introdujo la exploración axial transversal computarizada, lo que condujo a la introducción de la TC. Sin embargo, el alto costo, el acceso limitado y la alta exposición a la radiación fueron los principales inconvenientes de la incorporación de la TC en odontología (24). Arai et al. (25) en Japón y Mozzo et al. (26) en Italia, mediante trabajos independientes, introdujeron la técnica CBCT para las mismas aplicaciones orales y maxilofaciales que ofrecía la TC. El sistema CBCT ofrecía una exploración 3D más precisa que la que aportaba el 2D, y mediante una tecnología bastante rentable, lo que condujo a una rápida expansión en el campo de la odontología (27).

3.1.3.1 Principios básicos CBCT

La tomografía CBCT fue desarrollada a finales de los años noventa con el fin de obtener escáneres tridimensionales del esqueleto maxilofacial con una dosis de radiación menor que la TC (25). Las ventajas de CBCT incluyen menos exposición a la radiación (que la TC convencional), menos artefactos y la resolución espacial submilimétrica. La CBCT se ha utilizado para producir imágenes en 3D precisas de la región craneofacial con una

relación de imagen 1:1, reduciendo en gran medida errores de la cefalometría frontal y mejora la capacidad para diagnosticar la asimetría (28).

Los equipos de TC convencionales utilizan un haz de rayos X en forma de abanico capturando una serie de cortes en el plano axial o un movimiento espiral continuo sobre el plano axial. Un equipo CBCT, por otro lado, utiliza un haz en forma de cono y un detector de panel plano de estado sólido alternativo, que gira alrededor de la cabeza del paciente (Figura 10), 180-360 grados, cubriendo el volumen anatómico definido (volumen dental/maxilofacial completo o área de interés regional limitada) en lugar de las imágenes corte por corte que se encuentran en la TC convencional (29).

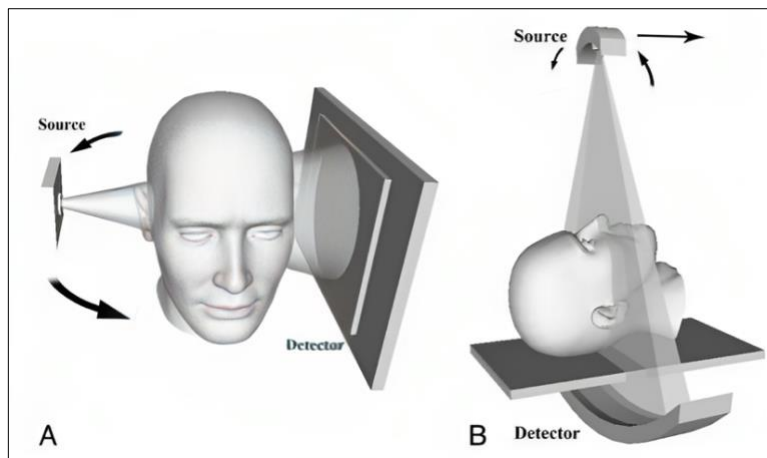


Figura 10. Representación de las geometrías de adquisición de TC. A, Cone beam. B, TC convencional con el paciente en decúbito supino (29).

Esta única exploración (rotación) captura datos planificados (180-1024 imágenes 2D, similares a las imágenes cefalométricas laterales, cada una con un desplazamiento marginal), a diferencia de los cortes axiales apilados que se encuentran en la TC, lo que reduce aún más la dosis de rayos X absorbida de 6 a 15 veces en comparación con la TC (Figura 11). Dependiendo de los fabricantes, el tiempo de escaneo de los equipos CBCT varía de casi 5 a 40 segundos (27).

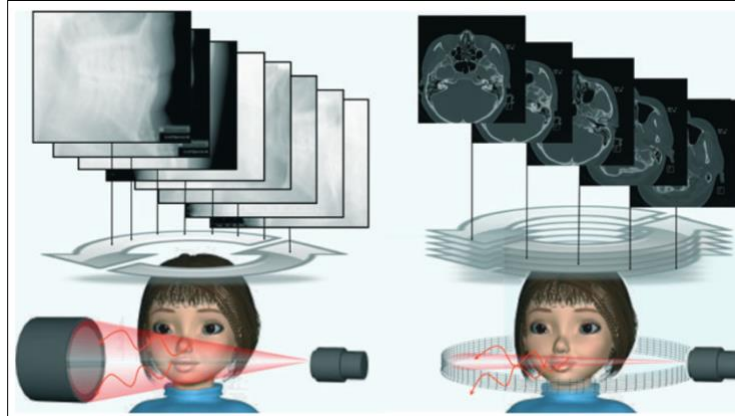


Figura 11. Esquema de proyección de haz de rayos X que compara la geometría de adquisición de imágenes de haz cónico CBCT (izquierda) con la TC convencional de "haz en abanico" (derecha) (30).

Los parámetros de rayos X de la CBCT son comparables a los de la radiografía panorámica con un rango operativo habitual de 1 a 15 mA a 90 a 120 kVp, mientras que el de la TC es considerablemente mayor a 120 a 150 mA y 220 kVp. Las imágenes 2D capturadas se transmiten instantáneamente a la computadora, que las reconstruye utilizando el algoritmo de Feldkamp modificado en el volumen anatómico para verlas en una proporción de 1:1 en los planos axial, coronal y sagital (planos ortogonales) (27) (Figura 12).

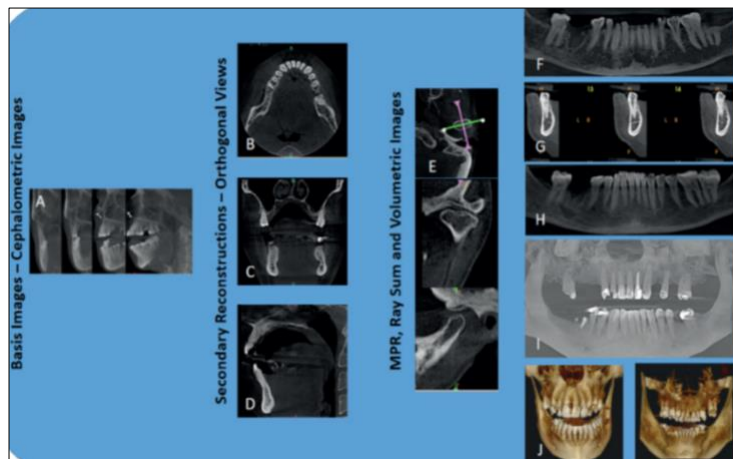


Figura 12. CBCT: Modos de adquisición y visualización de imágenes. Las imágenes de base 2D adquiridas (A) se utilizan para la reconstrucción secundaria de las vistas axial (B), coronal (C) y sagital (D) (vistas ortogonales). Otros modos de visualización disponibles en CBCT incluyen (i) reformateado multiplanar (MPR) que consta de cortes oblicuos (E), cortes curvos (F) y vistas en sección transversal (G); (ii) Suma de rayos que comprende imágenes de mayor espesor de sección (H); y (iii) imágenes volumétricas que consisten en renderizado de volumen directo (DVR), siendo las más comunes la proyección de intensidad máxima (MIP) (I) y el renderizado de volumen indirecto (IVR) (J) (27).

3.1.3.2 Funcionamiento de la tecnología del CBCT

Gracias a la evolución de la capacidad de los computadores y las mejoras en la tecnología de los detectores, es posible tomar múltiples imágenes de baja dosis en un tiempo relativamente corto. Se integran las imágenes para obtener un volumen 3D en unos 30 segundos o algunos minutos tras la adquisición de la imagen. Las imágenes en 3D, están compuestas por voxels en lugar de los pixeles usados en imágenes digitales en 2D. El tamaño del voxel está determinado por su altura, grosor y profundidad, y se trata del elemento más pequeño de las imágenes volumétricas en 3 dimensiones (Figura 13). El tamaño del voxel oscila desde 0.3-0.125 mm dependiendo del tiempo de radiación. Los voxels son isotrópicos (igual en todas las direcciones del espacio) y permiten que las mediciones sean precisas en las tres dimensiones del espacio (las dimensiones X, Y y Z son iguales). Un voxel isotrópico nos permite reorientar la imagen, sin distorsionarla y su calidad viene determinada por la intensidad de grises (30).

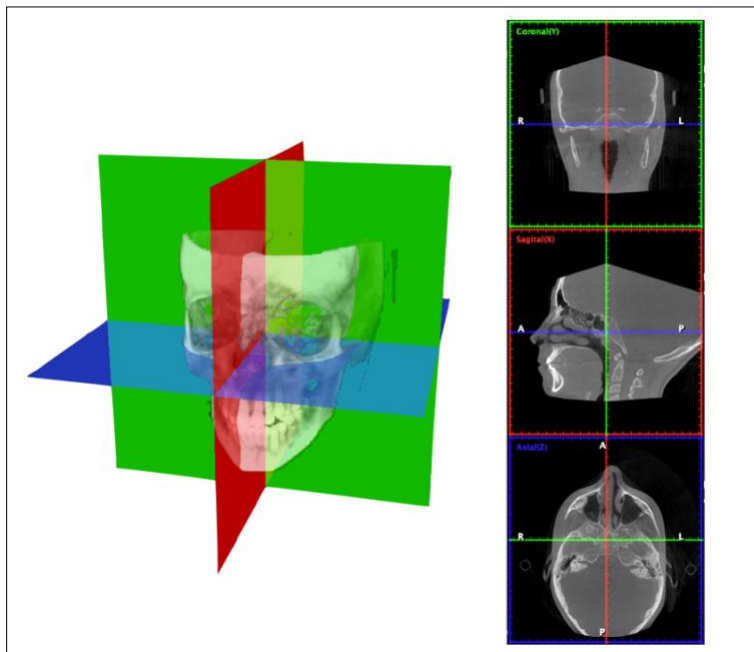


Figura 13. Conjunto de datos del CBCT. El voxel con las mismas dimensiones en los tres planos del espacio. A la derecha, reconstrucción en los tres planos (programa Planmeca Romexis).

La información del CBCT se puede importar como archivos DICOM (Digital Imaging and Communication in Medicine / .dcm). Estos archivos son el estándar reconocido

mundialmente para el intercambio de pruebas médicas, pensado para su manejo, visualización, almacenamiento, impresión y transmisión. Los archivos del CBCT se pueden almacenar y exportar a software que permiten la reconstrucción en 3 dimensiones del esqueleto craneofacial (31) (Figura 13). El volumen obtenido, se puede formatear para conseguir múltiples imágenes reconstruidas con perspectiva sagital coronal y axial que serían similares a las imágenes de TC multidetector tradicionales (32) (Figura 14).

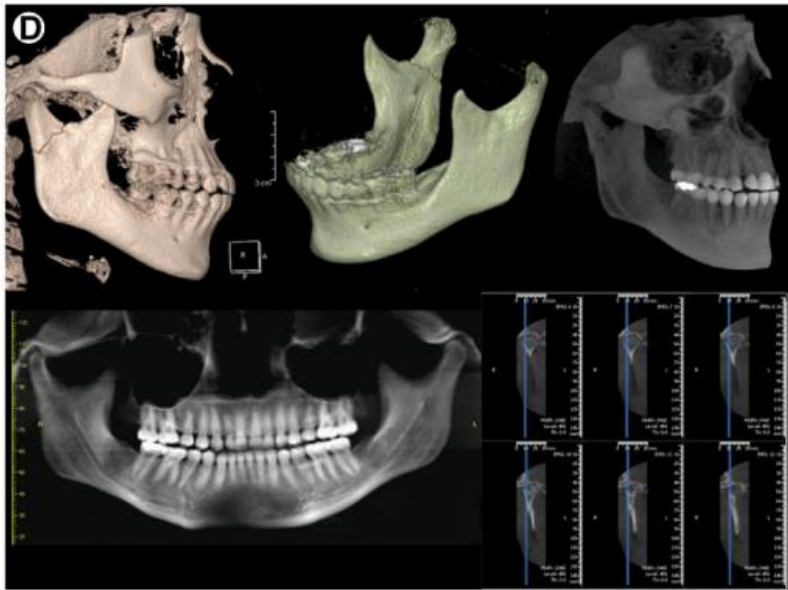


Figura 14. Reconstrucción generada por la adquisición de datos provenientes de un escaneado mediante CBCT(33).

La imagen CBCT se obtiene en un volumen de datos cilíndrico o esférico, descrito como campo de visión o “field of view” (FOV). El tamaño del FOV es variable de un dispositivo a otro. Dicho campo de visión del escáner determina la cantidad de la anatomía del paciente que se podrá visualizar (Figura 15). Se agrupa en tres categorías basadas en su campo de visión. Un escáner con campo de visión grande: mostrará el techo de las órbitas y Nasion hasta el hueso hioides, por lo general con una altura de 16 cm aproximadamente, son útiles para cefalometría y evaluaciones de ortodoncia. Escáneres con campo de visión medio: captura la mitad de las órbitas hasta Menton verticalmente, y cóndilo-cóndilo en posición horizontal, son útiles para panorámicas y estudios de implantes, pero no para el análisis cefalométrico. Escáneres con campo de visión pequeño: captura una región definida por el usuario, generalmente en forma simétrica.

Se utilizan para estudios de implantes, evaluación de la ATM, y localización de dientes afectados (34).

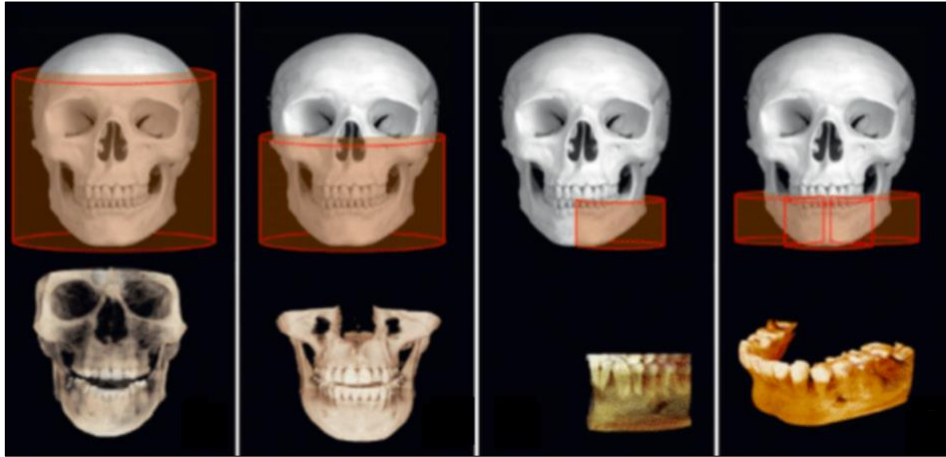


Figura 15. Representación que muestra los diferentes tamaños de FOV(35).

3.1.4 Métodos de análisis transversal CBCT

Con la llegada de la tomografía computarizada cone beam, se puede visualizar sin superposiciones, estructuras y relaciones anatómicas importantes. Como resultado se puede determinar la dimensión transversal, analizar los anchos de los huesos basales maxilares y mandibulares y su relación, la inclinación bucolingual de cada diente completo y las posiciones de sus raíces en el hueso alveolar y se puede hacer un diagnóstico adecuado (19).

Cuando se examina mediante CBCT la dimensión transversal, normalmente debe haber anchos esqueléticos adecuados del maxilar y la mandíbula y una relación armoniosa. Las raíces de los dientes se ubican en el centro de los huesos alveolares, los molares superiores se inclinan ligeramente hacia vestibular y los molares mandibulares se inclinan ligeramente hacia lingual (19)(Figura 16).



Figura 16. Sección coronal de los primeros molares de una imagen CBCT. Las raíces de los molares superiores y mandibulares se encuentran en el centro de los huesos medulares (19).

Con el objetivo de diagnosticar la DTM, durante los últimos años se han publicado distintos análisis transversales basados en CBCT, para los propósitos de esta investigación describiremos en detalle los análisis transversal CBCT de la Universidad de Pensilvania (6) (análisis de Penn), y el de la Universidad de Yonsei (1) (análisis de Yonsei).

3.1.4.1 Análisis de Penn

El método para analizar la discrepancia transversal propuesto por Tamburrino et al.(6) el 2010 en la Universidad de Pennsylvania, se basa en un análisis en el plano frontal de CBCT. Como referencia del hueso basal mandibular toma la cresta WALA de Andrews, la cual se encuentra próxima al centro de resistencia de los molares y a nivel de la furca de los primeros molares mandibulares (Figura 17) (36) .

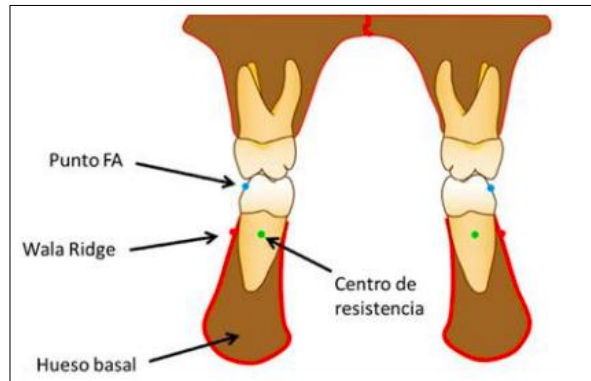


Figura 17. Ubicación del punto WALA ridge en la misma línea horizontal que el centro de resistencia de los molares inferiores (36).

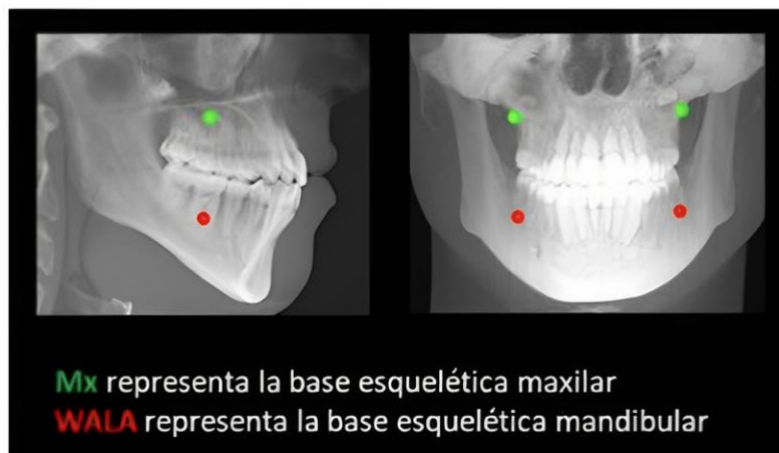


Figura 18. Representación y ubicación de los puntos de referencia maxilar (puntos MX) y puntos de referencia mandibular (puntos WALA) para establecer la discrepancia transversal (6).

Como la porción apical al Wala ridge es dimensionalmente estable durante los movimientos dentales, esta zona puede utilizarse como referencia del ancho mandibular y de la arcada del paciente (6).

Como referencia para el ancho maxilar este análisis toma el punto jugal (punto Mx) derecho e izquierdo, evitando así cualquier exostosis de hueso presente a lo largo de la porción vestibular del alveolo (Figura 18)(6). Por tanto, el análisis transversal de la Universidad de Pennsylvania tomaría referencias de Andrews y de Ricketts.

El análisis de la discrepancia transversal una vez tomadas las dimensiones transversales del maxilar superior e inferior es sencillo. Se obtiene restando al ancho mandibular el ancho maxilar. Tanto Ricketts como Andrews demuestran que la diferencia transversal

óptima entre el maxilar y la mandíbula es de 5 mm en pacientes esqueléticamente maduros (Figura 19)(6).

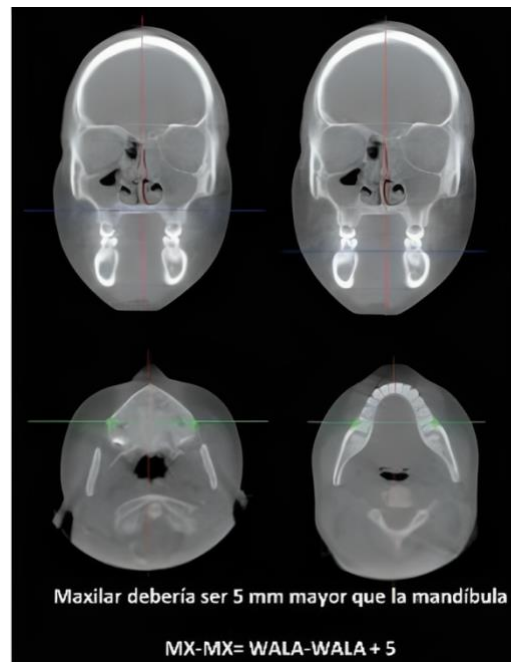


Figura 19. Análisis de la discrepancia transversal ósea basado en CBCT de la Universidad de Pennsylvania (6).

Una investigación realizada por Simontacchi-Gbologah et al. (37), ha verificado la validez del análisis CBCT de la Universidad de Pensilvania para el diagnóstico transversal. Sin embargo, la diferencia entre el método descrito por Tamburrino et al.(6) y el método de la investigación antes mencionada es que las mediciones se tomaron en cortes coronales, no axiales. Debido a que la sección transversal del corte coronal mandibular se toma en un ángulo que no es perpendicular al alvéolo, es posible una percepción falsa del espesor del hueso cortical, como se muestra en la Figura 20. Para la visualización y la determinación de la dimensión transversal en la mandíbula los autores del análisis de Penn proponen utilizar la visión axial en vez de la coronal, reduciendo así errores de juicio y mejora en la visualización de la parte más vestibular del hueso cortical (Figura 20)(6).

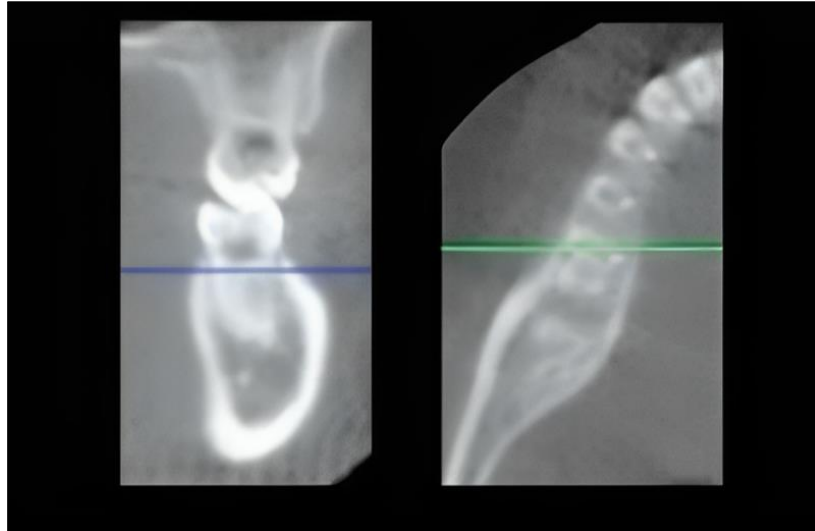


Figura 20. Para la determinación del punto WALA es preferible la visión en el corte axial al corte coronal para reducir los errores(6).

Para comenzar el análisis se deben definir las ubicaciones para medir el ancho basal esquelético maxilar y mandibular.

La premisa básica para la mandíbula es localizar el punto más vestibular de la cortical opuesta a los primeros molares mandibulares al nivel del centro de resistencia, esta localización coincide aproximadamente con la furca de las raíces de los molares. Tamburrino et al. eligieron este punto debido a la relativa inmutabilidad del alveolo apical a esta ubicación con la ortodoncia y porque representa el ancho mínimo absoluto del hueso basal a cada lado de la mandíbula (6).

Para los fines de esta técnica, Tamburrino et al.(6) utilizaron Dolphin 3D, versión 11, pero los conceptos se pueden aplicar a cualquier software con la capacidad de analizar una imagen CBCT. Después de orientar correctamente la imagen, se abre la pantalla de vista multiplanar (MPV) para ver cortes axiales, sagitales y coronales simultáneos de la imagen (Figura 21).

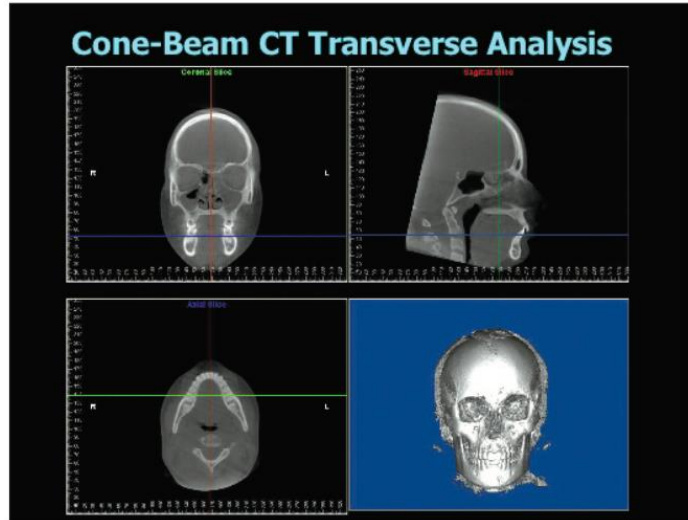


Figura 21. MPV de una tomografía computarizada de haz cónico(6).

Para determinar el ancho de la mandíbula, hay que desplazarse hacia abajo por la imagen hasta localizar la furca del primer molar. Luego desplazarse hacia atrás a través del escaneo hasta localizar la sección transversal coronal a través del centro de los primeros molares mandibulares (6) (Figura 22).

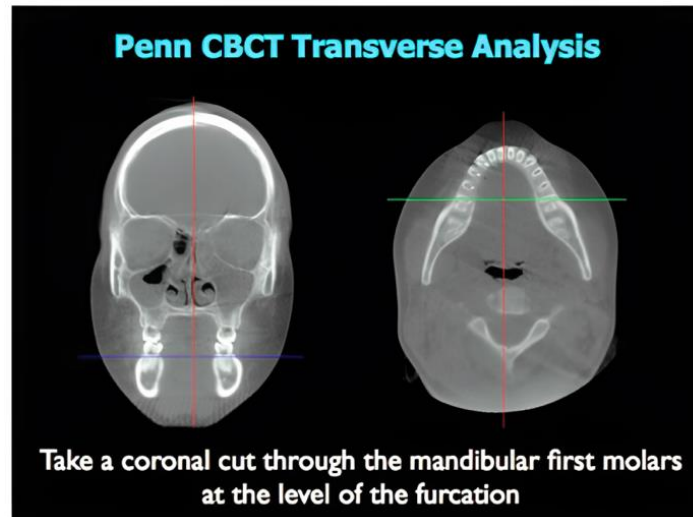


Figura 22. Ubicación de los cortes axiales y coronales mandibulares(6).

Posteriormente cambiar a la vista axial de pantalla completa. Usando las líneas de corte como guía, se mide el ancho de la mandíbula desde la intersección de la línea de corte con la porción más prominente del hueso alveolar vestibular tanto en el lado derecho como en el izquierdo (6) (Figura 23).

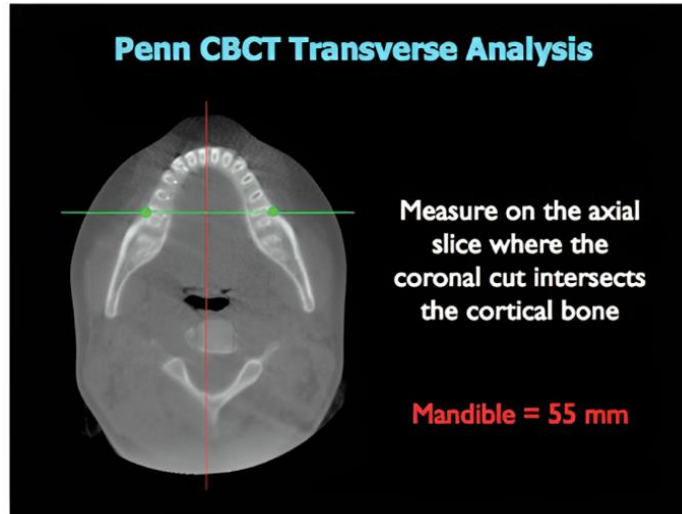


Figura 23. Medición del ancho esquelético mandibular(6).

Para el maxilar se emplea un método similar. La única diferencia es que los cortes axial y coronal deben realizarse en la posición Mx-Mx, y se utiliza la misma medida que en el análisis de Ricketts (6) (Figura 24).

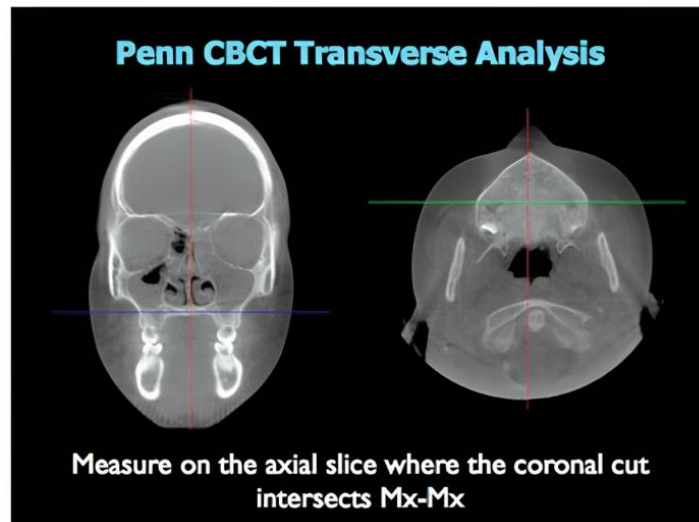


Figura 24. Medición de cortes axiales y coronales maxilares(6).

Cabe señalar que puede ser utilizado cualquier software con la capacidad de analizar una imagen CBCT, en el que se abre un archivo, para poder ver de forma simultánea los cortes: axial, sagital y coronal. Es importante el corte axial, ya que autores mencionan que este corte permite una mayor precisión de medición.

Ricketts y Andrews (16,21) demuestran que la diferencia transversal óptima entre el maxilar y la mandíbula es de 5 mm, por lo tanto la diferencia entre los maxilares en el análisis del análisis de Penn igual debiese ser así, esto significa restar al ancho mandibular 5 mm del ancho maxilar. Como se ve en las Figuras 25 y 26, si el maxilar mide 60 mm, se debe restar 5 mm para obtener el valor de la mandíbula, o sea 55 mm, y de esta manera se determina la relación transversal óptima entre los maxilares (6).

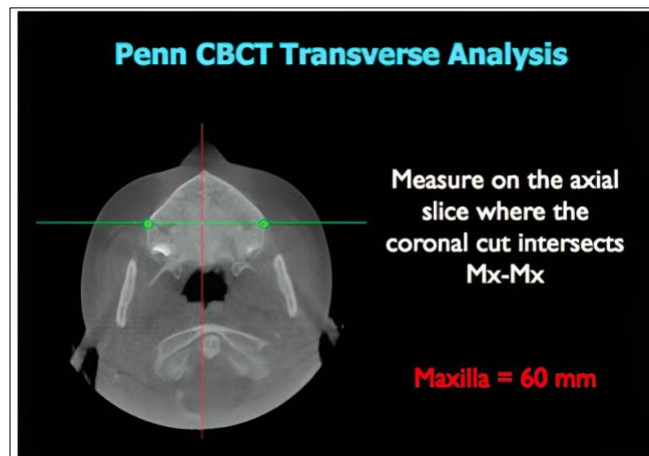


Figura 25. Medición del ancho esquelético maxilar(6).

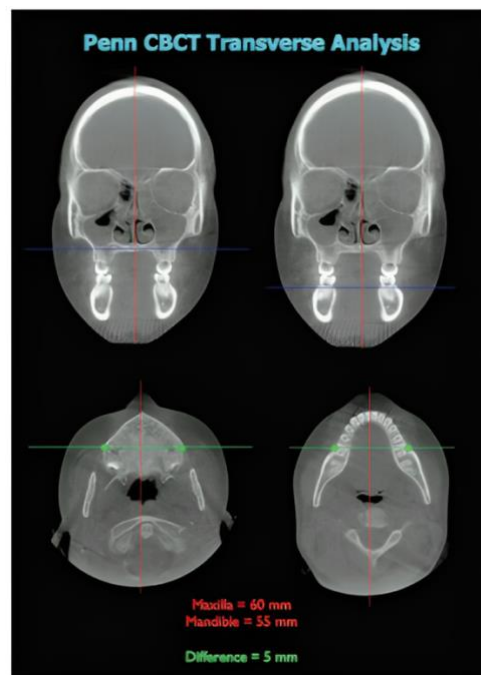


Figura 26. Ejemplo de esquelético transversal óptimo. relaciones mediante análisis CBCT (6).

3.1.4.2 Análisis de Yonsei

En la Universidad de Yonsei en Corea, fue desarrollado otro análisis transversal en CBCT, este análisis determina la discrepancia maxilar sin tener en consideración la inclinación axial de los molares, realizando las mediciones desde los centros de resistencia de los primeros molares, ya que los centros de resistencia permanecen inalterables durante las inclinaciones que sufren las coronas para compensar las discrepancias transversales maxilomandibulares (8) (38) (Figura 27).

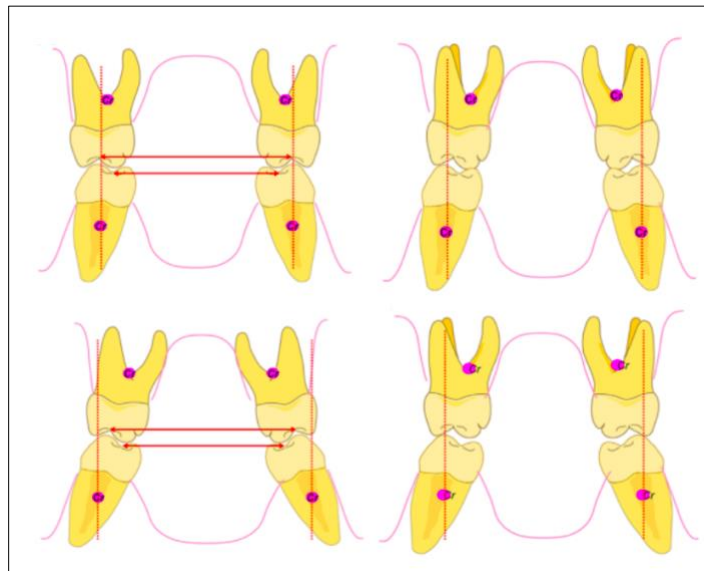


Figura 27. Manifestación clínica de problemas transversales; CR, centro de resistencia (2).

Koo et al. (8) de la Universidad de Yonsei, el 2017 evaluaron las discrepancias transversales maxilomandibulares, mediante mediciones a nivel coronal de las piezas dentarias, utilizando modelos de estudio, comparándolas con medidas a nivel del centro de resistencia (CR) de los primeros molares obtenidos mediante CBCT, se compararon entre pacientes de Clase I con oclusión normal y pacientes quirúrgicos de Clase III. Concluyeron que las discrepancias transversales obtenidas en los pacientes clase III a través de los registros tomográficos fueron mayores a las medidas obtenidas con modelos de estudios; recomendando que las discrepancias transversales maxilomandibulares deben ser medidas a través del uso de CBCT.

La diferencia promedio entre el ancho transversal maxilar y mandibular (índice transversal de Yonsei) en los centros de resistencia estimados fue de $-0,39 \pm 1,87$ mm (Figura 28).

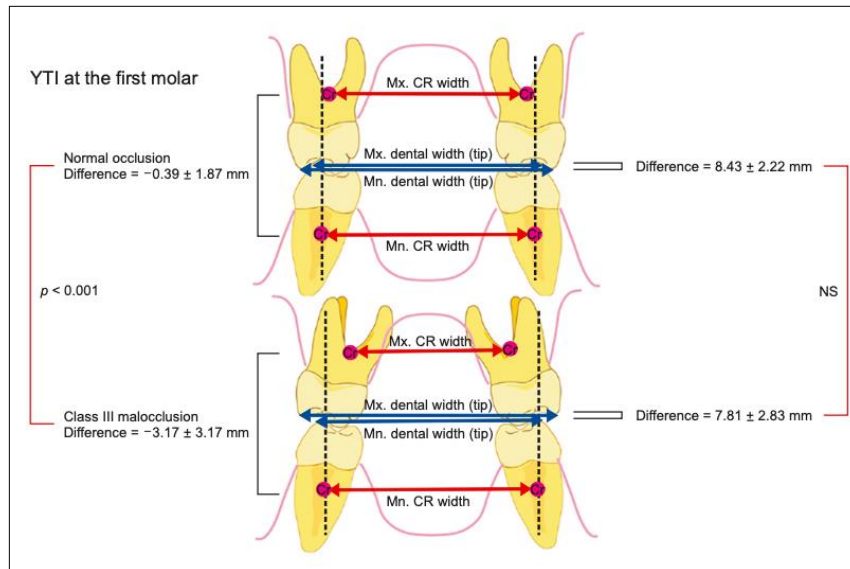


Figura 28. Diagrama esquemático del Índice Transversal de Yonsei (YTI). Mx., maxilar; Mn., mandíbula; CR, centro de resistencia; NS, no significativo(8).

Uno de los hallazgos interesantes fue que las diferencias transversales maxilomandibulares se encontraron en el nivel del centro de resistencia y no en el nivel de la corona, sugiriendo que medidas transversales a nivel de las piezas dentarias pueden verse afectadas debido a la compensación dentoalveolar que sufren los dientes frente a la DTM (Figura 29) (8).

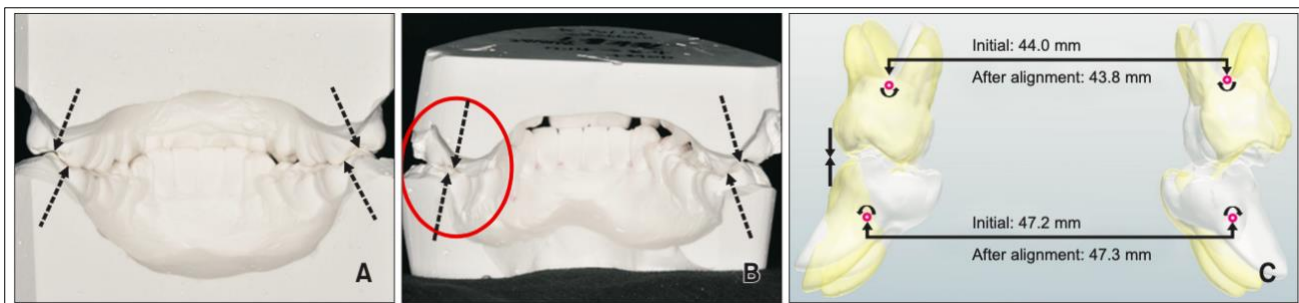


Figura 29. Compensación dental de los dientes posteriores maxilares y mandibulares(8).

En el estudio Koo et al. (8) determinaron las siguientes distancias transversales dentarias y esqueléticas :

Ancho del arco dental (dental arch widths - DAWs): es “la diferencia entre la distancia de cúspide mesiovestibular a cúspide mesiovestibular de molares maxilares menos la distancia de cúspide mesiovestibular a cúspide mesiovestibular de molares mandibular”, teniendo como norma en molares $8.43\text{mm} \pm 2.22\text{mm}$ (Figura 30).

Ancho del arco basal – modelos: (basal arch widths cast – BAW cast): es “la diferencia entre la distancia de los puntos de la unión mucogingival derecha e izquierda en molares maxilares a nivel de su respectiva cúspide menos la distancia de los puntos de la unión mucogingival derecha e izquierda en molares mandibulares”, teniendo como norma $5.15\text{mm} \pm 2.56\text{mm}$ (Figura 30).

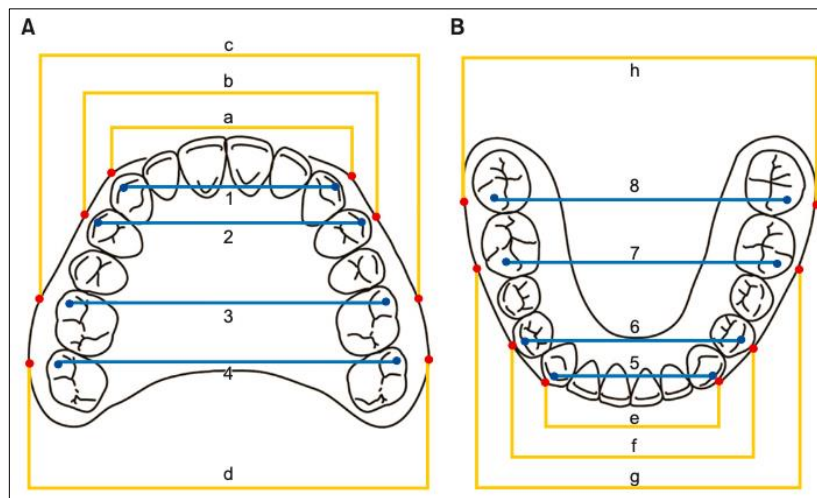


Figura 30. Ancho de la arcada dental sobre el modelo (DAW). A, Maxilar: 1, canino; 2, premolar; 3, 1er molar; 4, 2do molar. B, Mandíbula: 5, canino; 6, premolar; 7, 1er molar; 8, 2do molar. Ancho del arco basal sobre el modelo (BAW-cast). , Maxilar: a, canino; b, premolar; c, primer molar; d, segundo molar. B, Mandíbula: e, canino; f, premolar; g, primer molar; h, segundo molar (8).

Ancho del arco basal- CT (basal arch widths – BAWs): es “la diferencia entre la distancia del centro de resistencia del primer molar maxilar derecho (a nivel de la furca) al centro de resistencia del primer molar maxilar izquierdo menos la distancia del centro de resistencia del primer molar mandibular derecho al centro de resistencia del primer molar mandibular izquierdo”, teniendo como norma $-0.39 \pm 1.87 \text{ mm}$ (Figura 31).

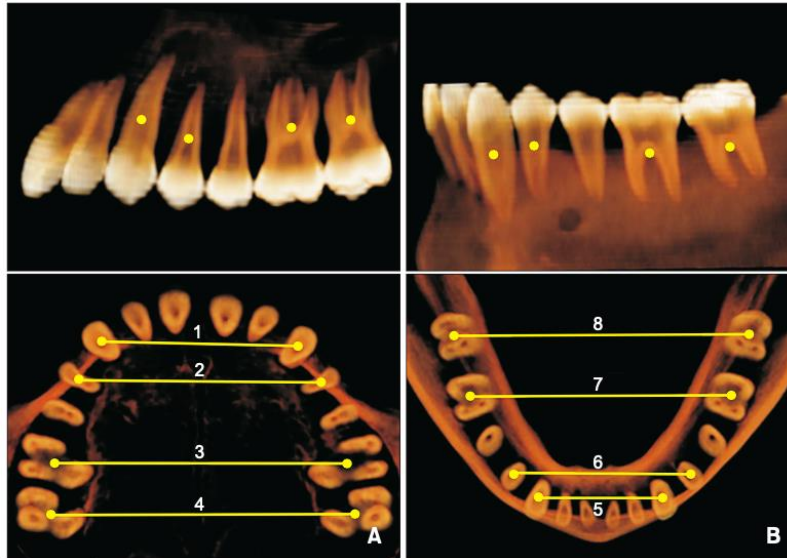


Figura 31. Ancho del arco basal en tomografía computarizada tridimensional (BAW-CT). La digitalización de centros de resistencia: un diente unirradicular, a nivel del tercio coronal; un diente multirradicular, al nivel de la furca. A, Maxilar: 1, canino; 2, premolar; 3, 1er molar; 4, 2do molar. B, Mandíbula: 5, canino; 6, premolar; 7, 1er molar; 8, 2do molar (8).

Por último, también analizaron el uso de expansión rápida palatina asistida por microtornillos (MARPE) para corregir el ancho del arco basal maxilar (BAW) en pacientes con compresión maxilar (Figura 32). Sugieren utilizar el Índice de Yonsei para evaluar las discrepancias transversales entre el maxilar y la mandíbula ($-0,39 \pm 1,87$ mm), especialmente en casos de maloclusión Clase III (8).

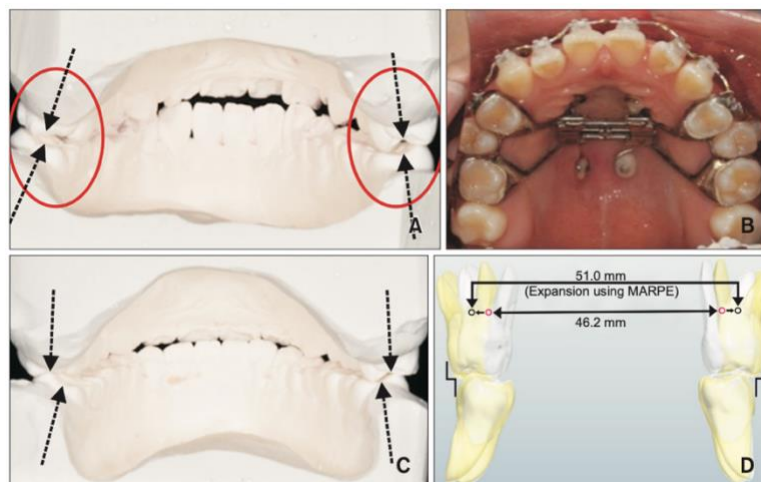


Figura 32. Corrección del ancho del arco basal maxilar (BAW) mediante el uso de un aparato de expansión palatina rápida asistido por microtornillo (MARPE) (8).

4. HIPÓTESIS

No existe concordancia en el diagnóstico de deficiencia transversal maxilar entre el análisis de Penn y el análisis de Yonsei.

5. OBJETIVOS DE INVESTIGACIÓN

OBJETIVO GENERAL

Evaluar la concordancia en el diagnóstico de deficiencia transversal del maxilar entre dos diferentes métodos tomográficos: análisis de Penn y el análisis de Yonsei.

OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Determinar tomográficamente la deficiencia transversal del maxilar mediante el análisis de Penn.
- Determinar tomográficamente la deficiencia transversal del maxilar mediante el análisis de Yonsei.
- Determinar si existe concordancia entre el diagnóstico transversal obtenido con el análisis de Penn y el análisis de Yonsei.

6. MATERIAL Y MÉTODO

6.1 Tipo de estudio y diseño general

El presente estudio es de tipo descriptivo ya que se observa y se toman medidas en exámenes CBCT sin buscar una hipótesis causal. Es un estudio transversal, ya que las medidas fueron registradas en un solo momento y corresponde a un estudio de concordancia porque se evaluó el grado de concordancia entre dos métodos de diagnóstico de deficiencia transversal; análisis de Penn y análisis de Yonsei. Las medidas realizadas en CBCT fueron registradas por un evaluador previamente calibrado.

6.2 Participantes

El estudio fue realizado utilizando la base de datos de fichas clínicas de una institución privada especializada en Ortodoncia, ubicada en Santiago de Chile, del periodo comprendido entre los años 2010- 2023.

La base de datos contiene un total de 665 pacientes con fichas clínicas, de las cuales 221 contaban con examen CBCT.

Luego de que se aplicaran los criterios de inclusión y exclusión, fueron excluidos 123 exámenes.

Finalmente se obtuvo una muestra de 98 exámenes CBCT, que corresponden a nuestra unidad de estudio. Todos los CBCT fueron adquiridos por medio del tomógrafo PLANMECA PROMAX 3D MAX, con un tamaño de vóxel isotrópico de 0.2 mm, campo de visión (FOV) de 130mm x 90mm, 96 kV, 12 mA, 16 segundos de exposición y fueron exportados en formato DICOM.

6.3 Criterios de inclusión

Los criterios de inclusión son los siguientes:

- Exámenes CBCT de pacientes mayores de 12 años con dentición permanente completa.

- Exámenes CBCT de pacientes con todos los primeros molares permanentes maxilares y mandibulares erupcionados completamente hasta el plano oclusal.
- Exámenes CBCT con campo de visión (FOV) de al menos 130 mm x 90 mm, que abarque ambos maxilares.
- Exámenes CBCT producidos por la unidad PLANMECA PROMAX 3D MAX.

6.4 Criterios de exclusión

Los criterios de exclusión son los siguientes:

- Exámenes CBCT de pacientes con evidencia de tratamiento ortodóntico o cirugía ortognática (contención, miniplacas).
- Exámenes CBCT de pacientes con presencia de férulas o posicionadores en el registro tomográfico.
- Exámenes CBCT de pacientes con cualquiera de los primeros molares permanentes con morfología radicular anormal, fractura o cavidad; enfermedad periodontal.
- Exámenes CBCT cuya resolución espacial o de contraste no permitan visualizar correctamente las corticales.

6.5 Definición de variables

En todos los exámenes, mediante la revisión del examen en el visualizador, se obtuvo las siguientes variables:

- Diagnóstico transversal con análisis de Penn: Se registraron de forma numérica la deficiencia transversal de Penn, medido en milímetros, que luego se categorizó como variable nominal, según el siguiente criterio: Se define presencia de DTM cuando la diferencia es menor que 5 mm, se define ausencia de DTM cuando la diferencia es igual o mayor a 5 mm.
- Diagnóstico transversal con análisis de Yonsei: Se registraron de forma numérica la deficiencia transversal de Yonsei, medido en milímetros, que luego se

categorizó como variable nominal, según el siguiente criterio: Se define presencia de DTM cuando la diferencia entre maxilar y mandíbula, es inferior a -2,26 mm y se define ausencia de DTM cuando la diferencia es mayor a 1.48 mm.

En la tabla 1, se muestra la definición conceptual y operacional de cada variable.

Tabla 1. Definición de variables.

VARIABLE	TIPO DE VARIABLE	DEFINICIÓN CONCEPTUAL	DEFINICIÓN OPERACIONAL
Diagnóstico transversal análisis de Penn	Nominal	Obtenida a partir de la diferencia entre el ancho maxilar y el ancho mandibular medido entre dos puntos de referencia maxilar: Mx-Mx, y dos puntos de referencia mandibulares: borde Wala a nivel de la furca a nivel de los primeros molares.	Se define PRESENCIA DE DTM cuando la diferencia es menor que 5 mm, se define AUSENCIA DE DTM cuando la diferencia es igual o mayor a 5 mm.
Diagnóstico transversal análisis de Yonsei	Nominal	Obtenida a partir de la diferencia entre el ancho maxilar y el ancho mandibular medido entre los centros de resistencia estimados a nivel de la furca a nivel de los primeros molares.	Se define PRESENCIA DE DTM cuando esta diferencia es inferior a -2,26 mm, se define AUSENCIA DE DTM cuando la diferencia es mayor a 1.48 mm.

6.6 Consideraciones éticas

Para la ejecución de esta investigación se contó con la debida aprobación del Comité de Investigación y Ética de la Facultad de Odontología de la Universidad Andrés Bello (Código de aprobación N° 154-23, Anexo N° 1). Esta tesis cumple con los principios de la declaración de Helsinki. Los datos sensibles de los pacientes como nombre, RUT o dirección no fueron revelados por parte de la consulta particular, dado que se obtuvo de una base de datos anonimizada. El participar en este estudio no expone a riesgo alguno a la población en estudio.

6.7 Calibración

Todas las mediciones fueron realizadas por un mismo investigador, quien previamente fue sometido a una calibración para determinar la ubicación exacta de los puntos de referencia en el software Implastation. La calibración estuvo a cargo de un especialista en imagenología oral y maxilofacial, y consistió en una sesión teórica de 2 horas donde se estudiaron el análisis de Penn y el análisis de Yonsei, y una sesión práctica de medición de ambos análisis. Finalmente, se analizaron 15 exámenes CBCT, correspondientes al 15% de la muestra, elegidos aleatoriamente, en estos exámenes se determinó la presencia o ausencia de DTM mediante el análisis de Penn y el análisis de Yonsei, obteniéndose un índice Kappa de Cohen para el acuerdo interexaminador de 0.87 entre el investigador y el especialista, es decir, una concordancia casi perfecta (valor comprendido entre 0,81 y 1,00).

6.8 Recolección de datos

La base de datos fue proporcionada por un Ortodoncista por medio de un disco duro externo, con los pacientes enumerados en carpetas individuales con sus respectivos exámenes, los cuales fueron evaluados en computador Apple® (MacBook Pro®). Las carpetas fueron numeradas según un número de identificación aleatorio para cada examen, sin acceso a datos personales como nombre, RUT o dirección, correspondiendo a una base de datos anonimizada.

La revisión de los exámenes CBCT se llevó a cabo entre los meses de octubre y noviembre de 2023, mediante inspección visual y análisis de los exámenes CBCT según el protocolo que se detalla en el punto 6.9. Todos los exámenes incluidos fueron analizados.

6.9 Procedimiento y técnica

6.9.1 Carga y orientación del examen CBCT

Los registros CBCT incluidos, se importaron al software Implastation en formato DICOM, luego, se seleccionó la modalidad de análisis de ejes ajustables. La orientación tridimensional (3D) de las imágenes CBCT se ajustó para cada medición de acuerdo al siguiente protocolo (Tabla 2 y Figura 33,34).

Las diferentes vistas del CBCT se reorientaron en los tres planos del espacio:

- Vista coronal, se orientó haciendo coincidir la horizontal con el punto suborbitario (de ambas órbitas) y la vertical con la espina nasal anterior (ENA).
- Vista axial, la imagen se orientó a lo largo de la sutura medio palatina (SMP).
- Vista sagital, se orientó con el plano palatino horizontal, perpendicular tanto al plano axial como al coronal.

Tabla 2. Orientación CBCT para la medición de tres análisis transversales CBCT.

ANÁLISIS	PLANO CORONAL	PLANO AXIAL	PLANO SAGITAL
Penn y Yonsei	La horizontal pasa por el punto suborbitario de ambas órbitas, la vertical pasa por ENA.	Se orientó a lo largo de la SMP.	Se orientó con el plano palatino, perpendicular tanto al plano axial como al coronal.

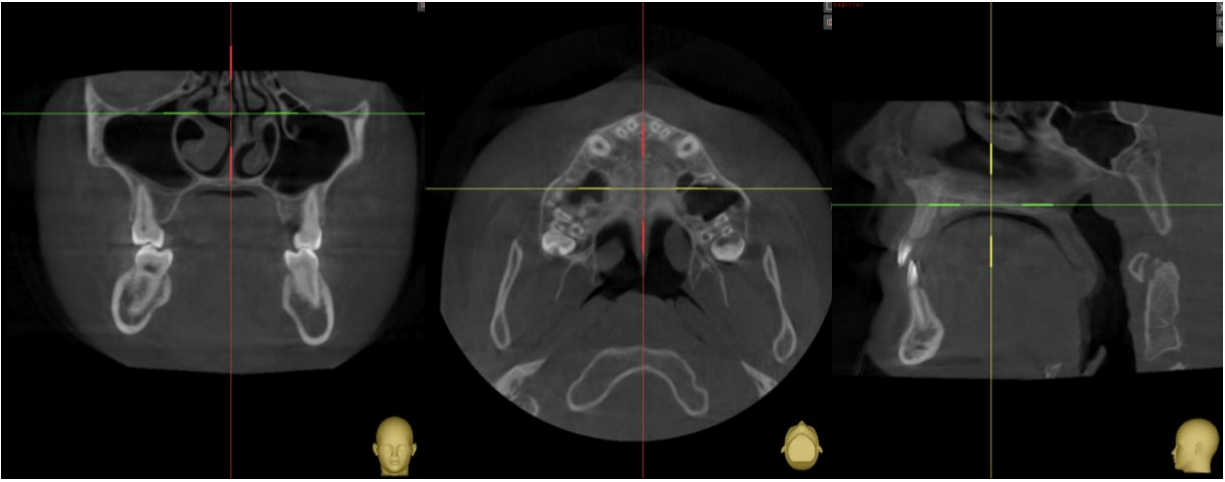


Figura 33: Orientación de las estructuras craneofaciales en los tres planos (software Implastation).

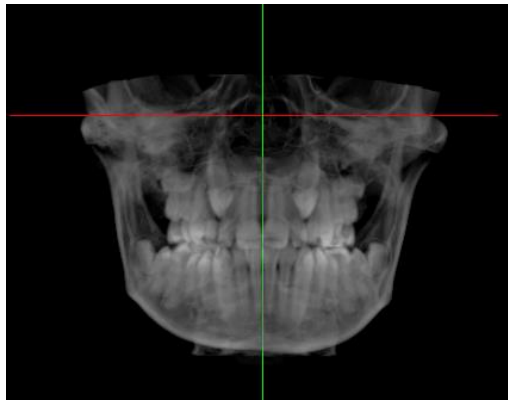


Figura 34. Orientación CBCT, pasa por el punto suborbitario de ambas órbitas, la vertical pasa por ENA. (software Implastation).

6.9.2 Protocolo mediciones transversales esqueléticas en CBCT

Una vez orientados los volúmenes (Figura 35), se procedió a realizar las mediciones para cada uno de los análisis.

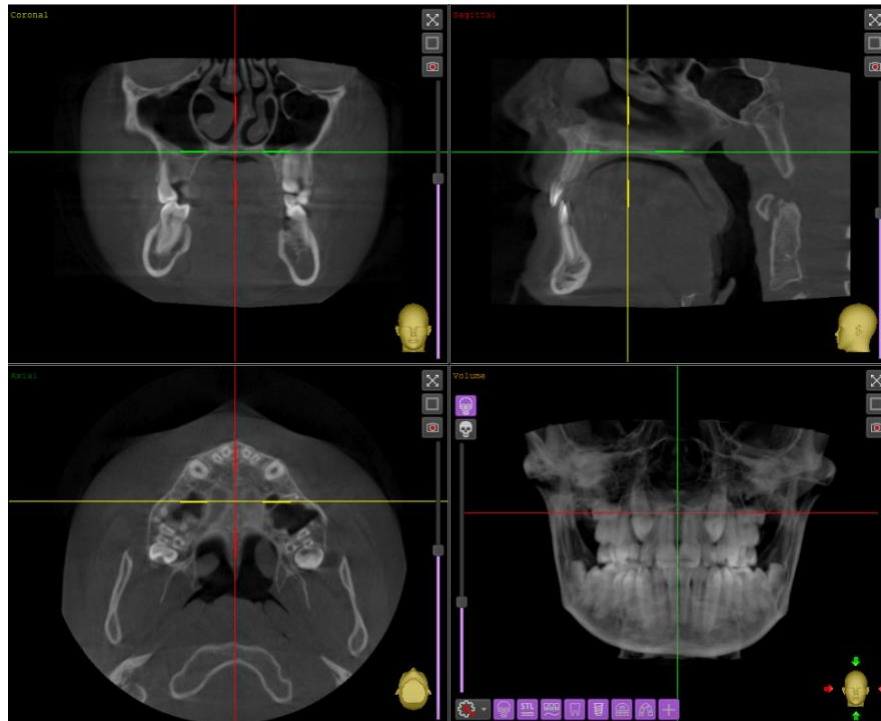


Figura 35. Visualización CBCT, vistas coronal, sagital y axial (software ImplaStation).

6.9.2.1 Análisis CBCT Penn

Medición del ancho maxilar:

1. Se comenzó en el corte sagital localizando la furca del primer molar superior.
2. Luego se pasó a la vista coronal, hasta localizar el punto Mx derecho e izquierdo (JR-JL).
3. Finalmente en el corte axial, utilizando la herramienta de medición del visualizador, se tomaron las medidas del ancho maxilar con los cortes mencionados desde el lado derecho al izquierdo (Figura 36).

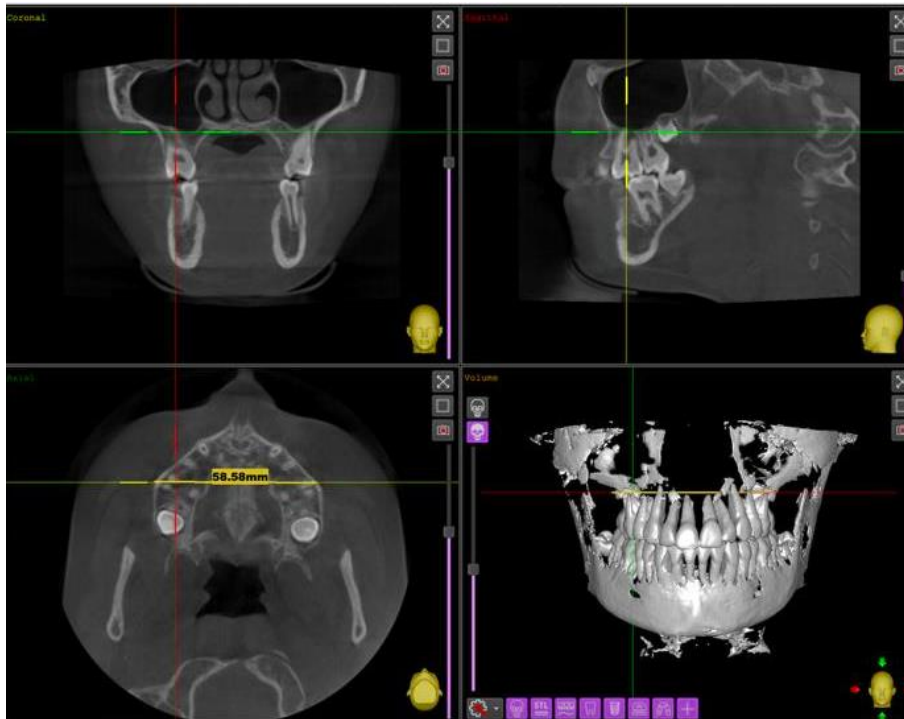


Figura 36. Medición transversal maxilar del análisis Penn (software Implastation).

Medición del ancho mandibular:

1. Se comenzó en el corte sagital, localizando la furca del primer molar inferior.
2. Luego se pasó a la vista coronal, hasta interceptar con la sección transversal a través del centro de resistencia los primeros molares mandibulares (WALA).
3. Para finalizar en el corte axial usando las líneas de corte como guías y se midió el ancho de la mandíbula desde la porción más vestibular del hueso cortical, de derecha a izquierda (Figura 37).

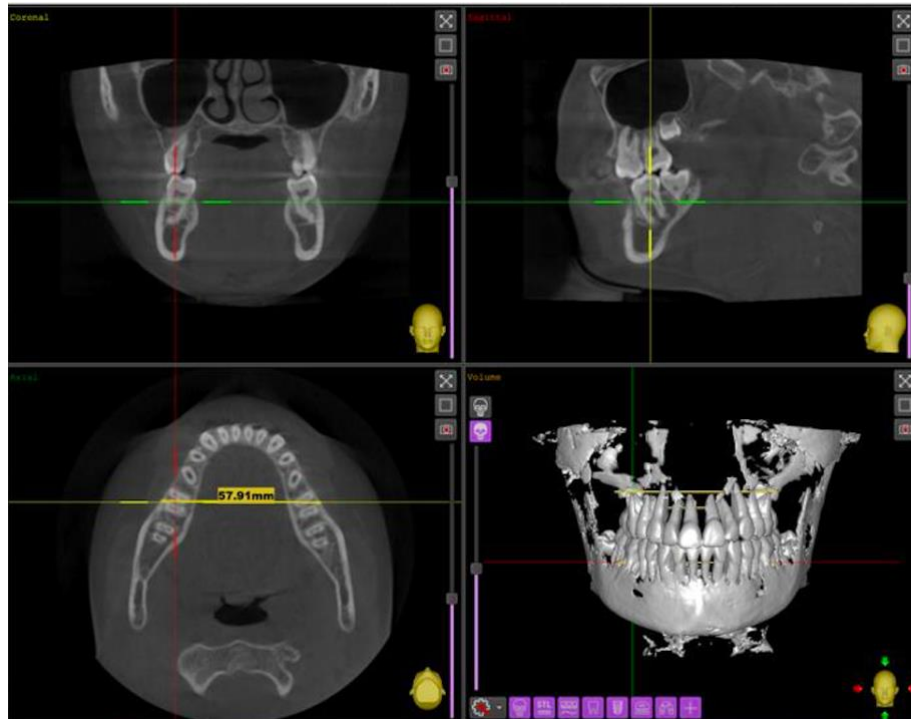


Figura 37. Medición transversal mandibular del análisis de Penn (software ImplaStation).

6.9.2.2 Análisis CBCT Yonsei

Medición del ancho maxilar:

1. En la vista sagital se ubicó la furca del primer molar superior derecho.
2. En la vista coronal se ubicó la furca del primer molar superior derecho.
3. En la vista axial se midió desde la furca del primer molar derecho al primer molar izquierdo (Figura 38).

Medición del ancho mandibular:

1. En la vista sagital se ubicó la furca del primer molar inferior derecho.
2. En la vista coronal la furca del primer molar inferior derecho.
3. En la vista axial se midió desde la furca del primer molar derecho al primer molar izquierdo (Figura 39).

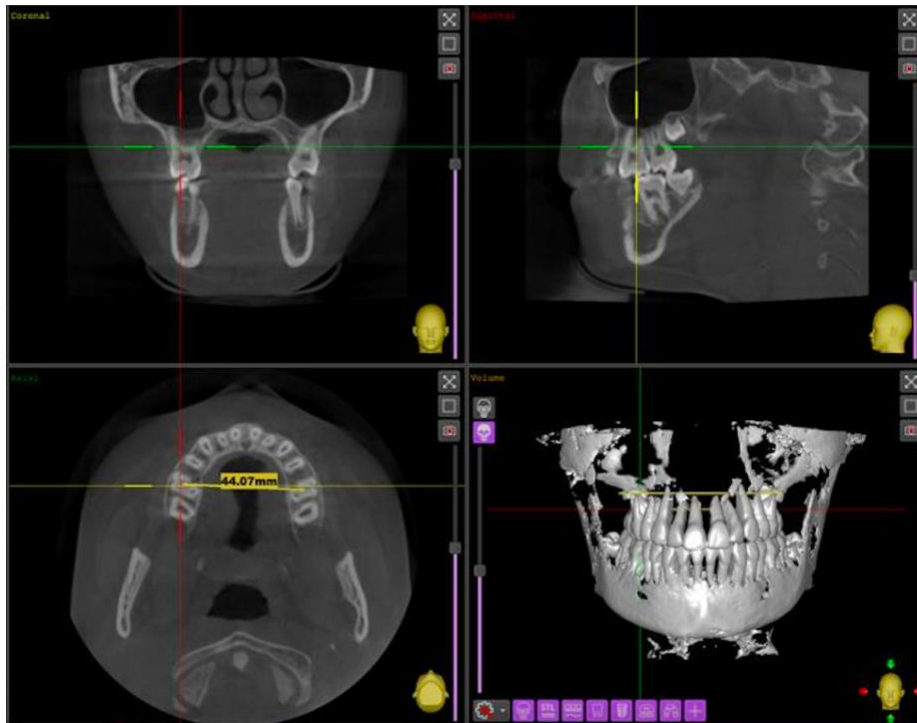


Figura 38. Medición transversal maxilar del análisis de la Universidad Yonsei (software Implastation).

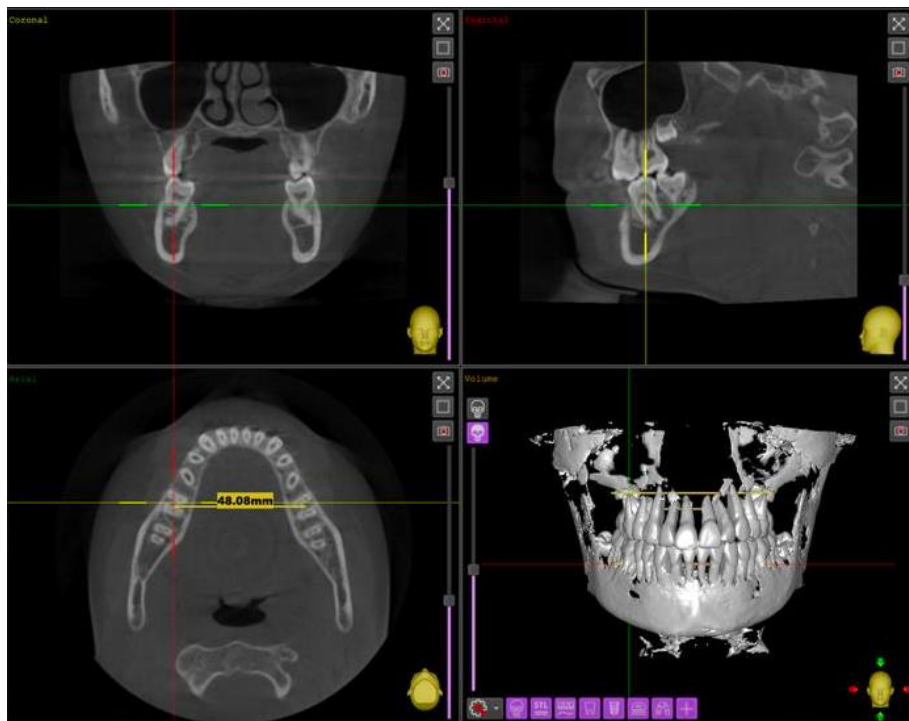


Figura 39. Medición transversal mandibular del análisis de la Universidad Yonsei (software Implastation).

Tabla 3. Resumen de puntos de referencia y parámetros evaluados en este estudio.

PUNTO/PARÁMETRO DE REFERENCIA	DEFINICIÓN
Punto de referencia maxilar Penn	El punto de intersección de la línea de corte del hueso cortical en la vista axial mientras que la línea de corte pasa a través de Mx-Mx en la vista coronal.
Punto de referencia mandibular Penn	El punto de intersección de la línea de corte de la porción más vestibular del hueso cortical en la vista axial mientras que la línea de corte pasa a través de la furca de los primeros molares mandibulares en la vista coronal.
Punto de referencia maxilar Yonsei	El punto central de las raíces de los primeros molares superiores en la vista axial donde el corte coronal interseca la furcación de los primeros molares superiores. La furca de los primeros molares superiores se confirmó en las vistas coronal, sagital y axial.
Punto de referencia mandibular Yonsei	El punto central de las raíces del primer molar mandibular en la vista axial donde el corte coronal interseca la furca de los primeros molares mandibulares. La furca de los primeros molares mandibulares se confirmó en las vistas coronal, sagital y axial.
Ancho maxilar	Distancia lineal entre dos puntos de referencia maxilares.
Ancho mandibular	Distancia lineal entre dos puntos de referencia mandibulares.

En cada uno de los análisis, se registró en milímetros las mediciones de discrepancia maxilar-mandibular. Los datos fueron registrados en una planilla de Excel, donde se designó una columna para cada una de las variables (Anexo N° 2).

6.10 Análisis de resultados

Por la naturaleza de la investigación se realizó un análisis cualitativo de la base de datos en el paquete estadístico SPSS versión 23, mediante una estadística descriptiva para cada uno de los análisis, y se calculó la concordancia en el diagnóstico de deficiencia transversal del maxilar entre el análisis transversal de Penn y Yonsei, mediante el análisis de concordancia de Kappa de Cohen.

Para determinar el grado de acuerdo, se calcularon los coeficientes kappa para evaluar la determinación clínica de la deficiencia transversal maxilar de los 2 métodos. Los niveles de concordancia reflejados por los valores kappa se consideraron 0-0,20 como leve, 0,21-0,40 como regular, 0,41-0,60 como moderado, 0,61-0,80 como sustancial y 0,81-1 como concordancia casi perfecta.

7. RESULTADOS

De un universo de 221 exámenes CBCT, 123 fueron excluidos por no cumplir con los criterios de inclusión, por lo que la muestra de estudio fue conformada por 98 exámenes CBCT.

El análisis de Penn diagnóstica con deficiencia transversal al 83.67% de la muestra, mientras que el 16.33% no presenta deficiencia transversal. El análisis de Yonsei diagnóstica con deficiencia transversal al 57,14% de la muestra, mientras que el 42.86% no presenta deficiencia transversal.

El valor de kappa de Cohen obtenido fue de 0.368. Este valor cae por debajo del umbral que normalmente se considera aceptable para un acuerdo. En la tabla 4 se muestran los resultados de acuerdo entre ambos análisis y el método de cálculo del valor de kappa.

Tabla 4. Tabla 2 x 2 concordancia kappa - análisis de Penn y Yonsei.

		ANÁLISIS DE PENN				TOTAL	
		DTM		No DTM		n	%
		n	%	n	%		
ANÁLISIS YONSEI	DTM	55	56,12%	1	1,02%	56	57,14%
	No DTM	27	27,55%	15	15,31%	42	42.86 %
TOTAL		82	83,67%	16	16,33%	98	100%

K = 0.368

$$\kappa = \frac{p_1 - p_e}{1 - p_e} = \frac{0.714 - 0.548}{1 - 0.548} = 0.368$$

8. DISCUSIÓN

Uno de los fundamentos del tratamiento ortodóncico, lo constituye la certeza del diagnóstico (4). En este sentido, la identificación precisa y temprana de la deficiencia transversal maxilar es crucial para planificar un tratamiento efectivo y evitar complicaciones a largo plazo (3).

La tendencia en el diagnóstico por imágenes y diagnóstico en ortodoncia es hacia el análisis tridimensional. Con la llegada de las imágenes de CBCT, los ortodontistas pueden obtener mediciones precisas sin distorsión causada por proyecciones radiográficas o ambigüedad en la identificación de puntos (4). El mismo razonamiento puede aplicarse a la medición transversal del maxilar y la mandíbula.

En este estudio se determinó que no existe concordancia en el diagnóstico de DTM entre los análisis de Penn y Yonsei. Recientemente, se reportó un resultado similar en relación a la concordancia entre los métodos evaluados en esta investigación (39). Cabe señalar, que si bien no se encontraron más estudios similares, sí existen artículos donde se evalúan los métodos de forma independiente presentando los beneficios y las limitaciones que cada uno posee, enfatizando en la importancia del diagnóstico transversal. Por otra parte, existen estudios que contrastan el análisis de Penn y/o Yonsei con otros métodos, sin embargo, en estos no se comparan exclusivamente con métodos de evaluación CBCT (4,5,37,38).

Sawchuk et al. (40) 2016, en una revisión sistemática de métodos de diagnóstico para evaluar las deficiencias transversales esqueléticas del maxilar, concluyen que las imágenes CBCT son más confiables para el diagnóstico. Esta revisión identificó varias limitaciones en los estudios incluidos, como la falta de estudios de diagnóstico de calidad disponibles para la evaluación craneofacial de ortodoncia, evidencia limitada, alto riesgo de sesgo en el informe de las herramientas de diagnóstico, estándares de referencia inconsistentes atribuidos a la falta de un verdadero gold standard, tamaños de muestra

inadecuados, falta de cegamiento y falta de validación de la precisión de los métodos de diagnóstico utilizados para identificar deficiencias transversales maxilares (40).

Lee et al. (3) el 2018, en su artículo “Expansión transversal maxilar en adultos: justificación, diseño del aparato y resultados del tratamiento”, analiza los fundamentos, el diseño y los resultados de la expansión transversal maxilar en adultos. Destaca el concepto de centro de resistencia en la evaluación de las relaciones transversales. Sugiriendo que los anchos transversales deben medirse y compararse en el centro de resistencia estimado, en lugar de medirlo a nivel de la corona, para comprender mejor la posición transversal del segmento posterior. Este enfoque se considera importante para reconocer discrepancias transversales subyacentes y abordar problemas desafiantes como el apiñamiento severo, la mordida cruzada posterior y la asimetría facial sin intervención quirúrgica. Agregan que el uso del centro de resistencia estimado ha sido respaldado por casos clínicos, demostrando la relevancia de evaluar las relaciones transversales desde esta perspectiva (3).

En el 2018, Guerra et al. (4) publicaron el estudio “Sensibilidad y especificidad de un análisis radiográfico, tomográfico y de modelos digitales en la determinación de discrepancias transversales”, donde determinaron la validez y sensibilidad del análisis radiográfico de Ricketts, el análisis CBCT de Penn y el análisis de modelos de Hayes CAC (centro de la cresta alveolar) para diagnosticar discrepancias transversales. Concluyen que el análisis de la PA de Ricketts posee más especificidad diagnóstica; mientras que, el análisis tomográfico de Penn y el análisis de modelos de CAC poseen más sensibilidad diagnóstica. En base a esto, sugieren considerar el análisis de Penn y el análisis de modelos CAC como los nuevos gold standard para el diagnóstico certero de las discrepancias transversales esqueléticas (4). Sin embargo, hay que considerar que en este estudio no se contrasta el análisis de Penn con algún otro análisis tomográfico para la determinación de discrepancia transversal.

Más recientemente, el 2021 Zhang et al. (38) evaluó la confiabilidad de 2 métodos (análisis del Elemento III de Andrews y análisis transversal de Yonsei) en el diagnóstico

de deficiencia transversal maxilar. Tanto el análisis del Elemento III de Andrews como el análisis transversal de Yonsei tuvieron una confiabilidad buena a excelente y acuerdos kappa sustanciales. El análisis transversal de Yonsei tuvo una mayor confiabilidad en las mediciones del ancho maxilar y mandibular y una mayor concordancia kappa que el análisis del Elemento III de Andrews (38). Sin embargo, no está claro qué método es más preciso. Concluyen que es necesario establecer un “gold standard” en el diagnóstico de la DTM, por lo tanto, se necesitan más estudios para determinar la validez de los 2 métodos calculando la sensibilidad y especificidad (38).

Zhang et al. (1) el 2023, utilizó tres métodos de diagnóstico para evaluar la deficiencia transversal maxilar y su relación con la angulación molar en pacientes con maloclusión esquelética de Clase III. Los métodos de diagnóstico incluyeron el análisis transversal de Yonsei, el análisis CBCT de la Universidad de Pensilvania y el análisis transversal CBCT de la Universidad de Boston. El estudio encontró correlaciones significativas y positivas entre las deficiencias transversales diagnosticadas por los tres métodos y las angulaciones molares. El análisis de Yonsei demostró una gran confiabilidad y sensibilidad en el diagnóstico de la deficiencia transversal y su relación con la angulación molar en pacientes con maloclusión esquelética de Clase III (1).

Por último, el 2023 Kong et al. (41) evaluó la capacidad de respuesta de tres análisis transversales CBCT; análisis de la Universidad de Pensilvania, análisis de la Universidad de Boston y análisis de la Universidad de Yonsei, durante la expansión rápida del maxilar tanto con aparatos dentosoportados y esqueléticamente soportados (41). Los tres análisis transversales respondieron bien a los cambios en la DTM mediante la apertura de la sutura medio palatina (SMP) durante la expansión rápida del maxilar (ERM) tanto con soporte dental como con microtornillos. A pesar de las diferencias en la sensibilidad, la mayoría de las desviaciones de los cambios esqueléticos reales estuvieron por debajo de un nivel clínicamente significativo (1 mm) (41). Se encontró que el análisis de Yonsei mostró la mayor correlación y sensibilidad para reflejar cambios durante la ERM, mientras que el análisis de Penn y el análisis de la Universidad de Boston fueron mejores en términos de acuerdo absoluto (41). El análisis de Yonsei ha demostrado ser confiable,

pero se requieren más investigaciones para determinar su validez, especialmente en la justificación de la necesidad de expansión de la sutura media palatina y en la determinación de la cantidad deseada de expansión (41).

En nuestro estudio, durante la evaluación tomográfica de la deficiencia transversal del maxilar a través del análisis de Penn, este presentó cierto grado de dificultad en la ubicación del punto Jugal, a diferencia del borde WALA que fue fácil y reproducible su ubicación; no obstante, se debe tener en cuenta que ambos puntos anatómicos toman como referencia inicial los centros de resistencia de los primeros molares superiores e inferiores permanentes.

El análisis de Yonsei, por lo práctico de las mediciones realizadas y lo sencillo en la ubicación de los centros de resistencia, podría ser considerado como una herramienta accesible para el común de ortodoncistas en el propósito de encontrar un método de diagnóstico de la deficiencia transversal del maxilar. Se observó que la ubicación de las furcas de los primeros molares en los cortes sagital coronal y axial es sencillo y reproducible para el operador.

9. CONCLUSIONES

Se concluye que no existe concordancia para el diagnóstico de deficiencia transversal maxilar entre el análisis de Penn y el análisis de Yonsei.

El análisis de Penn diagnostica con deficiencia transversal a un porcentaje mayor de la muestra comparado con el análisis de Yonsei.

10. RECOMENDACIONES

Los diferentes análisis transversales basados en las imágenes CBCT sugieren la necesidad de establecer un método simplificado y rápido para establecer la presencia de un problema transversal óseo. Debido a que no existe concordancia entre ambos análisis, es necesario investigar nuevos métodos de fácil ejecución por parte de ortodoncistas y que no requieran la intervención de un radiólogo, en el diagnóstico de deficiencia transversal del maxilar.

Es aconsejable establecer un protocolo que facilite la evaluación tomográfica transversal a los pacientes que debido a ciertas circunstancias, tienen ausencia del primer molar superior y/o inferior lo que permite sean incluidos en el proceso de evaluación. Alternativamente, se debería establecer un análisis que no exija de su presencia.

Es crucial que los ortodoncistas posean el conocimiento y la competencia para realizar el análisis transversal CBCT, especialmente el análisis de Penn, que actualmente es el más aceptado. Sus fundamentos y la técnica de medición, deben ser incorporados como una herramienta complementaria a su análisis clínico, con el objetivo de obtener información complementaria al análisis de modelos.

El fundamento de los estudios que utilizan el análisis de Yonsei, es que el centro de resistencia de los primeros molares permanentes, es invariable e independiente en su ubicación, ya sea por un tratamiento ortodóncico previo o una deficiencia transversal severa. Sería interesante determinar en futuras investigaciones si es que la compensación dentoalveolar que sufren las coronas por deficiencia de crecimiento transversal del maxilar, podría influir en la posición del centro de resistencia de los primeros molares permanentes; de esta manera se podría determinar la validez del análisis transversal de Yonsei y considerarlo como el gold standard para el diagnóstico de las discrepancias transversales maxilomandibulares. Asimismo, se sugiere realizar nuevos estudios que comparen otros análisis distintos al de Yonsei con el de Penn utilizando tomógrafos de alta resolución.

11. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Zhang C, Guo Q, Liu W, Tang Y, Yuan R. Maxillary transverse deficiency diagnosed by 3 methods and its relationship with molar angulation in patients with skeletal Class III malocclusion. *American Journal of Orthodontics and Dentofacial Orthopedics*. 2023 Jul 1;164(1):5–13.
2. Lee KJ, Jeon HH, Boucher N, Chung CH. Transverse Analysis of Maxilla and Mandible in Adults with Normal Occlusion: A Cone Beam Computed Tomography Study. *J Imaging*. 2022 Apr 1;8(4).
3. Lee KJ, Choi SH, Choi TH, Shi KK, Keum BT. Maxillary transverse expansion in adults: Rationale, appliance design, and treatment outcomes. *Semin Orthod*. 2018 Mar 1;24(1):52–65.
4. Guerra G, Fernández L, Tavira F, Meléndez O, Escamilla V. Sensitivity and specificity of a radiographic, tomographic and digital model analysis for determining transverse discrepancies. *Rev Mex Ortodon*. 2018;6(1):28–34.
5. Feștilă D, Enache AM, Nagy EB, Hedeșiu M, Ghergie M. Testing the Accuracy of Pont's Index in Diagnosing Maxillary Transverse Discrepancy as Compared to the University of Pennsylvania CBCT Analysis. *Dent J (Basel)*. 2022 Feb 1;10(2).
6. Tamburrino RK, Boucher NS, Vanarsdall RL, Secchi A. Transverse-Dimension.-Diagnosis-and-Relevance-to-Functional-Occlusion-Tamburrino-et-all. *RWISO J*. 2010;2(1):13–22.
7. Moon HW, Nam W, Ahn HW, Oh SH, Kook YA, Kim SH. Development of a maxillomandibular arch form based on the center of resistance of teeth using cone-beam computed tomography. *American Journal of Orthodontics and Dentofacial Orthopedics*. 2022 Feb 1;161(2):208–19.
8. Koo YJ, Choi SH, Keum BT, Yu HS, Hwang CJ, Melsen B, et al. Maxillomandibular arch width differences at estimated centers of resistance: Comparison between normal occlusion and skeletal Class III malocclusion. *Korean J Orthod*. 2017 May 1;47(3):167–75.
9. McNamara JA. Maxillary transverse deficiency. *American Journal of Orthodontics and Dentofacial Orthopedics*. 2000 May;117(5):567–70.

10. García Menéndez M, Perdomo Gutiérrez L. Negative transverse maxillary discrepancy and associated factors in patients requiring orthognathic surgery. *Rev Cubana Estomatol.* 2022;59(2).
11. Consolaro A, Consolaro RB. Jaws can be referred to as narrow or hypoplastic, but the term “atresia” is inaccurate! *Dental Press J Orthod.* 2018;23(5):19–23.
12. Betts NJ. Surgically Assisted Maxillary Expansion. *Atlas Oral Maxillofac Surg Clin North Am.* 2016 Mar;24(1):67–77.
13. Reyneke JP, Conley RS. Surgical/Orthodontic Correction of Transverse Maxillary Discrepancies. *Oral Maxillofac Surg Clin North Am.* 2020 Feb;32(1):53–69.
14. Bin Dakhil N, Bin Salamah F. The Diagnosis Methods and Management Modalities of Maxillary Transverse Discrepancy. *Cureus.* 2021 Dec 17;
15. Miner RM, Al Qabandi S, Rigali PH, Will LA. Cone-beam computed tomography transverse analysis. Part I: Normative data. *American Journal of Orthodontics and Dentofacial Orthopedics.* 2012 Sep;142(3):300–7.
16. Ricketts RM. Perspectives in the clinical application of cephalometrics. The first fifty years. *Angle Orthod.* 1981 Apr;51(2):115–50.
17. Ricketts R. Cephalometric Analysis And Synthesis. *Angle Orthodontist.* 1961;21:141–56.
18. Vanarsdall RL. Transverse Dimension and Long-Term Stability. 1999.
19. Chung CH. Diagnosis of transverse problems. *Semin Orthod.* 2019 Mar 1;25(1):16–23.
20. Lee KM, Hwang HS, Cho JH. Comparison of transverse analysis between posteroanterior cephalogram and cone-beam computed tomography. *Angle Orthod.* 2014 Jul;84(4):715–9.
21. Andrews LF, Andrews WA. *The Six Elements of Orofacial Harmony™.* 2000.
22. Andrews LF. The 6-elements orthodontic philosophy: Treatment goals, classification, and rules for treating. *American Journal of Orthodontics and Dentofacial Orthopedics.* 2015 Dec 1;148(6):883–7.
23. De Grauwe A, Ayaz I, Shujaat S, Dimitrov S, Gbadegbegnon L, Vande Vannet B, et al. CBCT in orthodontics: a systematic review on justification of CBCT in a

- paediatric population prior to orthodontic treatment. *Eur J Orthod.* 2019 Aug 8;41(4):381–9.
24. Goldman LW. Principles of CT and CT technology. *J Nucl Med Technol.* 2007 Sep;35(3):115–28; quiz 129–30.
 25. Arai Y, Tammissalo E, Iwai K, Hashimoto K, Shinoda K. Development of a compact computed tomographic apparatus for dental use. *Dentomaxillofac Radiol.* 1999 Jul;28(4):245–8.
 26. Mozzo P, Procacci C, Tacconi A, Martini PT, Andreis IA. A new volumetric CT machine for dental imaging based on the cone-beam technique: preliminary results. *Eur Radiol.* 1998;8(9):1558–64.
 27. Venkatesh E, Elluru SV. Cone beam computed tomography: basics and applications in dentistry. *J Istanbul Univ Fac Dent.* 2017;51(3 Suppl 1):S102–21.
 28. Lee TY, Kim KH, Yu HS, Kim KD, Jung YS, Baik HS. Correlation analysis of three-dimensional changes of hard and soft tissues in class III orthognathic surgery patients using cone-beam computed tomography. *J Craniofac Surg.* 2014 Jul;25(4):1530–40.
 29. Miracle AC, Mukherji SK. Conebeam CT of the head and neck, part 1: physical principles. *AJNR Am J Neuroradiol.* 2009 Jun;30(6):1088–95.
 30. Scarfe WC, Li Z, Aboelmaaty W, Scott SA, Farman AG. Maxillofacial cone beam computed tomography: essence, elements and steps to interpretation. *Aust Dent J.* 2012 Mar;57 Suppl 1:46–60.
 31. Periago DR, Scarfe WC, Moshiri M, Scheetz JP, Silveira AM, Farman AG. Linear accuracy and reliability of cone beam CT derived 3-dimensional images constructed using an orthodontic volumetric rendering program. *Angle Orthod.* 2008 May;78(3):387–95.
 32. Oz U, Orhan K, Abe N. Comparison of linear and angular measurements using two-dimensional conventional methods and three-dimensional cone beam CT images reconstructed from a volumetric rendering program in vivo. *Dentomaxillofac Radiol.* 2011 Dec;40(8):492–500.
 33. Baumrind S. The Road to Three-Dimensional Imaging in Orthodontics. *Semin Orthod.* 2011 Mar;17(1):2–12.

34. Hernández Soler V. Tomografía de haz cónico (1.^a parte). *Revista Española de Ortodoncia*. 2008;38(4):277–288.
35. Patel S, Durack C, Abella F, Shemesh H, Roig M, Lemberg K. Cone beam computed tomography in Endodontics - a review. *Int Endod J*. 2015 Jan;48(1):3–15.
36. Glass TR, Tremont T, Martin CA, Ngan PW. A CBCT evaluation of root position in bone, long axis inclination and relationship to the WALA Ridge. *Semin Orthod*. 2019 Mar 1;25(1):24–35.
37. Simontacchi-Gbologah M, Tamburrino R, Boucher N, Vanarsdall R, Secchi A. Comparison of Three Methods to Analyze the Skeletal Transverse Dimension in Orthodontic Diagnosis . University of Pennsylvania; 2010.
38. Zhang C xi, Tan X ming, Wu W, Liu H, Liu Y, Qu X ru, et al. Reliability of 2 methods in maxillary transverse deficiency diagnosis. *American Journal of Orthodontics and Dentofacial Orthopedics*. 2021 Jun 1;159(6):758–65.
39. Rodríguez Sara. Diagnóstico transversal mediante el análisis de Penn, el análisis de Miner y el análisis de Yonsei, en tomografías de pacientes de 15 a 35 años, Arequipa 2022. [Arequipa]: Universidad Católica de Santa María; 2023.
40. Sawchuk D, Currie K, Vich ML, Palomo JM, Flores-Mir C. Diagnostic methods for assessing maxillary skeletal and dental transverse deficiencies: A systematic review. Vol. 46, *Korean Journal of Orthodontics*. Korean Association of Orthodontists; 2016. p. 331–42.
41. Kong L, Liu Y, Zhou X, He H, Liu Z. Responsiveness of three measurements in cone-beam computed tomography transverse analyses during both tooth-supported and mini-screw-assisted rapid maxillary expansion. *Angle Orthod*. 2023 Sep 1;

12. ANEXOS

12.1 Carta de aprobación del Comité de Investigación y Ética de la Facultad de Odontología de la Universidad Andrés Bello.



Comité de Investigación y Ética Odontología Universidad Andrés Bello, sede Viña del Mar.

El proyecto de investigación titulado **“Concordancia de dos métodos tomográficos en el diagnóstico de deficiencia transversal maxilar: Análisis de Penn y Análisis de Yonsei”** cuyo profesor responsable es el Dr. Pedro Córdova Salinas, Profesor del Postgrado de Ortodoncia y Ortopedia Dentomaxilofacial de la sede de Viña del Mar, fue evaluado y aprobado por parte del Comité de Investigación y Ética de la Facultad de Odontología, sede Viña del Mar, en su sesión del 04 de diciembre 2023, considerando la pertinencia de la investigación, el rigor metodológico, su calidad científica, la coherencia y el cumplimiento de las normas científicas, técnicas y éticas para este tipo de investigaciones.

Sobre el posible impacto en el medio ambiente, el comité conceptúa que, por la naturaleza de la investigación, el proyecto no tiene efectos negativos sobre el medio ambiente.

Con base en lo expresado anteriormente, el Comité de Investigación y Ética conceptúa que el proyecto **N° 154-23** cumple con todos los requisitos de calidad exigidos y en consecuencia otorga su aprobación.

Se extiende esta constancia el 04 de diciembre, 2023.



**COMITÉ DE BIOÉTICA CIENTÍFICO
FACULTAD ODONTOLOGÍA
UNIVERSIDAD ANDRÉS BELLO**

**Dra. Maureen Marshall Baburizza
Coordinadora Proyecto Integrado de Investigación
Universidad Andrés Bello
Sede Viña del Mar**

12.2 Base de datos mediciones.

ANALISIS PENN				ANALISIS YONSEI							CONCORDANCIA
Mx	Md	Mx-Md= 5mm	DT	AUSENCIA DTM= 0 / PRESENCIA DTM = 1	Mx	Imd	Mx-Mid= -0.39 ± 1.87 (-2.26 mm.,/1.48mm.)	DT valor min	DT media	AUSENCIA DTM= 0 / PRESENCIA DTM= 1	CONCORDANCIA
1	64.93	55.06	9.87	0.0	45.45	45.85	-0.4	0.00	0	0	CONCUERDA
2	54.34	55.54	-1.2	-6.2	43.36	45.75	-2.39	0.13	-0.52	1	CONCUERDA
3	57.34	55.53	1.81	-3.2	43.69	45.72	-2.03	0.00	0	0	NO CONCUERDA
4	65.93	58.03	7.9	0.0	48.81	47.44	1.37	0.00	0	0	CONCUERDA
5	62.8	58.8	4	-1.0	47.4	48.52	-1.12	0.00	0	0	NO CONCUERDA
6	54.24	50.88	3.36	-1.6	40.78	44.84	-4.06	1.80	-2.19	1	CONCUERDA
7	55.01	56.6	-1.59	-6.6	42.45	47.84	-5.39	3.13	-3.52	1	CONCUERDA
8	60.12	56.74	3.38	-1.6	44.98	47.63	-2.65	0.39	-0.78	1	CONCUERDA
9	60.55	51.55	9	0.0	46.69	43.12	3.57	0.00	0	0	CONCUERDA
10	61.81	57.42	4.39	-0.6	42.9	43.24	-0.34	0.00	0	0	NO CONCUERDA
11	63.67	61.99	1.68	-3.3	50.87	52.56	-1.69	0.00	0	0	NO CONCUERDA
12	59.63	56.29	3.34	-1.7	46.86	46.15	0.71	0.00	0	0	NO CONCUERDA
13	65.02	59.64	5.38	0.0	46.83	48.86	-2.03	0.00	0	0	CONCUERDA
14	62.67	62.73	-0.06	-5.1	50.55	53.92	-3.37	1.11	-1.5	1	CONCUERDA
15	57.57	57.91	-0.34	-5.3	43.34	40.19	3.15	0.00	0	0	NO CONCUERDA
16	59.27	56.41	2.86	-2.1	47.57	46.28	1.29	0.00	0	0	NO CONCUERDA
17	62.7	54.77	7.93	0.0	47.11	44.84	2.27	0.00	0	0	CONCUERDA
18	60.51	58.52	1.99	-3.0	43.97	47.53	-3.56	1.30	-1.69	1	CONCUERDA
19	63.36	61.38	1.98	-3.0	52.75	52.08	0.67	0.00	0	0	NO CONCUERDA
20	60.04	54.4	5.64	0.0	45.56	46.45	-0.89	0.00	0	0	CONCUERDA
21	62.37	69.33	-6.96	-12.0	51.43	46.77	4.66	0.00	0	0	NO CONCUERDA
22	65.02	72.7	-7.68	-12.7	48.02	52.35	-4.33	2.07	-2.46	1	CONCUERDA
24	55.35	56.01	-0.66	-5.7	41.02	48.01	-6.99	4.73	-5.12	1	CONCUERDA
25	55.54	61.33	-5.79	-10.8	36.78	45.24	-8.46	6.20	-6.59	1	CONCUERDA
26	57.99	66.72	-8.73	-13.7	40.55	45.67	-5.12	2.86	-3.25	1	CONCUERDA
27	58.02	72.69	-14.67	-19.7	41.68	53.71	-12.03	9.77	-10.16	1	CONCUERDA
28	63.02	62.75	0.27	-4.7	47.35	47.75	-0.4	0.00	0	0	NO CONCUERDA
29	60.35	57.36	2.99	-2.0	50.05	48.02	2.03	0.00	0	0	NO CONCUERDA
30	69.05	72.36	-3.31	-8.3	45.39	48.36	-2.97	0.71	-1.1	1	CONCUERDA
31	57.68	53.68	4	-1.0	44.72	42.37	2.35	0.00	0	0	NO CONCUERDA
32	60.3	61.7	-1.4	-6.4	43.67	45.52	-1.85	0.00	0	0	NO CONCUERDA
33	58.35	60.02	-1.67	-6.7	46.72	50.4	-3.68	1.42	-1.81	1	CONCUERDA
34	65.68	59.69	5.99	0.0	52.68	49.68	3	0.00	0	0	CONCUERDA
35	56.68	58.68	-2	-7.0	42.12	45.8	-3.68	1.42	-1.81	1	CONCUERDA
36	53.01	51.01	2	-3.0	42.71	42.02	0.69	0.00	0	0	NO CONCUERDA
37	59.69	53.69	6	0.0	41.7	44.39	-2.69	0.43	-0.82	1	NO CONCUERDA
38	63.7	62.35	1.35	-3.7	46.36	47.51	-1.15	0.00	0	0	NO CONCUERDA
39	58.5	52.15	6.35	0.0	46.14	42.7	3.44	0.00	0	0	CONCUERDA
40	63.69	59.35	4.34	-0.7	48.37	48.02	0.35	0.00	0	0	NO CONCUERDA
41	56.02	61.68	-5.66	-10.7	42.34	48.35	-6.01	3.75	-4.14	1	CONCUERDA
42	63.66	59.98	3.68	-1.3	48.43	49.13	-0.7	0.00	0	0	NO CONCUERDA
43	60.59	54.94	5.65	0.0	48.69	48.34	0.35	0.00	0	0	CONCUERDA
44	49.31	51.68	-2.37	-7.4	41.55	43.93	-2.38	0.12	-0.51	1	CONCUERDA
45	58.09	54.05	4.04	-1.0	44.6	46.62	-2.02	0.00	0	0	NO CONCUERDA
46	55.05	56.74	-1.69	-6.7	43.91	49.03	-5.12	2.86	-3.25	1	CONCUERDA
47	57.09	56.74	0.35	-4.7	45.61	45.93	-0.32	0.00	0	0	NO CONCUERDA
48	57.08	54.38	2.7	-2.3	45.95	46.62	-0.67	0.00	0	0	NO CONCUERDA
49	55.06	56.74	-1.68	-6.7	43.3	45.94	-2.64	0.38	-0.77	1	CONCUERDA

48	57.08	54.38	2.7	-2.3	1	45.95	46.62	-0.67	0.00	0	NO CONCUERDA	SI	No
49	55.06	56.74	-1.68	-6.7	1	43.3	45.94	-2.64	0.38	-0.77	1 CONCUERDA	SI	SI
50	57.24	55.88	1.36	-3.6	1	43.01	44.72	-1.71	0.00	0	NO CONCUERDA	SI	No
51	66.04	62.51	3.53	-1.5	1	48.43	51.45	-3.02	0.76	-1.15	1 CONCUERDA	SI	SI
52	51.68	61.81	-10.13	-15.1	1	39.87	47.96	-8.09	5.83	-6.22	1 CONCUERDA	SI	SI
53	51.46	59.26	-7.8	-12.8	1	43.87	49.51	-5.64	3.38	-3.77	1 CONCUERDA	SI	SI
54	63.54	60.07	3.47	-1.5	1	45.89	50.19	-4.3	2.04	-2.43	1 CONCUERDA	SI	SI
55	61.44	60.78	0.66	-4.3	1	47.82	51.25	-3.43	1.17	-1.56	1 CONCUERDA	SI	SI
56	51.68	52.23	-0.55	-5.6	1	40.62	43.01	-2.39	0.13	-0.52	1 CONCUERDA	SI	SI
57	59.46	59.83	-0.37	-5.4	1	41.01	48.58	-7.57	5.31	-5.7	1 CONCUERDA	SI	SI
58	57.52	61.22	-3.7	-8.7	1	42.3	48.71	-6.41	4.15	-4.54	1 CONCUERDA	SI	SI
59	52.58	55.63	-3.05	-8.1	1	38.59	46.76	-8.17	5.91	-6.3	1 CONCUERDA	SI	SI
60	58.44	56.09	2.35	-2.7	1	46.5	47.52	-1.02	0.00	0	NO CONCUERDA	SI	No
61	51.25	51.95	-0.7	-5.7	1	42.8	46.18	-3.38	1.12	-1.51	1 CONCUERDA	SI	SI
62	60.76	59.45	1.31	-3.7	1	47.88	48.95	-1.07	0.00	0	NO CONCUERDA	SI	No
63	54.26	51.88	2.38	-2.6	1	37.88	43	-5.12	2.86	-3.25	1 CONCUERDA	SI	SI
64	60.07	58.3	1.77	-3.2	1	46.76	49.26	-2.5	0.24	-0.63	1 CONCUERDA	SI	SI
65	61.09	60.13	0.96	-4.0	1	44.19	48.48	-4.29	2.03	-2.42	1 CONCUERDA	SI	SI
66	61.51	52.98	8.53	0.0	0	45.17	44.44	0.73	0.00	0	CONCUERDA	No	No
67	58.57	50.66	7.91	0.0	0	43.88	43.52	0.36	0.00	0	CONCUERDA	No	No
68	53.04	54.88	-1.84	-6.8	1	43.26	46.33	-3.07	0.81	-1.2	1 CONCUERDA	SI	SI
69	62.55	67.66	-5.11	-10.1	1	44.87	44.98	-0.11	0.00	0	NO CONCUERDA	SI	No
70	58.64	63.33	-4.69	-9.7	1	40.91	49.78	-8.87	6.61	-7	1 CONCUERDA	SI	SI
71	58.58	57.91	0.67	-4.3	1	44.07	48.08	-4.01	1.75	-2.14	1 CONCUERDA	SI	SI
72	62.31	61.63	0.68	-4.3	1	46.06	49.53	-3.47	1.21	-1.6	1 CONCUERDA	SI	SI
73	45.72	48.76	-3.04	-8.0	1	37.59	39.96	-2.37	0.11	-0.5	1 CONCUERDA	SI	SI
74	50.12	54.87	-4.75	-9.8	1	41.36	48.1	-6.74	4.48	-4.87	1 CONCUERDA	SI	SI
75	54.18	54.52	-0.34	-5.3	1	41.99	47.07	-5.08	2.82	-3.21	1 CONCUERDA	SI	SI
76	61.29	60.95	0.34	-4.7	1	46.07	49.13	-3.06	0.80	-1.19	1 CONCUERDA	SI	SI
77	57.11	55.07	2.04	-3.0	1	44.64	47.62	-2.98	0.72	-1.11	1 CONCUERDA	SI	SI
78	56.1	50.01	6.09	0.0	0	44.92	43.51	1.41	0.00	0	CONCUERDA	No	No
79	60.17	54.73	5.44	0.0	0	47.93	46.26	1.67	0.00	0	CONCUERDA	No	No
80	61.87	63.57	-1.7	-6.7	1	42.15	45.66	-3.51	1.25	-1.64	1 CONCUERDA	SI	SI
81	63.57	62.14	1.43	-3.6	1	46.38	51.39	-5.01	2.75	-3.14	1 CONCUERDA	SI	SI
82	52.69	55.07	-2.38	-7.4	1	43.21	47.6	-4.39	2.13	-2.52	1 CONCUERDA	SI	SI
83	56.77	56.78	-0.01	-5.0	1	47.33	51.26	-3.93	1.67	-2.06	1 CONCUERDA	SI	SI
84	58.81	58.47	0.34	-4.7	1	42.49	46.96	-4.47	2.21	-2.6	1 CONCUERDA	SI	SI
85	55.42	54.74	0.68	-4.3	1	42.19	44.53	-2.34	0.08	-0.47	1 CONCUERDA	SI	SI
86	57.46	60.19	-2.73	-7.7	1	41.49	48.01	-6.52	4.26	-4.65	1 CONCUERDA	SI	SI
87	67.65	63.23	4.42	-0.6	1	51.33	54.4	-3.07	0.81	-1.2	1 CONCUERDA	SI	SI
88	62.89	59.49	3.4	-1.6	1	50.35	49.39	0.96	0.00	0	NO CONCUERDA	SI	No
89	59.49	61.89	-2.4	-7.4	1	45.95	51.05	-5.1	2.84	-3.23	1 CONCUERDA	SI	SI
90	54.4	52.59	1.81	-3.2	1	40.79	43.89	-3.1	0.84	-1.23	1 CONCUERDA	SI	SI
91	60.17	52.78	7.39	0.0	0	45.24	42.97	2.27	0.00	0	CONCUERDA	No	No
92	58.13	52.35	5.78	0.0	0	47.26	45.55	1.71	0.00	0	CONCUERDA	No	No
93	56.25	54.94	1.31	-3.7	1	42.67	45.52	-2.85	0.59	-0.98	1 CONCUERDA	SI	SI
94	56.09	58.15	-2.06	-7.1	1	40.82	49.33	-8.51	6.25	-6.64	1 CONCUERDA	SI	SI
95	63.94	63.28	0.66	-4.3	1	45.32	52.78	-7.46	5.20	-5.59	1 CONCUERDA	SI	SI
96	55.75	53.71	2.04	-3.0	1	44.87	45.22	-0.35	0.00	0	NO CONCUERDA	SI	No
97	57.13	58.48	-1.35	-6.3	1	42.18	48.27	-6.09	3.83	-4.22	1 CONCUERDA	SI	SI
98	56.43	57.74	-1.31	-6.3	1	45.22	49.18	-3.96	1.70	-2.09	1 CONCUERDA	SI	SI