



FACULTAD DE ODONTOLOGÍA

EVALUACIÓN DE UN SOFTWARE GRATUITO SEMIASISTIDO EN COMPARACIÓN CON UNA PLATAFORMA WEB BASADA EN INTELIGENCIA ARTIFICIAL EN CEFALOGRAMAS LATERALES DIGITALES DE PACIENTES ADULTOS JÓVENES DE UNA UNIVERSIDAD PÚBLICA DE LIMA-2025

Línea de investigación:

Salud pública

Tesis para optar el Título Profesional de Cirujano Dentista

Autor

Marín Tovar, Raul Johan

Asesor

Guardia Huamani, Seber Augusto

ORCID: 0000-0001-9336-6578

Jurado

Sotomayor Mancisidor, Merce Concepcion

Perez Alvarado, Otto Alex

Lopez Llamosa, Luis Eduardo

Lima - Perú

2026

EVALUACIÓN DE UN SOFTWARE GRATUITO SEMIASISTIDO EN COMPARACIÓN CON UNA PLATAFORMA WEB BASADA EN INTELIGENCIA ARTIFICIAL EN CEFALOGRAMAS LATERALES DIGITALES DE PACIENTES ADULTOS JÓVENES DE UNA UNIVERSI

INFORME DE ORIGINALIDAD

20%

INDICE DE SIMILITUD

18%

FUENTES DE INTERNET

3%

PUBLICACIONES

7%

TRABAJOS DEL
ESTUDIANTE

FUENTES PRIMARIAS

1

repositorio.unfv.edu.pe

Fuente de Internet

8%

2

hdl.handle.net

Fuente de Internet

2%

3

Submitted to Universidad Privada San Juan
Bautista

Trabajo del estudiante

1%

4

Submitted to Universidad Nacional Federico
Villarreal

Trabajo del estudiante

1%

5

Submitted to Universidad Católica de Santa
María

Trabajo del estudiante

1%

6

www.researchgate.net

Fuente de Internet

1%

7

eprints.ucm.es

Fuente de Internet

1%

8

repositorio.ug.edu.ec

Fuente de Internet

<1%

9

Submitted to Universidad de los Andes - Chile

Trabajo del estudiante

<1%



FACULTAD DE ODONTOLOGÍA

**EVALUACIÓN DE UN SOFTWARE GRATUITO SEMIASISTIDO EN COMPARACIÓN
CON UNA PLATAFORMA WEB BASADA EN INTELIGENCIA ARTIFICIAL EN
CEFALOGRAMAS LATERALES DIGITALES DE PACIENTES ADULTOS JÓVENES
DE UNA UNIVERSIDAD PÚBLICA DE LIMA-2025**

Línea de investigación:

Salud Pública

Tesis para optar el Título Profesional de Cirujano Dentista

Autor

Marín Tovar, Raul Johan

Asesor

Guardia Huamani, Seber Augusto

ORCID:0000-0001-9336-6578

Jurado

Sotomayor Mancisidor, Merce Concepcion

Perez Alvarado, Otto Alex

Lopez Llamosa, Luis Eduardo

Lima – Perú

2026

DEDICATORIA

Dedico este trabajo, en primer lugar, a Dios, por guiar mis pasos y darme fortaleza para culminar esta importante etapa de mi vida profesional. A mi familia, por su esfuerzo y apoyo constante, y por creer en mí aun en los momentos difíciles. Este logro no es solo mío, sino también de ustedes, quienes fueron mi mayor motivación para no rendirme.

AGRADECIMIENTO

Expreso mi más sincero agradecimiento a mi familia, especialmente a mis tíos y a mi querida abuela, por su apoyo incondicional, paciencia y motivación constante a lo largo de este proceso. Asimismo, agradezco a la facultad y a mis docentes por brindarme los conocimientos y herramientas necesarias para culminar esta etapa académica como también a mi asesor, Por su orientación y apoyo constante durante el desarrollo de la presente investigación. Extiendo también mi gratitud a todas las personas que, con su gentileza y colaboración, contribuyeron de alguna manera al desarrollo de esta tesis. Su apoyo ha sido fundamental para alcanzar este logro.

ÍNDICE

RESUMEN	ix
ABSTRACT	x
I. INTRODUCCIÓN	1
1.1. Descripción y formulación del problema del problema	1
1.2. Antecedentes	2
1.3. Objetivos	10
<i>1.3.1. Objetivo general</i>	10
<i>1.3.2. Objetivos específicos</i>	10
1.4. Justificación	10
<i>1.4.1. Teórica</i>	10
<i>1.4.2. Práctica</i>	11
<i>1.4.3. Social</i>	11
1.5. Hipótesis	11
II. MARCO TEÓRICO	12
2.1. Bases teóricas sobre el tema de investigación	12
<i>2.1.1. Rayos x</i>	12
<i>2.1.2. Radiografía en ortodoncia</i>	13
<i>2.1.3. Cefalometría</i>	13
<i>2.1.4. Métodos cefalométricos</i>	20
<i>2.1.5. Análisis cefalométricos</i>	21
<i>2.1.6. Trazado cefalométrico</i>	23
<i>2.1.7. Sistemas automáticos y semiautomáticos</i>	23
III. MÉTODO	26
3.1. Tipo de investigación.....	26

3.2. Ámbito temporal y espacial.....	26
3.3. Variables.....	26
3.4. Población y muestra.....	27
3.4.1. Población	27
3.4.2. Muestra.....	28
3.4.3. Unidad de análisis	28
3.4.4. Muestreo	28
3.4.5. Criterios de selección	28
3.5. Instrumentos.....	28
3.6. Procedimientos.....	28
3.7. Análisis de datos.....	33
3.8. Consideraciones éticas.....	33
IV. RESULTADOS	34
V. DISCUSIÓN DE RESULTADOS	40
VI. CONCLUSIONES	43
VII. RECOMENDACIONES	44
VIII. REFERENCIAS	45
IX. ANEXOS	49
9.1. Anexo A.....	49
9.1.1. Matriz de consistencia.....	49
9.2. Anexo B.....	52
9.2.1. Carta de presentación para uso de laboratorio.....	52
9.3. Anexo C.....	53
9.3.1. Carta de presentación	53
9.4. Anexo D.....	54

9.4.1. Constancia de aprobación.....	54
9.5. Anexo E.....	55
9.5.1. Carta de calibración	55
9.6. Anexo F.....	56
9.6.1. Constancia de autorización y ejecución.....	56
9.7. Anexo G.....	57
9.7.1. Ficha de recolección de datos.....	57
9.8. Anexo H.....	58
9.8.1. Instrumento de recolección de datos.....	58
9.9. Anexo I.....	59
9.9.1. Evaluaciones repetidas para medir concordancia interevaluador y intraevaluador	59
9.10. Anexo J.....	63
9.10.1. Evidencia fotográfica	63

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Comparación de las medidas angulares obtenidas con el software gratuito semiasistido y la plataforma web basada en inteligencia artificial	34
Tabla 2. Comparación de las medidas lineales obtenidas con el software gratuito semiasistido y la plataforma web basada en inteligencia artificial	36
Tabla 3. Grado de concordancia del software gratuito semiasistido y la plataforma web basada en inteligencia artificial	37
Tabla 4. Análisis de la concordancia mediante el método de Bland-Almant entre el software gratuito semiasistido y la plataforma web basada en inteligencia artificial	38

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Comparación de las medidas angulares obtenidas con el software gratuito semiasistido y la plataforma web basada en inteligencia artificial.....	35
Figura 2. Comparación de las medidas lineales obtenidas con el software gratuito semiasistido y la plataforma web basada en inteligencia artificial.....	36
Figura 3. Grado de concordancia del software gratuito semiasistido y la plataforma web basada en inteligencia artificial.....	38

RESUMEN

Objetivo: Comparar la precisión y concordancia de las mediciones cefalométricas digitales obtenidas mediante un software gratuito (GeoGebra) y una plataforma web basada en inteligencia artificial (WebCeph) en cefalogramas laterales digitales de pacientes adultos jóvenes de una universidad pública de Lima-2025. **Método:** Se realizó un estudio observacional, analítico, transversal y retrospectivo en una muestra de 40 radiografías cefalométricas laterales digitales provenientes del taller clínico de ortodoncia de una universidad pública de Lima. Se evaluaron mediciones angulares y lineales mediante ambos métodos. El análisis estadístico incluyó pruebas inferenciales (t de Student y U de Mann-Whitney), evaluación de normalidad (Shapiro-Wilk), así como el coeficiente de correlación intraclase (ICC) y el método de Bland-Altman para determinar la concordancia entre los sistemas. **Resultados:** No se encontraron diferencias estadísticamente significativas entre las mediciones angulares ni lineales obtenidas con ambos métodos ($p > 0,05$). Las medias fueron altamente similares en todas las variables evaluadas. El análisis de concordancia mostró valores de ICC superiores a 0,90, indicando excelente reproducibilidad. Asimismo, el análisis de Bland-Altman evidenció un sesgo mínimo y límites de concordancia dentro de rangos clínicamente aceptables. **Conclusiones:** el software gratuito semiautomatizado presenta una precisión y concordancia comparables a la plataforma web basada en inteligencia artificial, constituyendo una alternativa válida y accesible para el análisis cefalométrico digital en la práctica clínica.

Palabras clave: cefalometría digital, inteligencia artificial, radiografía cefalométrica lateral

ABSTRACT

Objective: To compare the accuracy and agreement of digital cephalometric measurements obtained using a free semi-assisted software (GeoGebra) and an artificial intelligence-based web platform (WebCeph) in digital lateral cephalograms of young adult patients from a public university in Lima, 2025. **Method:** An observational, analytical, cross-sectional, and retrospective study was conducted on a sample of 40 digital lateral cephalometric radiographs obtained from the orthodontic clinical workshop of a public university in Lima. Angular and linear measurements were evaluated using both methods. Statistical analysis included inferential tests (Student's t-test and Mann-Whitney U test), normality assessment (Shapiro-Wilk), as well as the intraclass correlation coefficient (ICC) and Bland-Altman method to determine agreement between the systems. **Results:** No statistically significant differences were found between angular or linear measurements obtained with both methods ($p > 0.05$). The means were highly similar across all evaluated variables. Agreement analysis showed ICC values greater than 0.90, indicating excellent reproducibility. Likewise, Bland-Altman analysis demonstrated minimal bias and limits of agreement within clinically acceptable ranges. **Conclusions:** The free semi-assisted software demonstrates accuracy and agreement comparable to the artificial intelligence-based web platform, representing a valid and accessible alternative for digital cephalometric analysis in clinical practice.

Keywords: digital cephalometry, artificial intelligence, lateral cephalometric radiography

I. INTRODUCCIÓN

Los avances científicos y la tecnología han ido influyendo en grandes campos de la medicina implicando de forma revolucionaria en todos los aspectos incluido la odontología han transcurrido más de un siglo desde que el doctor Edward H. Angle puso en manifiesto el uso de aparatos de ortodoncia y estableció la ortodoncia como una de las primeras especialidades en odontología. La ortodoncia ha pasado por muchos cambios y ha avanzado demasiado durante su primer siglo. Es momento de pensar en lo que va aportando la ciencia en nuestra profesión y la enorme brecha que aún está presente entre la ciencia y la ortodoncia. (Ren, 2009)

El análisis cefalométrico mediante la aplicación de la cefalometría es una herramienta importante que se suma a la ayuda diagnóstica que se emplea en la ortodoncia para poder tener un plan de tratamiento, establecer resultados y pronosticar el crecimiento. (Aksakallı et al., 2016)

Para Prabhakar et al. (2014) desde que se introdujo el análisis cefalométrico en 1931 tradicionalmente este análisis incluyó ciertas ventajas en el diagnóstico, ya que llegó a participar en el diagnóstico y la evaluación ortodóncica. Este análisis se realiza mediante la visualización e identificación de los puntos de referencia radiográfico sobre una lámina de acetato en el cual se realizan trazos para medir valores lineales y angulares.

En estos últimos años sabemos que por el avance de la tecnología se han ido desarrollando múltiples programas cefalométricos recopilando esto como la nueva ortodoncia donde el análisis cefalométrico se ha ido adaptando gradualmente a la era digital que tal vez el ortodoncista recién ha podido emplearlas en comparación con el análisis cefalométrico (Aksakallı et al., 2016)

1.1. Descripción y formulación del problema

La cefalometría lateral es una parte fundamental en el registro del tratamiento de la ortodoncia. De forma tradicional se desarrolla manualmente. Podemos decir, que podrían

producir una fuente de error por diversos parámetros dentro de ellos serían la variación de la localización y medición de los puntos referenciales. Para superar ciertas desventajas en el proceso se introdujeron softwares cefalométricos computarizados. (Zamrik y İşeri, 2021)

Para Mohan et al. (2021) la realización del trazado por análisis cefalométrico manual conlleva a un consumo de tiempo por lo tedioso en su procedimiento, por lo que, esto conlleva a la implementación de programas cefalométricos que facilitan y optimizan el trabajo ,pero estos programas presentan un costo, se necesitan de equipos para su desarrollo como laptops, celulares y afiliarse al registro y términos de condiciones de cada aplicación y esto a los profesionales de los países en desarrollo y subdesarrollados les imposibilita costearlo. Con el advenimiento de nuevas aplicaciones o softwares podemos iniciar a emplearlas, pero teniendo en cuenta que estas nuevas aplicaciones tengan una validez o concordancia semejante a la técnica por rastreo manual para obtener una precisión en los resultados y su uso sea una nueva forma de implementación en el diagnóstico de la ortodoncia.

Ante esta problemática, el presente estudio plantea evaluar la confiabilidad y precisión del software gratuito semiasistido en comparación con la plataforma web para análisis cefalométricos digitales basado por inteligencia artificial.

Frente lo expuesto con este estudio se pretende responder la siguiente interrogante: ¿Cuál será la evaluación de un software gratuito semiasistido en comparación con una plataforma web basada en inteligencia artificial en cefalogramas laterales digitales de pacientes adultos jóvenes de una universidad pública de lima-2025?

1.2. Antecedentes

Alqahtani (2020), un estudio en Arabia Saudita tuvo como finalidad evaluar la reproducibilidad de las mediciones lineales y angulares obtenidas a partir de trazados cefalométricos realizados mediante una plataforma en línea basada en web (CephX) en comparación con los trazados efectuados con el software computarizado FACAD. Para ello, se

seleccionaron aleatoriamente treinta radiografías cefalométricas en las que se identificaron dieciséis puntos de referencia y se analizaron dieciséis mediciones cefalométricas, de las cuales ocho fueron lineales y ocho angulares. La comparación entre ambos métodos se realizó mediante la prueba t pareada para determinar diferencias en las medias. Asimismo, la reproducibilidad de las mediciones se evaluó utilizando el coeficiente de correlación de concordancia y el método de análisis de Bland-Atman. El nivel de significancia estadística se estableció en $p < 0,05$. Los resultados indicaron que no existieron diferencias medias estadísticamente significativas entre ambos métodos, con excepción de dos mediciones angulares (SNA Y FMA) y una medición lineal (Pg a NB). La mayor diferencia observada entre las medias fue de 1,98 para las mediciones angulares y de 0,78 mm para las lineales. El error estándar fue inferior a 0,18 en las mediciones angulares y menor a 0,3 mm en las mediciones lineales. Además, todos los parámetros evaluados, salvo POG a NB, presentaron niveles de concordancia que oscilaron entre moderados y casi perfectos ($> 0,90$). Se concluye que las mediciones obtenidas mediante los softwares FACAD y CephX presentan adecuada reproducibilidad. Aunque se identificaron diferencias estadísticamente significativas en algunas variables, estas no fueron clínicamente relevantes en la mayoría de los casos.

Mohan et al. (2021), en India, compararon la precisión y confiabilidad de las mediciones líneas y angulares obtenidas mediante el software digital OneCeph y el trazado cefalométrico manual. Se llevó a cabo este estudio transversal con veinte radiografías cefalométricas laterales previas al tratamiento, pertenecientes a pacientes atendidos en una clínica de ortodoncia de posgrado durante un periodo de un mes. En cada caso se realizaron trazados utilizando el programa OneCeph y el método manual, evaluándose nueve parámetros correspondientes al análisis cefalométrico de Steiner. Para comparar ambos métodos se aplicó la prueba t de muestras independientes, mientras que la confiabilidad intraoperador se determinó mediante una prueba t pareada tras una semana. Los resultados evidenciaron

ausencia de diferencias estadísticamente significativas entre ambos métodos, ya que en todos los parámetros el valor de p fue superior a 0,05. En consecuencia, se concluyó que la aplicación del software OneCeph presenta niveles de precisión y fiabilidad comparables al trazado cefalométrico manual.

Calle-Velezmoro et al. (2021), en Perú, compararon las diferencias entre el trazado cefalométrico manual y digital en radiografías laterales de cráneo mediante el análisis de Steiner en 78 radiografías de 39 pacientes. Se aplicó la prueba de Wilcoxon para comparar ambos métodos, encontrándose que la mayoría de las mediciones no presentaron diferencias significativas. Sin embargo, el ángulo interincisal y la medición lineal incisivo inferior-NB mostraron diferencias significativas. Los autores concluyeron que ambos métodos presentan resultados similares, aunque recomendaron interpretar los hallazgos con cautela debido al tamaño limitado de la muestra.

Ristau et al. (2022), en Estados Unidos, realizaron un estudio con el objetivo de comparar la fiabilidad en la identificación de puntos cefalométricos entre un software automatizado basado en inteligencia artificial (AudaxCeph) y trazados efectuados por ortodoncistas. La investigación incluyó 60 cefalogramas laterales analizados por dos especialistas certificados y por el software automatizado, evaluándose trece puntos cefalométricos. Para el análisis estadístico se compararon las coordenadas de cada punto mediante pruebas de equivalencia con un límite de 2 mm. Los autores reportaron una adecuada fiabilidad intraexaminador entre los ortodoncistas y encontraron que no existieron diferencias estadísticamente significativas entre el software y los evaluadores humanos en la mayoría de las mediciones, excepto en algunas dimensiones relacionadas con Porion y el ápice de L1. Concluyeron que AudaxCeph constituye una herramienta complementaria útil para el diagnóstico y la planificación del tratamiento ortodóntico.

Kanemeier et al. (2024), en Alemania, investigaron si el tipo de dispositivo influye en la precisión y en el tiempo requerido para realizar trazados cefalométricos. En el estudio, estudiantes de odontología utilizaron una aplicación web diseñada específicamente para efectuar análisis cefalométricos tanto en tabletas con estudio, estudiantes escritorio, mientras que seis ortodoncistas con experiencia establecieron los puntos de referencia. El análisis estadístico incluyó la evaluación de la fiabilidad, estadística descriptiva y modelos lineales de efectos mixtos. Durante ocho semestres se analizaron 277 trazados realizados por 161 estudiantes. La fiabilidad Inter evaluador entre los ortodoncistas fue excelente ($ICC > 0.9$) En el caso de los estudiantes, la desviación promedio respecto a los puntos de referencia fue de 2.05mm y el 68.8% de las mediciones se encontraban dentro del umbral clínicamente aceptable de 2 mm reportado en la literatura, aunque se observaron variaciones importantes entre los distintos puntos cefalométricos. No se halló influencia del tipo de computadora en la precisión ni en el tiempo de trazado. Por ello, los autores concluyeron que el uso de tabletas es recomendable para la realización de análisis cefalométricos.

Baig et al. (2024), en los Emiratos Árabes Unidos, evaluaron la exactitud y nivel de concordancia diagnóstica de tres softwares comerciales de trazado cefalométrico lateral basados en inteligencia artificial. Para ello, se analizaron 63 radiografías cefalométricas laterales mediante un programa semiautomático (Dolphin Imaging Systems LLC) y tres plataformas basadas en IA (Webceph, Cephio y Ceppro DDH Inc). La fiabilidad intra e interobservador de las mediciones realizadas por especialistas humanos fue analizada y la comparación entre las mediciones efectuadas por los expertos y por los software de IA se realizó mediante un ANOVA unidireccional de medidas repetidas. Asimismo, el desempeño diagnóstico de los programas se determinó utilizando pruebas de sensibilidad y especificidad. Los expertos humanos mostraron una fiabilidad excelente en la mayoría de los parámetros cefalométricos evaluados ($ICC > 0.9$). Sin embargo, al contrastar los resultados con los

obtenidos por los sistemas de IA, se identificaron diferencias estadísticamente significativas en los tres softwares analizados (WebCeph en 10 de 11 mediciones, Cephio y Ceppro DDH Inc. En 7 de 11). Se evidenciaron discrepancias superiores a dos unidades en la mayoría de los parámetros, así como variaciones en la determinación de los patrones esqueléticos sagitales y verticales, además de diferencias en las características dentales y de tejidos blandos. En conclusión, los softwares cefalométricos basados en inteligencia artificial presentaron limitaciones en su precisión y fiabilidad en comparación con las mediciones realizadas por expertos humanos, por lo que se recomienda que los clínicos utilicen estos sistemas con cautela y no dependan exclusivamente de ellos para la planificación y evaluación del tratamiento ortodóncico.

Chugh et al. (2023), investigadores de la India, evaluaron la confiabilidad del análisis cefalométrico realizado mediante una aplicación para teléfonos inteligentes en comparación con un software convencional de imágenes basado en computadora. El estudio incluyó radiografías laterales pretratamiento de 50 pacientes, 26 hombres y 24 mujeres, con una edad promedio de 19,2 años, las cuales fueron analizadas utilizando la aplicación OneCeph y el software Dolphin. Dos observadores identificaron de manera independiente diecisiete puntos cefalométricos y efectuaron catorce mediciones cefalométricas, repitiendo el procedimiento tras un intervalo de 0,1 a 0,2. La fiabilidad inter e intraobservador se determinó mediante el coeficiente de correlación intraclass (ICC). Para la comparación de las medias entre ambos métodos de medición se empleó la prueba t de Student, tanto para el observador 1 como para el observador 2, además de analizarse el tiempo requerido para completar los trazados cefalométricos. Los resultados mostraron una fiabilidad inter e intraobservador que osciló de buena (ICC 0,75-0,90) a excelente (ICC 0,90-1,00) en todas las mediciones de tejidos duros y blandos con ambos métodos. No se evidenciaron diferencias estadísticamente significativas entre los dos métodos para ninguno de los observadores ($p < 0,05$). Sin embargo, la aplicación

OneCeph requirió un tiempo significativamente mayor para completar el análisis cefalométrico en comparación con el software Dolphin.

Zamrik y İşeri (2021), en Turquía, investigadores analizaron y compararon la confiabilidad y reproducibilidad de las mediciones cefalométricas lineales y angulares obtenidas mediante la aplicación cefalométrica para teléfonos inteligentes Android OneCeph frente al método convencional. El estudio incluyó el registro de 22 puntos cefalométricos y la evaluación de 26 parámetros esqueléticos y dentales en 30 cefalogramas laterales previos al inicio del tratamiento ortodóntico. Tanto los trazados digitales realizados con OneCeph como los convencionales se efectuaron con un intervalo de cuatro semanas. La confiabilidad, expresada como el error intraexaminador, se determinó mediante el coeficiente de correlación de Pearson, mientras que la reproducibilidad entre ambas técnicas de trazado se evaluó utilizando la prueba de t pareada. Los coeficientes de correlación de Pearson obtenidos para todas las mediciones cefalométricas en cada método de trazado fueron elevados ($r=0,95$), lo que indica una alta confiabilidad. Se identificaron diferencias estadísticamente significativas entre ambos métodos en cinco mediciones específicas: el ángulo SNB, la distancia lineal NL-Pog, la distancia U1 -punto A, la relación del labio superior con la línea S y el ángulo naso labial ($p<0,05$). No obstante, al comparar las 26 mediciones evaluadas, todas las diferencias medias entre el método digital (OneCeph) y el convencional fueron inferiores a 1 grado o 1mm, lo que sugiere que dichas discrepancias carecen de relevancia clínica. La única excepción fue la medición U1-punto A en el método digital, que presentó una diferencia clínicamente significativa de 1,25mm ($p<0,01$), atribuida a un error en la identificación del punto de referencia, al medirse la distancia desde la línea A hasta el borde incisal del incisivo central superior en lugar de la superficie facial del incisivo superior. En conclusión, ambos métodos de trazado demostraron ser confiables y adecuados para su aplicación en la práctica clínica diaria.

Yassir et al. (2022), en Irak, compararon la confiabilidad y precisión de WebCeph, una plataforma basada en web específico para el análisis en cefalometrías, con el software AutoCAD. Se evaluó una muestra de 50 cefalogramas laterales digitales pretratamiento de pacientes en tratamiento ortodóntico, los cuales fueron evaluados mediante WebCeph y AutoCAD, considerado como método estándar. En cada telerradiografía lateral digital se identificaron 17 puntos de referencia y se realizaron 11 mediciones correspondientes a parámetros del tipo esquelético, dentarios y de tejidos blandos, incluyendo seis mediciones angulares y cinco lineales. Para el análisis estadístico se empleó la prueba t pareada con el objetivo de evaluar el sesgo sistemático, así como el coeficiente de correlación intraclase (CCI) y el método de Bland-Altman con análisis de regresión lineal para determinar el grado de concordancia entre ambos métodos. La reproducibilidad de las mediciones obtenidas con WebCeph y AutoCAD fue adecuada. La prueba de t pareada evidenció diferencias estadísticamente significativa en cinco mediciones angulares y dos lineales ($p < 0,05$). El análisis de Bland-Altman mostró de forma visual límites de concordancia relativamente aceptables únicamente para tres mediciones angulares y dos lineales, mientras que el análisis de regresión lineal evidenció la presencia de un sesgo proporcional significativo entre ambos métodos en cuatro ángulos y en la medición de la línea estética del labio superior (línea UE). El sesgo sistemático y el nivel de concordancia mejoraron con el uso del modo semiautomático de WebCeph.

Mahto et al. (2022), investigadores en Nepal, compararon las mediciones cefalométricas lineales y angulares obtenidas mediante la plataforma web WebCeph, completamente sistematizada y inducido por inteligencia artificial, con aquellas obtenidas a través del trazado manual, así como evaluar la validez y confiabilidad de las mediciones cefalométricas totalmente sistematizadas proporcionadas por WebCeph. Para ello se seleccionaron de manera aleatoria treinta radiografías laterales digitales correspondientes a

pacientes en pretratamiento. En el método manual, las radiografías laterales digitales fueron impresas utilizando una impresora de rayos X compatible. Luego de la calibración del examinador, se identificaron 18 puntos cefalométricos y se realizaron 12 mediciones, de las cuales 8 fueron angulares y 4 lineales, siguiendo protocolos estandarizados. Posteriormente, las imágenes digitales de cada cefalograma fueron cargadas en el servidor de WebCeph. La concordancia entre ambos métodos fue evaluada mediante el coeficiente de correlación intraclase (CCI). Se consideró una concordancia pobre a moderada cuando el valor de CCI fue inferior a 0,75, buena cuando se encontró entre 0,75 y 0,90, y excelente cuando superó el valor de 0,90. Los resultados mostraron que todas las mediciones presentaron valores de CCI mayores a 0,75. Siete parámetros (ANB, FMA, IMPA/L1 a MP (°), LL a línea E, L1 a NB (mm), L1 a NB (°) y SN a Go-Gn) alcanzaron valores de CCI superiores a 0,90 mientras que cinco parámetros (UL a línea E, U1 a NA (mm), SNA, SNB y U1 a NA (°)) presentaron valores comprendidos entre 0,75 y 0,90. En conclusión, se evidenció una buena concordancia entre las mediciones cefalométricas obtenidas mediante WebCeph y el trazado manual.

Silva et al. (2022) en Brasil, desarrollaron un estudio con el propósito de evaluar la confiabilidad del software de cefalometría CEFBOT, basado en inteligencia artificial, para la identificación de referencias anatómicas craneofaciales y la realización de mediciones lineales y angulares del análisis de Arnett. Para ello, se analizaron 30 radiografías cefalométricas laterales en las cuales se identificaron 66 puntos de referencia y 10 mediciones tanto por un examinador humano como por el software. Los resultados mostraron valores de CCI superiores a 0,94 en la mayoría de las mediciones, evidenciando una alta confiabilidad. No obstante, la medición del plano horizontal de Frankfurt con la línea horizontal verdadera (THL) presentó menor reproducibilidad. A pesar de ello, no se encontraron diferencias estadísticamente significativas entre las mediciones realizadas por el examinador humano y el software.

Concluyendo que CEFBOT constituye una herramienta prometedora para apoyar el análisis cefalométrico.

1.3. Objetivos

1.3.1. Objetivo general

- Comparar las mediciones cefalométricas digitales obtenidas mediante un software gratuito semiasistido y una plataforma web basada en inteligencia artificial en cefalogramas laterales digitales de pacientes adultos jóvenes de una universidad pública de lima-2025.

1.3.2. Objetivos específicos

- Comparar las medidas angulares obtenidas con el software gratuito semiasistido y la plataforma web basada en inteligencia artificial.
- Comparar las medidas lineales obtenidas con el software gratuito semiasistido y la plataforma web basada en inteligencia artificial.
- Determinar el grado de concordancia entre el software gratuito semiasistido y la plataforma web basada en inteligencia artificial.

1.4. Justificación

1.4.1. Teórica

La investigación desarrollada tendrá importancia teórica, ya que, el análisis cefalométrico es una herramienta imprescindible en el diagnóstico y planificación del tratamiento ortodóncico con lo que lograremos cuantificar de manera objetiva las relaciones esqueléticas, dentarias y de tejidos blandos en el paciente, tradicionalmente se realizaba de manera manual en esta nueva era de los avances tecnológicos se inundaron de programas sofisticados tediosos y costosos que simplifican los análisis cefalométricos y se obtiene un rango de valores siempre bajo la supervisión del investigador o clínico de confirmar que tan preciso es el programa. Es para eso que se realiza esta investigación en el que se desea saber si

este software gratuito semiasistido presenta fiabilidad y reproducibilidad en las mediciones cefalométricas en relación con la plataforma web con inteligencia artificial y así con este aporte sumado a la evidencia de estudios previos se use en la aplicabilidad clínica en adultos jóvenes donde la toma de decisiones diagnósticas y terapéuticas es sumamente crítica para el éxito del tratamiento ortodóncico.

1.4.2. *Práctica*

Los resultados obtenidos sobre la validez y concordancia del software semiasistido en la cefalometría digital de fácil acceso harán que su empleo sea promovido por estudiantes y profesionales de odontología en el que facilitara en las mejoras del tiempo haciendo que su desarrollo sea controlado y valido en el campo clínico.

1.4.3. *Social*

Ante estos estudios podemos considerar su justificación en su empleo porque nos brindara una mejora en la eficiencia y precisión en el tratamiento ortodóncico, una reducción de costos, mejoramiento en el acceso y preparación en el nuevo flujo digital y facilidad del manejo por parte de los profesionales que suelen estar en lugares con poco desarrollo tecnológico.

1.5. Hipótesis

Existe una diferencia significativa en la precisión y concordancia de las mediciones cefalométricas obtenidas mediante un software gratuito semiasistido en comparación con una plataforma web basada en inteligencia artificial en cefalogramas laterales digitales de pacientes adultos jóvenes de una universidad pública de lima-2025.

II. MARCO TEÓRICO

2.1. Bases teóricas sobre el tema de investigación

2.1.1. *Rayos X*

En 1895 el experimento del profesor investigador del instituto físico de la universidad de Wurzburg marco un hecho histórico en la física donde hubo repercusiones en el campo de la medicina, odontología y tecnología sobre los rayos catódicos y sus efectos en placas fotográficas y material fluorescente haciendo claro sus publicaciones sobre esta investigación lo llevo a consagrarse con un premio nobel. El descubrimiento y el empleo de los rayos x en ortodoncia puso en pie formas o métodos para poder iniciar en la medición ortodóncica llamada radiografía cefalométrica. (Zamora, 2004)

2.1.1.1. Radiografía convencional. La película de rayos x convencional tiene en su contenido granos de haluro de plata encerrados en una matriz de gelatina. Esta película se expone a los fotones de rayos x y los cristales de haluro de plata se vuelven muy sensibles y se tornan de color negro durante su proceso de revelado. En las radios películas graficas extraorales se logran utilizar receptores de acción indirecta para registrar la imagen. Estas películas son muy sensibles a las fotografías emitidas por las pantallas intensificadoras adyacentes, lo que reducirá la dosis de radiación que emite, pero reduciendo la calidad y detalles finos de la imagen. (Brennan, 2002)

El equipo utilizado para obtener radiografías incluye el tubo de rayos x ubicado en posición fija, la distancia en la que debe estar el tablero y la luz debe ser mayor a 1 metro, el cefalostato. Es un dispositivo utilizado para posicionar y estabilizar la cabeza, los auriculares u olivas se emplean para estandarizar la posición del paciente, el chasis incluye pantalla intensificadora y filtros de cuña estos permiten la atenuación selectiva de los rayos x logrando mostrar los contornos de tejido blando y hacerlos más visible en la radiografía. (Whaites y Cawson, 2008)

2.1.1.2. Radiografía digital. La radiografía digital desde su introducción viene a reemplazar en el campo de los distintos métodos radiológicos de imágenes tradicionales de películas y pantallas. En el cual está siendo empleado con un intensificador de imagen digital y fosforo de almacenamiento. La aplicación de la radiografía digital va dando muchas posibilidades como mejoras en el procesamiento, almacenamiento y transmisión de imágenes. Uno de los otros beneficios es que también puede aportar información diagnóstica adicional y reducción de la dosis. (Busch, 1997)

2.1.2. Radiografía en ortodoncia

La radiografía en ortodoncia tiene un papel primordial como elemento de diagnóstico en las que podemos determinar las relaciones esqueléticas, dentales y de tejidos blandos. (Kanemeier et al., 2024)

2.1.2.1. Radiografía cefalométrica lateral. Las radiografías cefalométricas laterales son radiografías estandarizadas de uso esencial en el estudio en conjunto de todas las maloclusiones dentales y esqueléticas. (Calle-Velezmoro et al., 2021)

2.1.3. Cefalometría

La cefalometría es una técnica que utiliza radiografías para obtener medidas tanto lineales como angulares de los elementos anatómicos del cráneo y la cara, representando toda la morfología en un único plano. Proporciona datos clave para la realización de análisis cefalométricos. (Vellini, 2002)

2.1.3.1. Historia de la cefalometría. Es sabido que en la antigüedad la forma en la que se apreciaba la belleza, la proporción y la armonía facial eran conceptos empleados por los artistas plásticos. En esas épocas, se consideraba al perfil griego como el ideal en términos de armonía y belleza. (Águila, 1996)

En el periodo del siglo XVI el pintor, anatomista Leonardo da Vinci retrato rostros humanos donde se ponía a realizar unos trazos en línea recta entre la unión de varios puntos

con el fin de unir varias estructuras anatómicas. Se observó distintas variaciones en la dirección de líneas que hacía ver desviaciones en las estructuras faciales dando un primer indicio a las alteraciones o asimetrías faciales. (Águila, 1996)

En las primeras descripciones de la craneometría donde se realizan estudios comparativos de la anchura y longitud de la cabeza logro convertirse en la parte más importante de la osteología debido a que el cráneo es una de las estructuras que mejor se conserva y da una posibilidad de estudiar los rasgos que más sobresalgan del proceso de evolución biológico del ser humano. Al igual que nos dan una información de los caracteres distintivos de cada sexo y agrupación étnica. (Águila, 1996)

El intento a dar un inicio en medir el área facial fue ejecutado por Camper en 1768 y en 1843 Pritchard dividió la estructura facial en dos categorías basado en la prominencia del perfil: prognata y retrognata. Después empezaría con el intento por la orientación del cráneo debido a un plano horizontal. (Águila, 1996)

El primero en destacar la utilidad de la radiografía en relación con el estudio del perfil fue Welcker en 1896.

En 1882, se celebró un congreso internacional de anatomistas y antropólogos físicos en Frankfurt, Alemania, con el fin de establecer un plano horizontal de referencia para orientar los cráneos. Gracias a la propuesta de Herbert Von Ihering, se adoptó el plano de Frankfurt (que se extiende desde el borde superior del meato auditivo externo (porion) hasta el punto más bajo en el margen de la órbita) como plano de referencia aceptado. (Wahl, 2006)

En su investigación titulada “ Una evaluación cefalométrica de los resultados de la ortodoncia: un informe preliminar”, Brodie, Downs, Goldstein y Meyer (1938) concluyeron que el éxito del tratamiento ortodóntico está estrechamente relacionado con un crecimiento facial adecuado: Además, destacaron que los ortodoncistas tienen la capacidad de mover los dientes sin alterar de manera significativa sus inclinaciones axiales, y que los cambios

provocados por el tratamiento de ortodoncia parecen limitarse al hueso alveolar. La radiografía cefalométrica desempeña un papel crucial al permitir a los ortodoncistas medir con precisión los cambios en la posición de los dientes y los maxilares tanto por el crecimiento natural como por los efectos del tratamiento. Su uso se expandió significativamente después de la Segunda Guerra Mundial, consolidándose como una herramienta esencial en la práctica ortodóntica. (Wahl, 2006)

A partir de entonces, surgieron diversos métodos de análisis cefalométrico que, mediante la interpretación de radiografías craneofaciales, permiten al ortodoncista evaluar el perfil a facial a través de mediciones angulares y lineales. Entre los análisis cefalométricos más representativos destacan los propuestos por Tweed (1946), Downs (1948), Steiner (1959), Mesh (1962), Wits (1975), McNamara (1983), y el de Bjork-jarabak, entre otros. (Wahl, 2006)

2.1.3.2. Indicaciones de la cefalometría. La cefalometría nos brindará una evaluación del crecimiento y desarrollo de la estructura craneo facial y con estos obtendremos unos datos que servirán al clínico como medio eficiente en su ayuda al diagnóstico preciso y confiable en diagnosticar distintas anomalías y alteraciones que se puedan encontrar en distintas partes del cráneo. (Vellini, 2002)

Otros aspectos que derivarán de la cefalometría es que estas telerradiografías realizadas al paciente en distintas ocasiones de su tratamiento serán observadas para una apreciación en su cambio de crecimiento, corrección que al encontrar algún defecto en esta fase de tratamiento se podrían observar y evitar cambios irreversibles. Finalizando el tratamiento ortodóntico la cefalometría es analizada con el propósito de mostrarnos los resultados y las metas propuestas a través del plan de tratamiento correcto y esto nos servirá como una documentación legal de salvaguardia del clínico en el aspecto legal. (Vellini, 2002)

2.1.3.3. Técnica radiográfica y cefalograma. Toda la dimensión de la película para obtener la radiografía cefalométrica es de 18x24cm, y su distancia hacia la fuente del tubo de

rayos X hasta el plano sagital de la estructura de la cabeza es alrededor de 1,52 metros. Dónde la cabeza debe estar correctamente posicionada sobre el cefalostato, para que obtenga una superposición de las estructuras anatómicas bilaterales muestren coincidencia y proyecten una imagen irrepetible. (Vellini, 2002)

El cefalograma está constituido por el diseño anatómico, en el cual se destacan las estructuras anatómicas primordiales, compuesta por los puntos de referencia, dientes y el perfil blando. Los trazados de orientación son realizados por la unión de estos puntos y estructuras, obteniendo líneas y planos. Sobre esta telerradiografía lateral se posiciona el papel transparente siendo el indicado el papel de calco de acetato que porta una cara lisa que se superpone en la radiografía y la otra áspera donde se hará la señalización de las estructuras y trazos.

Todo este proceso va sobre el negatoscopio donde toda estructura y trazo calcado en la radiografía lateral serán visibles con mayor claridad. Con un objeto de medición se unirán los puntos de referencia entre sí, dependiendo del requerimiento del análisis que se utilice teniendo como resultado final las líneas y los planos cefalométricos y como última parte se hallan las medidas angulares y lineales como parte del proceso de entrelazar los trazos. (Vellini, 2002)

2.1.3.4. Diseño anatómico de las estructuras anatómicas. Esta parte debe elaborarse con un nivel mínimo de detalle que permita trazar adecuadamente los planos de orientación y visualizar con claridad el patrón cefalométrico que será objeto de estudio. Una vez concluido el diseño de las estructuras anatómicas de interés, se procederá a ubicar los puntos cefalométricos. Por ello, la relevancia del conocimiento de la anatomía ósea del complejo craneofacial en el estudio de la cefalometría radiográfica se fundamenta en dos aspectos principales; primer lugar, el dominio de la morfología general de los huesos; y, en segundo lugar, el hecho de que la comunicación en la cefalometría radiográfica está estrechamente vinculada con la nomenclatura anatómica. Estas son las estructuras anatómicas cefalométricas: perfil de glabella, orbita, silla turca, base del cráneo, base posterior, base anterior, meato

acústico, fisura pterigomaxilar, palatino, sínfisis, cuerpo mandibular, rama ascendente, cóndilo y apófisis coronoide, incisivo superior, incisivo inferior, primeros molares, perfil blando. (Yabagata y Lunardi, 2010)

2.1.3.5. Puntos cefalométricos. La definición de la ubicación cada punto cefalométrico es precisa, y el proceso para marcarlos es relativamente sencillo. Estas definiciones fueron planteadas por varios autores, y la mayoría de ellas provienen de los estudios cefalométricos previos. Una de las características de estos puntos es que presentan un nombre y son asignados por medio de abreviaturas de las primeras letras de sus iniciales. Podemos hacer mención los puntos cefalométricos. Puntos anatómicos del cráneo: La silla (s) se encuentra en el centro de la fosa pituitaria o silla turca. El basion (Ba) está ubicado en la parte posterior de la base del cráneo, cerca de la punta del proceso odontoides. El nasion (Na) se sitúa en el límite anterior de la sutura frontonasal. El porion (Po) se localiza en la parte más posterior del conducto auditivo externo, a unos 4-5 mm por encima del punto medio de la arandela del cefalostato. El articular (Ar) se encuentra en la intersección de la parte ventral de la superficie basilar del occipital con el borde posterior de la rama ascendente del maxilar inferior. (Marcantonio, 2010)

Referencias anatómicas unilaterales: El punto A se localiza en la parte más profunda de la concavidad anterior del maxilar superior, entre la espina nasal anterior y el prosthion. El punto B se encuentra en la parte más profunda de la silueta anterior de la mandíbula, entre la el infradental y el pogonion. La espina nasal anterior (ENA) es la zona más anterior y superior del maxilar superior, mientras que la espina nasal posterior (ENP) está en el límite posterior de la silueta de este mismo maxilar. El pogonion (Pog) se encuentra en la parte más anterior y prominente del maxilar inferior, y el gnathion (Gn) está ubicado en el punto medio entre el pogonion y el mentón. El gonion (Go) corresponde al punto más posterior e inferior de la silueta del Angulo mandibular. El mentón (Mn) se sitúa en el punto más bajo del mentón, variando

según el crecimiento. El orbitario (Or) se localiza en el punto más bajo de la órbita, y el condileon (Co) se encuentra en el punto más alto y posterior del cóndilo mandibular. Puntos de referencia anatómicos dentales: Punto incisivo central superior izquierdo, junto con el borde incisal y el ápice de este, el incisivo central inferior derecho, y el borde incisal y el ápice del incisivo central inferior, así como los puntos de los primeros molares superiores e inferiores izquierdos, son puntos clave de referencia dentarias. (Marcantonio, 2010)

2.1.3.6. Líneas y planos cefalométricos de referencia en cefalometría. La localización y posterior delimitación de los puntos cefalométricos completan el diseño anatómico. Posteriormente, se realiza el trazado de orientación mediante la conexión de los puntos cefalométricos específicos de las estructuras óseas, dentarias y tegumentarias a través de líneas, las cuales, a su vez, facilitan la ejecución de las mediciones estipuladas por los diferentes análisis cefalométricos. Este trazado de orientación, que en su mayoría incluye líneas que representan planos, se denomina de esta forma dentro de la terminología empleada en la cefalometría. De esta manera, se establece que el trazado de orientación está compuesto tanto por líneas como por planos. Es importante señalar que todas las líneas trazadas unen dos puntos cefalométricos, y cuando al menos uno de estos puntos es bilateral, la línea trazada representa un plano. En consecuencia, las imágenes obtenidas a partir de las telerradiografías cefalométricas corresponden a la proyección de todas las estructuras anatómicas (sagitales, medias y laterales) en un mismo plano. (Silveira y Bastos, 2010)

En cuanto a los planos básicos de referencia, el plano silla-nasion(S-N) representa la parte más anterior de la base del cráneo. El plano de Frankfort, definido por la unión del porion y el orbitario (Po-O), actúa como un plano de referencia facial. El plano palatino, formado por la unión de la espina nasal anterior y posterior (ENA-ENP), representa la base ósea del maxilar superior. Finalmente, el plano mandibular, que conecta el gonion y el mentón (Go-Me), se define como una línea tangencial al borde inferior de la mandíbula. (Silveira y Bastos, 2010)

Planos cefalométricos de superposición auxiliar: El plano facial se establece mediante la línea que pasa por los puntos Nasion al Pogonio y permite representar el contorno general del perfil facial. Por su parte, el plano AB es la línea que pasa por el punto A y punto B, y se utiliza para identificar la localización anteroposterior del hueso alveolar tanto del maxilar superior como del maxilar inferior. Asimismo, el plano del eje Y, determinado por la unión de Silla y Gnación, permite evaluar el patrón del crecimiento del individuo y evidenciar a dirección en la que rota la mandíbula. En cuanto al plano oclusal, este se define como la línea formada entre el punto localizado incisal del incisivo inferior y el punto de oclusión de los primeros molares. De igual manera el eje del incisivo superior corresponde al eje longitudinal de dicha pieza dentaria, el cual se intersecta con el plano palatino, el plano de Frankfurt y el plano silla-nasion, finalmente, el eje del incisivo inferior está representado por el eje longitudinal de este diente, que se relaciona con el plano de Frankfurt con el plano mandibular.

2.1.3.7. Medidas angulares y lineales cefalométricas. Es el conjunto de medidas presentadas que permite realizar una evaluación integral del patrón esquelético en los sentidos anteroposterior y vertical, así como de los patrones dentarios y tegumentario. El análisis de estos patrones posibilita identificar los desequilibrios existentes a nivel esquelético, dental y tegumentario, contribuyendo de esta manera a la formulación de un plan de tratamiento orientado a restablecer la armonía de las estructuras comprometidas. (Lucato, 2010)

El ángulo SNA corresponde al formado por los planos SN y NA. De manera similar, el ángulo SNB es el que se forma entre los planos SN y NB, mientras que el ángulo ANB se define por la intersección de los planos NA y NB. El ángulo U se forma entre el eje axial del incisivo superior (U1) y el plano que conecta el U1 con el plano S-N. Además, el Angulo formado por la intersección del eje del incisivo inferior con el punto L1-Go-Me es de particular interés en los análisis. El ángulo entre los puntos Go y Me (Go-Me) también es relevante para el estudio. El Angulo interincisivo U1/L1 se forma por la intersección de los ejes del incisivo

superior (U1) y el incisivo inferior (L1). En cuanto al ángulo de la silla, se denomina N-S-Ar, mientras que el ángulo articular se forma entre los puntos S-Ar-Go. También se encuentra el ángulo goniaco, que corresponde a la intersección de los puntos Ar-Go-Me, así como el ángulo goniaco superior, que se forma entre los puntos Ar-Go-N, y el ángulo goniaco inferior, que se establece entre los puntos N-Go-Me, el IMPA es el ángulo formado por el plano mandibular y el eje largo del incisivo inferior. Este ángulo establece la posición del incisivo inferior en relación al plano mandibular. 1-NB es la distancia del punto más convexo de la cara vestibular coronaria del incisivo central inferior a la línea N-B. La línea 1-NA representada por la distancia del punto más convexo de la cara vestibular coronaria del incisivo central superior a la línea N-A. (Lucato, 2010)

El tamaño real de estas estructuras anatómicas se define con base en distancias lineales con previa determinación y se comparan con normas de estudios de crecimiento y desarrollo o con estudios cefalométricos, siendo la forma de estas estructuras que se definen por distancias entre pares de puntos, distancias entre varios puntos, líneas y ángulos entre líneas. (Uribe, 2004)

2.1.4. Métodos cefalométricos

El valor clínico que nos da desde que la cefalometría se aplica en la práctica ortodóncica le permite al ortodoncista en saber mejor que tiene el paciente, donde se encuentra la anomalía, como será el crecimiento de la cara y que avance tendrá la corrección ortodóncica. La elección que hará el clínico de aplicar un análisis de acuerdo con un método cefalométrico conformará un grupo de mediciones realizadas sobre la telerradiografía lateral que nos dará una forma de analizar, localizar, comparar y pronosticar el tratamiento. (Canut, 1988)

El primero que describió un análisis completo fue Downs lo hizo con el fin de cuantificar cuanta variación había en las relaciones faciales. Existe una gran cantidad de métodos cefalométricos, todos con el objetivo común de ampliar los conocimientos actuales

sobre el desarrollo facial y su aplicación en la clínica. Para ello, es fundamental disponer de una base sólida que permita trasladar la cefalometría a la práctica clínica. (Canut, 1988)

En la adaptación y combinación de diferentes análisis según el criterio del operador o de las particularidades de cada caso se puede manifestar que, para el diagnóstico de una maloclusión, el método fundamental debe ser capaz de mostrar las relaciones espaciales clave, tales como la posición de la mandíbula en relación con el maxilar, la relación del maxilar y la mandíbula con respecto al cráneo, y la relación entre la arcada dentaria superior e inferior (Canut, 1988)

2.1.4.1. Predeterminación del resultado. En la práctica clínica la cefalometría permite predecir y determinar las relaciones morfológicas que se buscan lograr a través del tratamiento ortodóntico siendo cuantificadas de forma analítica, ya que podemos tener una variedad de métodos existentes en el que conlleven mediciones de dos o tres tipos de análisis como el análisis lineal, análisis angular y el análisis posicional. (Canut, 1988)

2.1.5. *Análisis cefalométricos*

Los análisis cefalométricos van a comprobar la relación que se da entre los principales componentes del esqueleto craneofacial con una observación hacia lo bidimensional lo cual analizara lineal y angularmente una posición relativa en la que se encuentren las piezas dentarias, huesos faciales y del cráneo. (Vellini, 2002)

2.1.5.1. Análisis de Steiner. Propuesto por Steiner en 1953 en su obra “Cefalometría para ti y para mí”, ofrece directrices para el uso de mediciones cefalométricas en la planificación del tratamiento ortodóntico. Este análisis establece los pasos necesarios para ajustar la posición de los incisivos cuando el ángulo ANB no se encuentra dentro de los parámetros ideales, con el fin de alcanzar una oclusión normal. Además, incorpora la longitud del arco, el perfil facial y otros aspectos que facilitan la toma de decisiones del ortodoncista, especialmente para los que están comenzando en la práctica. El análisis de Steiner utiliza como

base la línea SN (línea Silla-Nasion), debido a que ambos puntos, Silla y Nasion, se localizan en regiones óseas de fácil identificación y se encuentran en el plano sagital medio (base del cráneo), lo que asegura que no se vean afectadas por las alteraciones faciales. La discrepancia anteroposterior de los maxilares se evalúa a través de la diferencia ANB de la línea SN, la cual se determina mediante los ángulos SNA y SNB. (Vellini, 2002)

2.1.5.2. Análisis de Tweed. El análisis de Tweed estableció que, oclusiones óptimas, los incisivos inferiores se encuentran en una posición vertical sobre el hueso basal, lo que corresponde a un ángulo de aproximadamente 90° respecto al plano mandibular. Uno de los pilares fundamentales en el análisis de Tweed es el ángulo entre el incisivo inferior y el plano mandibular, denominado “Angulo Incisivo Mandibular” (IMPA). Asimismo, Tweed incorporó el ángulo formado por el plano de Frankfurt y el plano mandibular, conocido como “Angulo Frankfurt Mandibular” (FMA), que permite evaluar la dirección del crecimiento facial del paciente. Además, considero el “Angulo Frankfurt Mandibular Incisivo” (FMIA). Estos tres ángulos, FMA, FMIA y IMPA, conforman lo que se denomina el triángulo de Tweed, utilizado para el análisis preciso de la relación entre los incisivos inferiores y la mandíbula. El triángulo Tweed "ideal" tiene las siguientes medidas FMA: 25° , IMPA: 90° , y FMIA: 65° . (Vellini, 2002)

2.1.5.3. Análisis de Ricketts. Ricketts elaboró el análisis de Ricketts, el cual usa medidas comparadas con las normas idealizadas basadas en estudios de un tamaño de muestra significativo. Este análisis fue el pilar del sistema cefalométrico computarizado original (Wahl, 2006)

2.1.5.4. Análisis de tejidos blandos de Legan y Burstone. Legan y Burstone (1980) en la planificación de pacientes que requerían del tratamiento orto quirúrgico deberían tener en cuenta el análisis cefalométrico de tejidos óseos a la vez con el análisis de tejidos blandos por que se sabía que los análisis esqueléticos utilizan siempre planos arbitrarios como el plano de

Frankfort o el plano silla -nasion (S-N) para demostrar si la maxila o mandíbula se encontraban en posición irregular (Zamora et al., 2004)

2.1.6. Trazado cefalométrico

Los trazados cefalométricos son diseñados y realizados en la radiografía cefalométrica lateral en el cual según el criterio del clínico hará un desarrollo mediante la unión de los puntos y estructuras para obtener las líneas y planos. (Vellini, 2002)

2.1.6.1. Trazado cefalométrico manual. Este trazado es el que tradicionalmente se realiza mediante la identificación y trazo de los puntos de referencia radiográficos sobre una hoja de acetato, ya que estos puntos utilizados serán medidos en su forma lineal y angular. De esta manera este trazo manual actualmente puede ser un proceso lento, porque tenemos que obtener los valores lineales y angulares haciendo uso de una regla y un transportador en el que podrían ser propensos a errores. (Prabhakar et al., 2014)

2.1.6.2. Trazado cefalométrico digital. En este tiempo con nuevos avances el trazado cefalométrico digital se volvió una innovación reciente en la odontología empleando sistemas de inteligencia artificial así logrando registrar los puntos de referencia craneofaciales y poder calcular las mediciones deseadas para varios análisis. Es relativamente inminente ese avance de la tecnología y su mayor relación con la inteligencia artificial en radiografías digitales. (Zaheer et al., 2024)

2.1.7. Sistemas automáticos y semiautomáticos

De acuerdo con la evidencia científica actual, los métodos computarizados empleados en el análisis cefalométrico digital se agrupan en sistemas automáticos y semiautomáticos o semiasistidos, clasificación que responde al grado de automatización en la identificación de puntos cefalométricos y el cálculo de las mediciones correspondientes. (Zaheer et al., 2024)

2.1.7.1. Sistema cefalométrico digital semiautomático con GeoGebra. El software GeoGebra fue desarrollado por Markus Hohenwarter como parte de su tesis de maestría,

presentada en el año 2002 en la universidad de Salzburgo, en Austria. El objetivo principal de su creación fue integrar las funcionalidades de los programas de geometría dinámica con las capacidades de los sistemas de cálculo simbólico. Hohenwarter considero que ambas herramientas poseían un alto valor educativo en la enseñanza de las matemáticas; sin embargo, identifiqué que los sistemas de cálculo simbólico presentaban una sintaxis rígida y compleja, lo que dificultaba su aprendizaje y uso por parte de los docentes. En contraste, los programas de geometría dinámica eran mejor aceptados debido a la facilidad de uso de su interfaz. A partir de esta necesidad, surgió GeoGebra como una herramienta que combina precisión matemática y accesibilidad operativa. (Arteaga et al., 2019)

Este software GeoGebra es una herramienta de Código abierto y de libre acceso que puede descargarse o utilizarse en línea a través de su plataforma oficial. Este programa integra diversos módulos orientados principalmente al ámbito matemático, entre los cuales destaca el entorno de Geometría, que dispone de herramientas para la edición, medición y construcción de figuras. GeoGebra permite la importación de imágenes digitales, como la radiografía cefalométrica lateral de cráneo, las cuales pueden ser calibradas utilizando una referencia métrica conocida. Posteriormente, el operador puede realizar trazados lineales, medir distancias y ángulos, así como establecer relaciones geométricas entre diferentes estructuras anatómicas. Una vez incorporada la imagen radiográfica, se procede a su calibración empleando la regla milimétrica presente en las radiografías digitales. Se continúa identificando y colocando manualmente los puntos cefalométricos, los cuales se interconectan mediante líneas y planos de referencia y a partir de esa conexión se obtienen las medidas angulares y lineales. De acuerdo con el cefalograma seleccionado, GeoGebra puede ser utilizado para realizar distintos análisis cefalométricos como el Bjork-Jarabak, entre otros. (Gemio, 2021)

2.1.7.2. Sistema cefalométrico digital automático con WebCeph. El uso de la inteligencia artificial (IA) se ha vuelto habitual en múltiples ámbitos de la vida diaria, y los

algoritmos basados en IA se aplican de manera extensiva en la tecnología actual. Como resultado de estos avances informáticos, dichos algoritmos pueden emplearse tanto en tareas simples como complejas, lo que los convierte en herramientas prometedoras para diversas áreas de la atención en salud. Una revisión sistemática realizada por Leonardi et al. Evidencio una base científica que respalde el uso de la identificación automática de puntos de referencia en comparación con el trazado manual, atribuida principalmente a un mayor número de errores. Sin embargo, investigaciones más recientes han demostrado que la IA puede alcanzar niveles de precisión comparables a los de los examinadores humanos en la localización de puntos de referencia, lo que sugiere que podría constituir una alternativa viable para la identificación repetitiva de múltiples puntos cefalométricos. Aun así, una revisión sistemática llevada a cabo por Hung et al. Concluyo que es indispensable validar la confiabilidad y la aplicabilidad de los modelos de IA antes de su implementación en la práctica clínica.

WebCeph es una plataforma en línea de ortodoncia y cirugía ortognática basada en inteligencia artificial que ha adquirida popularidad en los últimos años debido a la variedad de funciones que facilitan la planificación del tratamiento ortodóncico y la gestión de registros clínicos. Entre sus principales características se incluye el trazado y análisis cefalométrico automatizado, la simulación visual del tratamiento, la superposición automática, el almacenamiento de imágenes y una galería fotográfica. Asimismo, la plataforma permite la corrección manual de los puntos de referencia con el cálculo automático de las mediciones correspondientes. (Yassir et al., 2022)

III. MÉTODO

3.1. Tipo de investigación

Comparativo de concordancia: Busca evaluar a una misma población, pero con dos metodologías diferentes.

Analítico: Compara y analiza las diferencias y concordancias entre dos metodologías

Transversal: Los datos de cada sujeto representan esencialmente un momento del tiempo.

Observacional: El factor de estudio no es controlado por el investigador, sino que se limita a observar, medir y analizar determinadas variables en los sujetos.

Retrospectivo: Las radiografías fueron obtenidas de una base de datos el diseño es posterior a lo estudiado.

3.2. Ámbito temporal y espacial

El estudio de la investigación se llevó a cabo entre los meses de agosto de 2025 y marzo de 2026, en escenarios complementarios pertenecientes a la Facultad de Odontología de la Universidad Nacional Federico Villarreal siendo este el taller clínico de ortodoncia. Las radiografías utilizadas fueron calibradas en diciembre de 2025, y se emplearon en el análisis de datos a lo largo del desarrollo del proyecto, con fines metodológicos dentro del marco de la tesis.

3.3. Variables

Variable	Definición conceptual	Indicadores	Escala	Valor
Variable independiente				
Variable independiente Tipo de software	Hace referencia al tipo de programa digital utilizado para realizar análisis cefalométricos	Tipos de software	Cualitativo Nominal Dicotómica	1=Software Gratuito Semiasistido

cefalométrico digital	en radiografías laterales de cráneo			2=Plataforma web basada en inteligencia artificial
Variable dependiente				
Variable dependiente Mediciones cefalométricas digitales	Son las mediciones angulares y lineales obtenidas de los análisis cefalométricos digitales realizadas en adultos jóvenes	Medidas angulares Angulo SNA (°) Angulo SNB (°) Angulo ANB (°) U1/L1(°)1.NA (°) 1.NB (°) Angulo Naso-labial IMPA (°)	Cuantitativa Continua (escala a razón)	-x°ax°(grados)
		Medidas lineales 1.NA (mm) 1.NB (mm)		0-x (mm)

3.4. Población y muestra

3.4.1. Población

Estuvo constituido por todas las radiografías laterales digitales de pacientes previos al tratamiento de ortodoncia del Taller Clínico de Ortodoncia de Pregrado de la Facultad de Odontología de la Universidad Nacional Federico Villarreal.

3.4.2. Muestra

Estuvo conformado por 40 radiografías laterales digitales seleccionadas según los criterios de inclusión y exclusión establecidos. Las imágenes fueron cedidas y autorizadas por el docente responsable del área del taller clínico de ortodoncia de la Facultad de Odontología de la Universidad Nacional Federico Villarreal.

3.4.3. Unidad de análisis

1 análisis cefalométrico digital

3.4.4. Muestreo

No probabilístico

3.4.5. Criterios de selección

Por conveniencia

3.4.4.1. Criterios de inclusión. Estos serán, dientes en máxima intercuspidadación y labios cerrados, dentición completa, posición de la cabeza de todos los pacientes fueron alineados con el plano, sagital perpendicular a las radiografías y el plano de Frankfurt paralelo al suelo, regla de calibración visible en todas las radiografías, pacientes adultos jóvenes. (18-30 años), radiografías con antigüedad máximo de 5 años.

3.4.4.2. Criterios de exclusión. Estos serán, incisivos no erupcionadas o faltantes, primeros molares no erupcionadas o faltantes, malposición de la cabeza en el cefalostato, radiografías con artefactos o imágenes.

3.5. Instrumentos

- Software gratuito semiasistido (GeoGebra)
- Plataforma web basada en inteligencia artificial (WebCeph)

3.6. Procedimientos

En una primera etapa se realizó la recopilación y revisión sistemática de información científica relacionada con la cefalometría digital, así como con los distintos tipos de software

utilizados para el análisis cefalométrico. Con base en esta revisión se elaboró el plan de tesis, el cual fue sometido a evaluación por los revisores correspondientes. Tras la aprobación del Comité de ética se designó al Dr. Server Guardia como asesor de la presente investigación. Posteriormente, se gestionaron los permisos institucionales y se efectuaron las coordinaciones necesarias para iniciar la ejecución del estudio.

Se solicitó al departamento académico de la Facultad de Odontología de la UNFV el permiso para el uso del laboratorio de Taller clínico de Ortodoncia para poder seleccionar, estandarizar, analizar, evaluar y comparar las muestras, paralelamente se solicitó a la Oficina de Grados y Títulos una carta de presentación dirigida al Doctor Jose Ricalde Olivera para la recolección de información de datos y otorgue facilidades para el desarrollo de la investigación.

Una vez seleccionada las radiografías cefalométricas, el examinador fue entrenado por un clínico especialista en Ortodoncia y Ortopedia maxilar, con más de 15 años de experiencia docente en la Facultad de Odontología de la Universidad Nacional Federico Villarreal, durante un periodo de varias semanas.

A continuación, el examinador fue calibrado por una especialista en Radiología Oral y Maxilofacial. Para este proceso se seleccionó al azar un subgrupo correspondiente, conformado por 10 radiografías cefalométricas, las cuales fueron utilizadas para evaluar la confiabilidad de las mediciones.

En una primera etapa, se realizó la calibración interexaminador, mediante la comparación simultanea de las mediciones efectuadas por el examinador y la especialista en radiología oral y maxilofacial sobre las mismas radiografías.

Transcurrido un intervalo de dos semanas, dichas 10 radiografías fueron nuevamente evaluadas por el examinador, llevándose a cabo la calibración intraexaminador, con el fin de comparar ambas mediciones y determinar la reproducibilidad de los trazados cefalométricos.

Finalmente, se procedió a la ejecución del análisis cefalométrico se realizó de manera progresiva y organizada, procesando un promedio de las 8 a 10 radiografías por día en ambos sistemas de evaluación, con el fin de evitar la fatiga visual del examinador y reducir posibles errores en la identificación de puntos anatómicos. las cuales fueron analizadas dos veces, realizándose la identificación de puntos óseos y de tejidos blandos, específicamente a nivel labial.

En primer lugar, se establecieron intervalos de descanso entre sesiones de análisis, permitiendo mantener la concentración y precisión en la localización de los puntos cefalométricos y en la obtención de las medidas angulares y lineales. Se realizó el análisis correspondiente al Grupo SG, que empleo un software gratuito semiasistido (GeoGebra) para la identificación de puntos cefalométricos y el trazado de líneas y planos.

Las medidas lineales y angulares usadas fueron los siguientes parámetros SNA (°), SNB (°), ANB (°), U1/L1(°),1.NA (°)1-NA (mm),1. NB (°),1NB (mm), Ángulo naso labial (°), IMPA (°).

Se utilizó una computadora portátil HP DESKTOP-6DLMF17 con microprocesador Intel Core i5-6700HQ (decima generación), con una pantalla Full-HD de 17.3” con un tamaño de pantalla de pulgadas, resolución de 1920x1080 pixeles y retroiluminación LED, proporciona altos niveles de brillo y contraste, especialmente en entornos con poca luz.

Cada radiografía cefalométrica en formato digital (jpeg) con dimensiones de 1500x1380 estaba almacenada en una carpeta, y dichas carpetas estaban enumeradas del 1 al 40. totalmente anonimizadas. Se procedió a descargar el software gratuito GeoGebra donde su instalación es libre sin métodos engorrosos. Se elaboró una ficha de registro para cada radiografía, en el cual, en el campo destinado al nombre, se registró el número correspondiente a cada radiografía, del 1 al 40.

Se procedió en el siguiente orden con el ingreso de la radiografía donde se abrió el software GeoGebra en su versión de geometría y se importó la radiografía cefalométrica lateral digital previamente anonimizada, utilizando la opción insertar imagen.

La imagen fue colocada y ajustada en el plano de trabajo, asegurando una correcta orientación anatómica. La calibración de la imagen estableciendo una escala de medición utilizando como referencia conocida presente en la radiografía como la regla radiográfica o distancia estándar. Esta calibración permite que las mediciones lineales se expresaran en unidades reales.

Fijación de la imagen donde la imagen fue fijada en el plano de trabajo para evitar desplazamientos involuntarios durante el trazado cefalométrico verificando luego su estabilidad. Seguidamente se procede a la identificación de puntos anatómicos cefalométricos, tanto de los puntos anatómicos cefalométricos, tanto de estructuras óseas como dentales y de tejidos blandos. Entre los principales puntos utilizados se incluyeron: Sella(s), Nasion(N), Punto A, Punto B, Gonion (Go), Mentón (Me), Incisivo superior (U1), incisivo inferior (L1), Subnasal (Sn) y labio superior (Ls), necesarios para la obtención de las mediciones angulares y lineales. se procedió a la localización e identificación con corrección manual de los puntos cefalométricos de importancia. Cada punto fue marcado mediante herramienta punto del software.

Trazado de líneas y planos cefalométricos utilizando la herramienta segmento o recta que, a partir de los puntos identificados, se trazaron líneas y planos cefalométricos correspondientes y se verificó la correcta unión de los puntos para asegurar la precisión del trazado.

Se obtuvieron las medidas angulares y lineales estas se calcularon mediante la herramienta Angulo del software, seleccionando los puntos o líneas correspondientes de igual manera se calcularon las medidas lineales utilizando la herramienta Distancia o longitud,

seleccionando los puntos de interés expresándose en milímetros todos estos resultados se registraron automáticamente en GeoGebra.

El registro de los datos correspondientes a las medidas angulares y lineales obtenidas se realizó mediante una ficha de recolección de datos diseñada para consignar los parámetros evaluados y sus respectivos valores. Repetición del procedimiento siendo este mismo repetido para la totalidad de las radiografías.

Posteriormente, se procedió con el Grupo IA utilizando la plataforma web basada en inteligencia artificial (WebCeph), la cual permitió la identificación automática de los puntos cefalométricos, con posibilidad de corrección manual por parte del examinador. Se procedió ingresando a la plataforma web WebCeph donde se cargaron las radiografías cefalométricas laterales digitales previamente anonimizadas, verificando su correcta orientación.

Se seleccionó el tipo de análisis cefalométrico correspondiente, conforme a los parámetros establecidos en el estudio. La plataforma realizó la detección automática de puntos cefalométricos mediante inteligencia artificial. El examinador revisó los puntos cefalométricos identificados automáticamente por el sistema donde no hubo intervención por el investigador. Se realizó el trazado cefalométrico y obtención de medidas, esto se realizó a partir de los puntos identificados de manera automática, la plataforma también generó automáticamente los trazados cefalométricos, así como las medidas angulares y lineales arrojando resultados que serán visualizados y verificados por el examinador.

Se procede con el registro de datos. Estos valores obtenidos fueron registrados en la ficha de recolección consignada para los parámetros de datos que se obtuvieron correspondientemente.

3.7. Análisis de datos

3.7.1. Análisis descriptivo

Se preparó una base de datos en Excel y el análisis estadístico se realizó con el programa SPSS Statics V27.0. Se elaboraron tablas de medidas descriptivas mediante la media, desviación estándar.

El análisis inferencial se realiza evaluando la distribución según Shapiro Wilk, encontrando normalidad en 9 de las 10 variables estudiadas, usando tanto medidas paramétricas como no paramétricas según el caso. Para los valores con normalidad se utilizó la prueba de T de Student para medidas independientes y para el caso sin distribución normal se utilizó la prueba estadística de U de Mann Whitney. Para evaluar la concordancia entre los dos métodos se utilizó el Coeficiente de Correlación Intraclass y el análisis de Bland-Altman. Trabajando siempre a un intervalo de confianza del 95%.

3.8. Consideraciones éticas

La presente investigación titulada “Evaluación de un software gratuito semiasistido en comparación con una plataforma web basada en inteligencia artificial en cefalogramas laterales digitales de pacientes adultos jóvenes de una universidad pública de lima-2025 “se desarrolló respetando los principios éticos de investigación y se llevó a cabo de conformidad con los principios de la Declaración de Helsinki, así mismo, se garantizó la confidencialidad y protección de los datos personales de los participantes mediante la codificación de la información, finalmente, se declara no tener ningún conflicto de interés.

IV. RESULTADOS

A continuación, se presenta los resultados obtenidos en la comparación de las mediciones cefalométricas digitales realizadas mediante un software gratuito semiasistido y una plataforma web basada en inteligencia artificial, en cefalogramas laterales digitales de pacientes adultos jóvenes de una universidad pública de lima -2025.

Se realizó la comparación estadística de las mediciones angulares y lineales con el fin de identificar posibles diferencias significativas entre los softwares evaluados, así mismo, se analiza el grado de concordancia entre ambos métodos mediante el coeficiente de correlación intraclase (CCI), con el propósito de determinar el nivel de acuerdos en las mediciones obtenidas. Los resultados se presentan en tablas comparativas, organizadas según el tipo de medición cefalométrica evaluada.

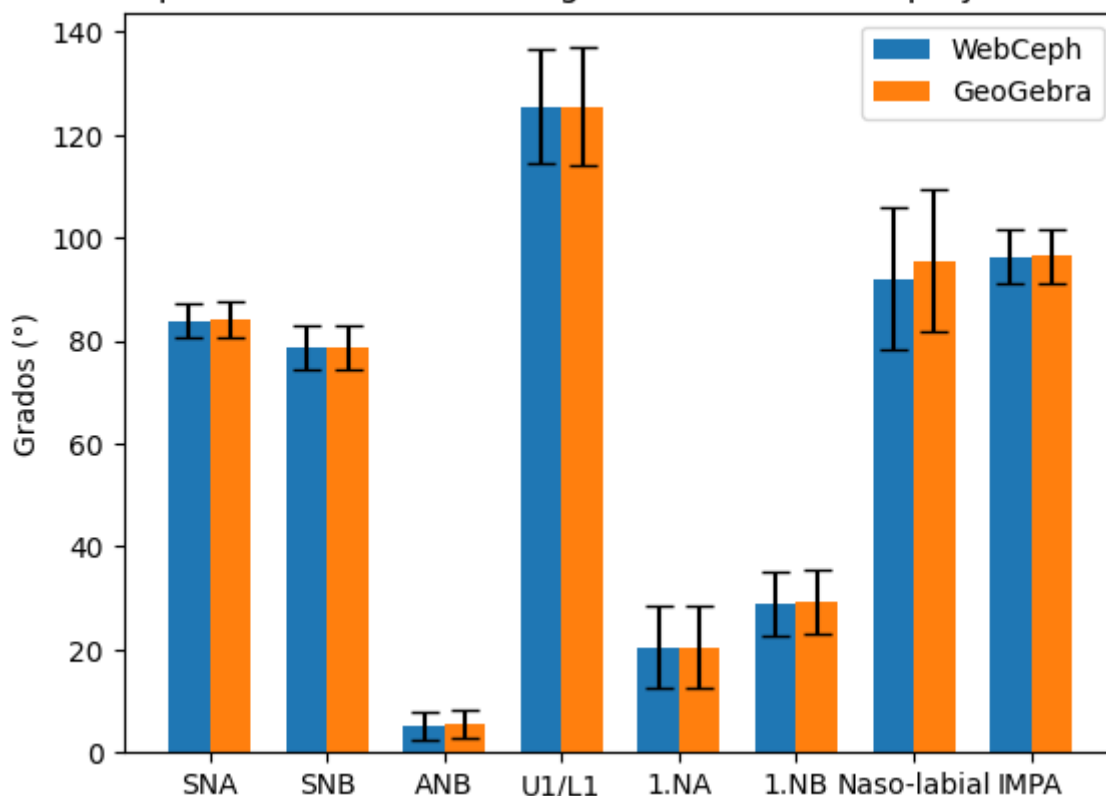
Tabla 1

Comparación de las medidas angulares obtenidas con el software gratuito semiasistido y la plataforma web basada en inteligencia artificial

	WebCeph			GeoGebra		P*
	N	Media	DE	Media	DE	
SNA (°)	40	83.930	3.392	84.305	3.534	0.630
SNB (°)	40	78.672	4.235	78.763	4.318	0.925
ANB (°)	40	5.273	2.638	5.542	2.828	0.660
U1/L1 (°)	40	125.528	11.222	125.568	11.383	0.987
1.NA (°)	40	20.440	8.0262	20.518	7.9695	0.966
1.NB (°)	40	28.960	6.205	29.375	6.1673	0.765
Naso-labial (°)	40	92.045	13.745	95.570	13.721	0.255
IMPA (°)	40	96.270	5.315	96.438	5.247	0.888

Figura 1

Comparación de las medidas angulares obtenidas con el software gratuito semiasistido y la plataforma web basada en inteligencia artificial



Nota. *t de Student grupos independientes. En la Tabla 1 y figura 1 se observa la comparación de las medidas angulares obtenidas mediante el software gratuito semiasistido (GeoGebra) y la plataforma web basada en inteligencia artificial (WebCeph) en 40 radiografías laterales digitales. Los resultados muestran que las medias entre ambos métodos son muy similares en todas las variables evaluadas incluyendo SNA, SNB, ANB, U1/L1, 1.NA, 1. NB, ángulo nasolabial e IMPA. Las diferencias encontradas fueron mínimas y estadísticamente no significativas ($p > 0.05$) según la prueba t de Student para grupos independientes, lo que indica que no existen diferencias entre las mediciones angulares obtenidas con ambos sistemas. Estos hallazgos sugieren una adecuada equivalencia en las mediciones angulares entre el software gratuito semiasistido y la plataforma web basada en inteligencia artificial.

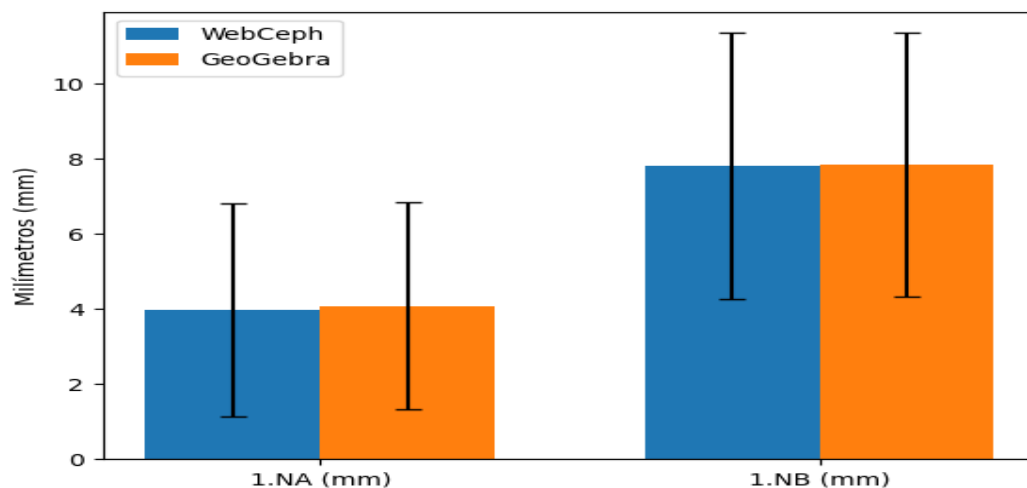
Tabla 2

Comparación de las medidas lineales obtenidas con el software gratuito semiasistido y la plataforma web basada en inteligencia artificial

	WebCeph			GeoGebra		
	N	Media	DE	Media	DE	P
1.NA (mm)	40	3.983	2.843	4.090	2.773	1*
1.NB (mm)	40	7.817	3.535	7.845	3.514	0.915**

Figura 2

Comparación de las medidas lineales obtenidas con el software gratuito semiasistido y la plataforma web basada en inteligencia artificial



Nota. * mann Whitney ** T de Student grupos independientes. En la Tabla 2 y Figura 2 se presenta la comparación de las medidas lineales obtenidas mediante el software gratuito semiasistido(GeoGebra) y la plataforma web basada en inteligencia artificial (WebCeph) en 40 cefalogramas laterales digitales, Los resultados muestran que las medias de ambas herramientas son muy similares para las variables 1.NA(mm) y 1.NB(mm).En el caso de 1.NA(mm), la plataforma WebCeph presento una media de 3.983 ± 2.843 mm, mientras que GeoGebra registro una media de 4.090 ± 2.773 mm ($p=1.000$). Asimismo, para la variable 1. NB (mm), las medias fueron de 7.817 ± 3.535 mm para WebCeph y 7.845 ± 3.514 mm para

GeoGebra ($p=0.915$). En ambos casos, las diferencias no fueron estadísticamente significativas ($p>0.05$), lo que indica que ambos métodos generan mediciones lineales y comparable y consistentes.

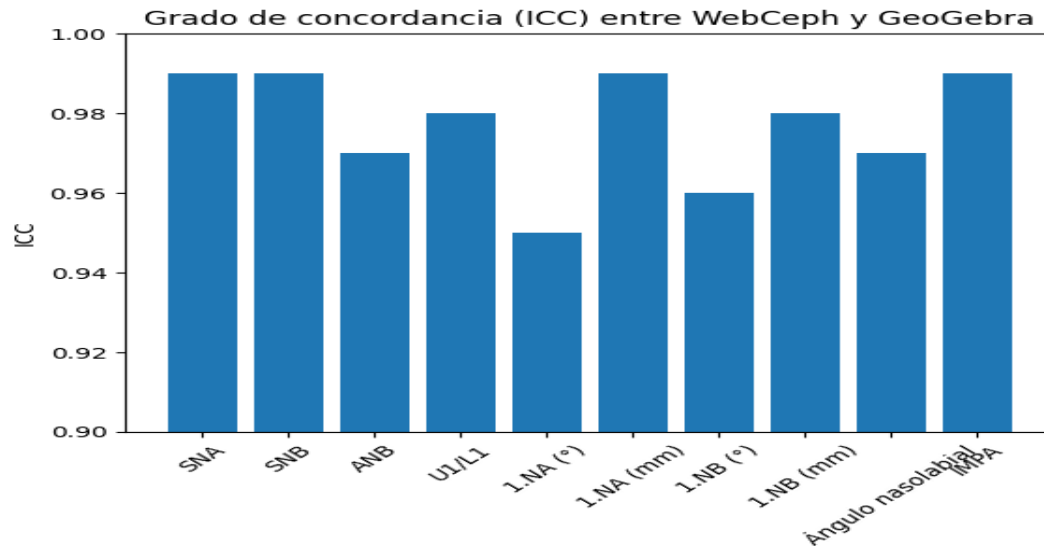
Tabla 3

Grado de concordancia de software gratuito semiasistido y la plataforma web basada en inteligencia artificial

Variable	ICC	Interpretación
SNA	0.99	Excelente concordancia
SNB	0.99	Excelente concordancia
ANB	0.97	Excelente concordancia
U1/L1	0.98	Excelente concordancia
1.NA (°)	0.95	Excelente concordancia
1.NA (mm)	0.99	Excelente concordancia
1.NB (°)	0.96	Excelente concordancia
1.NB (mm)	0.98	Excelente concordancia
Ángulo nasolabial	0.97	Excelente concordancia
IMPA	0.99	Excelente concordancia

Figura 3

Grado de concordancia de software gratuito semiasistido y la plataforma web basada en inteligencia artificial



Nota. El grado de concordancia entre el software gratuito semiasistido y la plataforma web basada en inteligencia artificial fue evaluado mediante el coeficiente de correlación intraclase (ICC). Los resultados mostraron valores de ICC superiores a 0.90 en todas las variables cefalométricas evaluadas, lo que indica una excelente concordancia entre ambos métodos de medición. Estos hallazgos sugieren que las mediciones obtenidas mediante el software gratuito semiasistido presentan una alta reproducibilidad y consistencia en comparación con la plataforma web basada en inteligencia artificial, evidenciando que ambos sistemas proporcionan resultados altamente comparables para la evaluación cefalométrica en cefalogramas laterales digitales.

Tabla 4

Análisis de concordancia mediante el método de Bland-Altman entre el software gratuito semiasistido y la plataforma web basada en inteligencia artificial

Variable	Sesgo (Media de diferencias)	Límite inferior	Límite superior
SNA	-0.29	-1.29	0.71
SNB	0.03	-0.82	0.88
ANB	-0.30	-1.44	0.84
U1/L1	-0.25	-1.67	1.17
1.NA (°)	-0.07	-1.25	1.11
1.NA (mm)	0.02	-0.63	0.67
1.NB (°)	-0.10	-1.30	1.10
1.NB (mm)	0.01	-1.13	1.15
Ángulo nasolabial	-4.30	-6.66	-1.94
IMPA	0.17	-1.28	1.62

Nota. En la Tabla 4 se presenta el análisis de concordancia mediante el método de Bland-Altman entre las mediciones cefalométricas obtenidas con el software gratuito semiasistido (GeoGebra) y la plataforma web basada en inteligencia artificial (WebCeph). Los resultados muestran que las diferencias medias o sesgo entre ambos métodos son cercanas a cero en la mayoría de las variables evaluadas, lo que indica una mínima discrepancia sistemática entre las mediciones. Asimismo, los límites de concordancia al 95 % se mantienen dentro de rangos clínicamente aceptables, evidenciando una buena concordancia entre ambos métodos de análisis cefalométrico.

V. DISCUSIÓN DE RESULTADOS

En un estudio previo, Mahto et al. (2022) evaluaron la precisión de la plataforma basada en inteligencia artificial WebCeph comparando las mediciones cefalométricas automatizadas con el trazado manual tradicional en cefalogramas laterales. Los autores reportaron valores del coeficiente de correlación intraclase (CCI) que oscilaron aproximadamente entre 0.75 y 0.95, lo que indica una buena a excelente concordancia entre ambos métodos de medición. Asimismo, señalaron que los softwares de análisis cefalométrico pueden proporcionar mediciones comparables a las realizadas por expertos cuando los puntos cefalométricos son correctamente identificados; sin embargo, indicaron que la identificación incorrecta de estos puntos de referencia puede generar variaciones en los resultados. En concordancia con lo descrito en dicho estudio, los resultados del presente trabajo también evidenciaron una alta concordancia entre las mediciones obtenidas mediante el software gratuito semiasistido GeoGebra y la plataforma web basada en inteligencia artificial WebCeph, reflejada en valores elevados del coeficiente de correlación intraclase ($CCI > 0.90$) y la ausencia de diferencias estadísticamente significativas ($p > 0.05$), lo que sugiere que ambas herramientas presentan una adecuada confiabilidad para el análisis cefalométricos en radiografías laterales digitales.

En nuestra investigación se analizaron y compararon dos tipos de sistemas entre el software gratuito semiasistido y la plataforma web basada en inteligencia artificial donde se observaron que todas las diferencias encontradas fueron mínimas y estadísticamente no significativas. Estos resultados concuerdan con los estudios previos como los de Yassir et al. (2021) donde evaluaron dos sistemas de análisis cefalométricos digitales donde los resultados mostraron buena concordancia, sin embargo, se mostraron ciertas discrepancias en algunas mediciones como en el SNB, U1-MaxP, L1-MP, U1-Npog y en la línea E del labio superior e inferior, la cuales presentaron diferencias estadísticamente significativas.

Dentro del trabajo de Alqahtani (2020) muestra que las mediciones cefalométricas obtenidas por la plataforma web (Cephx) y FACAD son, en general, altamente reproducibles. Aunque se detectaron diferencias estadísticas en algunas mediciones (SNA, FMA y Pg a NB), Estas diferencias fueron pequeñas y no resultaron clínicamente relevantes. En este trabajo todas las mediciones obtenidas mediante el software gratuito semiasistido presentan una alta reproducibilidad y consistencia en comparación con la plataforma web basada en inteligencia artificial.

En nuestro estudio las medidas angulares obtenidas por medio del software gratuito semiasistido comparadas con la plataforma web basada en inteligencia artificial en 40 radiografías digitales. Los resultados obtenidos mostraron que las medias entre ambos métodos son muy similares en todas las variables según la prueba t Student para grupos independientes ($p>0.05$) por lo cual, estadísticamente son no significativas. Estos hallazgos coinciden al trabajo de Silva et al. (2022), quienes evaluaron la confiabilidad del software de inteligencia artificial CEFBOT en el análisis cefalométrico de Arnett. Los autores encontraron una concordancia casi perfecta en 8 de las 10 mediciones angulares evaluadas ($ICC>0.94$) mientras que el ángulo Frankfurt-THL presento menor reproducibilidad. además, no se observaron diferencias estadísticamente significativas entre las mediciones realizadas por la inteligencia artificial y las obtenidas por el examinador humano, con que se sugiere que los sistemas basados en inteligencia artificial pueden ser altamente confiables.

Cabe señalar que los resultados obtenidos en nuestro estudio se basan en la comparación de un sistema específicamente diseñado para la cefalometría y un software convencional de uso general en computadora. En un estudio similar realizado por Kumar et al. (2023), se evaluó la confiabilidad del análisis cefalométrico utilizando la aplicación OneCeph, orientada al análisis cefalométrico y el software convencional de imágenes basado en computadora Dolphin. El estudio encontró que ambos métodos presentaron una fiabilidad inter e

intraobservador que oscilo entre buena y excelente (ICC 0.75- 1.00), sin evidenciar diferencias estadísticamente significativas entre los dos métodos ($p < 0.05$). en este sentido el respaldo que nos da el estudio previo de la utilidad de comparar dos sistemas totalmente distintos serán métodos viables.

En síntesis, los hallazgos de este estudio, junto con lo reportado en investigaciones previas, refuerzan la comparación detallada de ambos sistemas realizada en la presente investigación. Los resultados muestran que no existe una diferencia significativa en la precisión y concordancia de las mediciones cefalométricas obtenidas mediante el software gratuito semiasistido y la plataforma web basada en inteligencia artificial en los cefalogramas laterales digitales de pacientes adultos jóvenes de una universidad pública de lima-2025. Sin embargo, deben considerarse algunas limitaciones, como la identificación deficiente de puntos referencia y el trazado de estructuras de importancia diagnóstica. Bajo estas condiciones, el grado de entrenamiento de cada clínico, sino contara con la supervisión adecuada y la guía clínica de un profesional experimentado, podría haber influido en los resultados. A pesar de estas limitaciones. Los hallazgos sugieren que ambas herramientas ofrecen resultados comparables, lo que fortalece la recomendación de su uso como herramienta diagnóstica complementaria en la práctica clínica.

VI. CONCLUSIONES

6.1. Al comparar las mediciones cefalométricas digitales obtenidas mediante el software gratuito semiasistido con las obtenidas de la plataforma web basada en IA como estándar de referencia, no se encontraron diferencias estadísticamente significativas ($p>0.05$), evidenciando que ambos métodos proporcionan resultados comparables en el análisis de cefalogramas laterales digitales.

6.2. En relación con las medidas angulares evaluadas (SNA, SNB, ANB, U1/L1, 1.NA, 1. NB, ángulo nasolabial e IMPA), no se observaron diferencias estadísticamente significativas entre el software semiasistido y la plataforma basada en inteligencia artificial, evidenciando mediciones similares entre ambos sistemas.

6.3. Referente a las medidas lineales analizadas (1.NA y 1. NB), los valores obtenidos con ambos métodos fueron muy similares y no presentaron diferencias estadísticamente significativas, lo que indica que ambas herramientas proporcionan mediciones lineales comparables.

6.4. El análisis de concordancia mostro valores de coeficiente de correlación intraclase superiores a 0,90 en todas las variables evaluadas, lo que indica una excelente concordancia entre el software gratuito semiasistido y la plataforma web basada en inteligencia artificial.

6.5. El análisis de Bland-Alman evidencio sesgos cercanos a cero y límites de concordancia dentro de rangos clínicamente aceptables, lo que confirma que ambos métodos presentan una buena concordancia y pueden utilizarse de manera intercambiable para el análisis cefalométrico en radiografías laterales digitales.

6.6. Estos hallazgos sugieren que tanto el software gratuito semiasistido como la plataforma web basada en inteligencia artificial presentan resultados comparables y consistentes, por lo que podría utilizarse de manera intercambiable para la obtención de mediciones cefalométricas en cefalogramas laterales digital.

VII. RECOMENDACIONES

7.1. Se recomienda la utilización del software cefalométrico digital semiasistido gratuito como una alternativa válida en la práctica clínica, debido a su adecuada concordancia con plataformas basadas inteligencia artificial, especialmente en contextos con limitaciones económicas.

7.2. Se sugiere que los profesionales de la odontología no dependan exclusivamente de las plataformas basadas en inteligencia artificial, sino que complementen su uso con criterio clínico y verificación manual de los puntos cefalométricos.

7.3. Se recomienda realizar estudios con un mayor tamaño muestral y en diferentes grupos etarios, con el fin de fortalecer la validez externa y generalización de los resultados obtenidos.

7.4. Se recomienda la capacitación continua de estudiantes y profesionales en el uso de herramientas digitales cefalométricas, con el objetivo de optimizar la precisión en la identificación de puntos anatómicos.

7.5. Se recomienda que futuras investigaciones comparen diferentes softwares basados en inteligencia artificial disponibles en el mercado, para establecer cual presenta mayor precisión y confiabilidad.

VIII. REFERENCIAS

- Águila, FJ. (1996). *Manual de Cefalometría*. Aguiran.
https://www.academia.edu/106488812/Manual_de_Cefalometria_F_Juan_Aguila
- Aksakallı, S., Yılancı, H., Görükmez, E., & Ramoğlu, S. İ. (2016). Reliability Assessment of Orthodontic Apps for Cephalometrics. *Turkish Journal of Orthodontics*, 29(4), 98-102.
<https://doi.org/10.5152/TurkJOrthod.2016.1618>
- Alqahtani H. (2020). Evaluation of an online website-based platform for cephalometric analysis. *Journal of stomatology, oral and maxillofacial surgery*, 121(1), 53–57.
<https://doi.org/10.1016/j.jormas.2019.04.017>.
- Arteaga -Valdés, E., Medina- Mendieta, J., Y Del Sol Martínez, J. (2019). El GeoGebra: Una herramienta tecnológica para aprender matemática en la Secundaria Básica haciendo matemática. *Revista Conrado*, 15(70), 102–108.
<http://conrado.ucf.edu.cu/index.php/conrado>
- Baig, N., Gyasudeen, K. S., Bhattacharjee, T., Chaudhry, J., & Prasad, S. (2024). Comparative evaluation of commercially available AI-based cephalometric tracing programs. *BMC Oral Health*, 24(1), 1241. <https://doi.org/10.1186/s12903-024-05032-9>.
- Busch, H. P. (1997). Digital radiography for clinical applications. *European Radiology*, 7(3), S66-S72. <https://doi.org/10.1007/PL00006867>.
- Calle-Velezmoro, E., Calle-Morocho, J., Morales-Vadillo, R., & Guevara-Canales, J.-O. (2021). Comparación entre trazados cefalométricos manual y digital en radiografías laterales del cráneo. *Revista argentina de radiología*, 85(2), 33-40.
- Canut, J. A. (1988). *Ortodóncia Clínica*. Salvat.
- Chugh, VK, Bhatia NK, & Shastri, D. (2023). Fiabilidad interobservador e intraobservador de mediciones cefalométricas realizadas con una aplicación para smartphone y un software

- de imágenes computarizado: Un estudio comparativo. *Revista Turca de Ortodoncia*, 36(2), 94-100. <https://doi:10.4274/TurkJOrthod.2022.2022.60>
- Gemio, N. (2021). Software GeoGebra geometría para uso en cefalometría digital. *Revista Científica Odontología*, 4, 1–5. https://dicyt.upea.bo/assets/publicaciones_archivos/file_1648667926.pdf?utm_source=chatgpt.com
- Kanemeier, M., Middelberg, C., Stamm, T., Albert, F., Hohoff, A., & Schmid, J. Q. (2024). Accuracy and tracing time of cephalometric analyses on a tablet or desktop computer. *Head & Face Medicine*, 20(1), 9. <https://doi.org/10.1186/s13005-024-00413-5>.
- Lucato, A. (2010). Análisis cefalométrico-USP: Medidas adoptadas en los cursos de postgrado en ortodoncia UNIARAS. En M. Vedovello Filho & colaboradores (Eds.), *Cefalometría: Técnicas de diagnóstico y procedimientos* (pp. 47-62). *Amolca*. <https://amolca.com.pe/libro/cefalometria-tecnicas-de-diagnostico-y-procedimientos>.
- Mahto, R. K., Kafle, D., Giri, A., Luintel, S., & Karki, A. (2022). Evaluation of fully automated cephalometric measurements obtained from web-based artificial intelligence driven platform. *BMC oral health*, 22(1), 132. <https://doi.org/10.1186/s12903-022-02170-w>
- Mohan, A., Sivakumar, A., & Nalabothu, P. (2021). Evaluation of accuracy and reliability of OneCeph digital cephalometric analysis in comparison with manual cephalometric analysis—A cross-sectional study. *BDJ Open*, 7(1), 1-4. <https://doi.org/10.1038/s41405-021-00077-2>.
- Prabhakar, R., Rajakumar, P., Karthikeyan, M. K., Saravanan, R., Vikram, N. R., & Reddy, A. (2014). A hard tissue cephalometric comparative study between hand tracing and computerized tracing. *Journal of Pharmacy & Bioallied Sciences*, 6(Suppl 1), S101-106. <https://doi.org/10.4103/0975-7406.137401>
- Ren Y. J. (2009). Science and practice: challenges and perspectives of contemporary

- orthodontics. *Shanghai kou qiang yi xue = Shanghai journal of stomatology*, 18(2), 113–120.
- Silva. T. p., Hughes, M. m., Menezes, L. S., Melo, M. F. B., F., Freitas, P. H. L., & Takeshita, W. M. (2022). Anotación y mediciones de puntos de referencia cefalométricos basadas en inteligencia artificial según el análisis de Arnett: ¿podemos confiar en un robot para hacer eso? *Dental and Maxilofacial Radiology*, 51(6), 20200548. <http://doi.org/10.1259/dmfr.20200548>
- Wahl N. (2006). Orthodontics in 3 millennia. Chapter 8: The cephalometer takes its place in the orthodontic armamentarium. *American journal of orthodontics and dentofacial orthopedics* : official publication of the American Association of Orthodontists, its constituent societies, and the American Board of Orthodontics, 129(4), 574–580.
- Yabagata, S., & Lunardi, N. (2010). Diseño anatómico. En M. Vedovello Filho & colaboradores (Amolca), *Cefalometría: Técnicas de diagnóstico y procedimientos* (pp.15-21).<https://amolca.com.pe/libro/cefalometria-tecnicas-de-diagnostico-y-procedimientos>.
- Yassir, Y. A., Salman, A. R., & Nabbat, S. A. (2021). The accuracy and reliability of WebCeph for cephalometric analysis. *Journal of Taibah University Medical Sciences*, 17(1), 57–66. <https://doi.org/10.1016/j.jtumed.2021.08.010>
- Zaheer, R., Shafique, H. Z., Khalid, Z., Shahid, R., Jan, A., Zahoor, T., Nawaz, R., & ul Hassan, M. (2024). Comparison of semi and fully automated artificial intelligence driven softwares and manual system for cephalometric analysis. *BMC Medical Informatics and Decision Making*, 24(1), 271. <https://doi.org/10.1186/s12911-024-02664-3>
- Zamora, C. (2004). Análisis de tejidos blandos de Legan y Burstone. En C. E. Zamora Montes de Oca (Amolca.), *Compendio de cefalometría: Análisis clínico y práctico* (cap. 5, p. 48).. <https://es.scribd.com/doc/255558340/Compendio-de-Cefalometria-Zamora>

Zamora, C. (2004). *Compendio de Cefalometría-Análisis clínico y práctico*. Amolca.

<https://es.scribd.com/doc/255558340/Compendio-de-Cefalometria-Zamora>

Zamrik, O. M., & İşeri, H. (2021). The reliability and reproducibility of an Android cephalometric smartphone application in comparison with the conventional method.

The Angle Orthodontist, 91(2), 236-242. <https://doi.org/10.2319/042320-345.1>

IX. ANEXOS

9.1. Anexo A

9.1.1. Matriz de consistencia

Problema	Objetivos	Hipótesis	Variables	Metodología
¿Qué tan precisas y concordantes son las mediciones cefalométricas obtenidas mediante un software gratuito semiasistido en comparación con una plataforma web basada en inteligencia artificial, en cefalograma	Objetivo general Comparar las mediciones cefalométricas digitales obtenidas mediante un software gratuito semiasistido y una plataforma web basada en inteligencia artificial en cefalogramas laterales digitales de pacientes adultos	Existen diferencias significativas en la precisión y concordancia de las mediciones cefalométricas entre ambos métodos	Variable independiente Software cefalométrico digital semiasistido gratuito, plataforma web basada en inteligencia artificial Variable dependiente Resultados de las mediciones	Tipo de investigación Comparativo Observacional Analítico Transversal Retrospectivo Población y muestra La población estuvo conformada por todas las radiografías laterales digitales de todos los pacientes previos al tratamiento de ortodoncia del Taller Clínico de Ortodoncia de Pregrado de la Facultad de Odontología de la Universidad Nacional Federico Villarreal. La muestra estuvo conformada por 40 radiografías laterales digitales

s laterales	jóvenes de una		s	seleccionadas según los criterios de
digitales de	universidad		cefalométr	inclusión y exclusión establecidos
pacientes	pública de		icas	
adultos	lima-2025			
jóvenes de	Objetivos			
una	específicos			
universidad	Compararlas			
pública de	medidas			
Lima	angulares			
durante el	obtenidas con			
año 2025?	el software			
	gratuito			
	semiasistido y			
	la plataforma			
	web basada en			
	inteligencia			
	artificial			
	Comparar las			
	medias lineales			
	obtenidas con			
	el software			
	gratuito			
	semiasistido y			
	la plataforma			

	web basada en inteligencia artificial Determinar el grado de concordancia entre el software gratuito semiasistido y la plataforma web basada en inteligencia artificial	
--	--	--

9.2. Anexo B

9.2.1. Carta de presentación para uso de laboratorio

 Universidad Nacional Federico Villarreal "Año de la recuperación y consolidación de la Economía Peruana"	FACULTAD DE ODONTOLOGIA
DEPARTAMENTO ACADÉMICO	
Pueblo Libre, 18 de diciembre de 2025.	
<u>OFICIO Nº 0318-2025-DA-FO-UNFV</u>	
Doctor JOSE RICALDE OLIVERA RESPONSABLE DEL TALLER DE ORTODONCIA <u>Presente.</u> -	
ASUNTO: Autorización para el Uso del Laboratorio.	
REFERENCIA: 1. Carta S/N de la OFICINA DE GRADOS Y GESTIÓN DEL EGRESADO (recibida 17/12/2025) 2. Racionalización 2025.	
Es grato dirigirme a usted, para saludarlo cordialmente y en atención a la racionalización académica 2025, sírvase brindar las facilidades del caso al Bachiller en Odontología Sr. Raúl Johan Marín Tovar, quien se encuentra realizando el Plan de Tesis, Titulado: «EVALUACION DE UN SOFTWARE GRATUITO SEMIASISTIDO EN COMPARACION CON UNA PLATAFORMA WEB BASADA EN INTELIGENCIA ARTIFICIAL EN CEFALOGRAMA LATERALES DIGITALES DE PACIENTES ADULTOS JOVENES DE UNA UNIVERSIDAD PÚBLICA DE LIMA - 2025», la misma que permitirá desarrollar su trabajo de investigación, en preparación de las muestras del proyecto.	
Sin otro particular es propicia la oportunidad para expresarle los sentimientos de nuestra especial consideración.	
Atentamente,  Dr. Paul Orestes Mendoza Murillo Director Departamento Académico	
Se adjunta Protocolo de Tesis JHlor Barrera	
CC: Raúl Johan Marín Tovar Folios: 42 NT: 066863-2025	
Calle San Marcos N°350- Pueblo Libre Correo Electrónico: daafo@unfv.edu.pe Teléfono: 747-0888 - Anexo 8127	

9.3. Anexo C

9.3.1. Carta de presentación para unidad de postgrado



Universidad Nacional
Federico Villarreal

FACULTAD DE
ODONTOLOGÍA

“Año de la Recuperación y Consolidación de la Economía Peruana”

OFICINA DE GRADOS Y GESTIÓN DEL EGRESADO

Pueblo Libre, 16 de diciembre de 2025

Dr.
PAUL ORESTES MENDOZA MURILLO
DIRECTOR - DEPARTAMENTO ACADÉMICO
FACULTAD DE ODONTOLOGÍA

ATENCIÓN: TALLER DE ORTODONCIA
Presente.

De mi especial consideración:

Tengo el agrado de dirigirme a usted, con la finalidad de presentarle al Bachiller en Odontología, Sr. Raul Johan Marin Tovar, quien se encuentra realizando el Plan de Tesis titulado:

«EVALUACIÓN DE UN SOFTWARE GRATUITO SEMIASISTIDO EN COMPARACIÓN CON UNA PLATAFORMA WEB BASADA EN INTELIGENCIA ARTIFICIAL EN CEFALOGRAMAS LATERALES DIGITALES DE PACIENTES ADULTOS JÓVENES DE UNA UNIVERSIDAD PÚBLICA DE LIMA-2025»

En tal virtud, mucho agradeceré le brinde las facilidades del caso al Sr. Marin quien realizará el siguiente trabajo:

- ✓ Realizar la evaluación y comparación de las radiografías laterales digitales mediante la localización de los puntos, líneas y planos obteniendo medidas en ángulos cefalométricos en un software gratuito y otro con una plataforma web basada en inteligencia artificial.

Estas actividades, le permitirán al bachiller, desarrollar su trabajo de investigación.

Sin otro particular, aprovecho la oportunidad para renovar los sentimientos de mi especial consideración.

Atentamente



Firmado digitalmente por:
Mg. JULIA ELBIA MEDINA y MENDOZA
DNI: 70170042084
Fecha: 16/12/2025 20:13:40-0500

Mg. JULIA ELBIA MEDINA y MENDOZA
JEFE
OFICINA DE GRADOS Y GESTIÓN DEL EGRESADO
FACULTAD DE ODONTOLOGÍA

Se adjunta: Plan de Tesis – folios (41)
e-mail: 2016018447@unfv.edu.pe

138-2025
NT-006865-2025
JEMM/Luc V.

9.4. Anexo D

9.4.1. Constancia de Aprobación

	Universidad Nacional Federico Villarreal	FACULTAD DE ODONTOLOGÍA
"AÑO DE LA RECUPERACIÓN Y CONSOLIDACIÓN DE LA ECONOMÍA PERUANA"		
OFICINA DE GRADOS Y GESTIÓN DEL EGRESADO		
<u>CONSTANCIA</u>		
LA OFICINA DE GRADOS Y GESTIÓN DEL EGRESADO DE LA FACULTAD DE ODONTOLOGÍA DE LA UNIVERSIDAD NACIONAL FEDERICO VILLARREAL		
DEJA CONSTANCIA:		
Que el presente, tema: «EVALUACIÓN DE UN SOFTWARE GRATUITO SEMIASISTIDO EN COMPARACIÓN CON UNA PLATAFORMA WEB BASADA EN INTELIGENCIA ARTIFICIAL EN CEFALOGRAMAS LATERALES DIGITALES DE PACIENTES ADULTOS JÓVENES DE UNA UNIVERSIDAD PÚBLICA DE LIMA-2025», del Plan de Tesis del Bachiller MARIN TOVAR RAUL JOHAN, se encuentra APROBADO, para su ejecución y dar término, para la obtención del Título Profesional de Cirujano Dentista, de acuerdo a las pautas y correcciones respectivas, según lo establecido en el Reglamento de Grados y Títulos de la Universidad Nacional Federico Villarreal, aprobado mediante R.R. N°2900-2018-UNFV.		
Se expide la presente constancia a solicitud del interesado para los fines que estime conveniente.		
Pueblo Libre, 3 de noviembre de 2025		
 Firmado digitalmente por: MEDINA Y MENDOZA Julia DNU 7 AU 2017004026 soft Módulo: Soy el autor del documento Fecha: 03/11/2025 10:18:03-0808		
Mg. JULIA ELBIA MEDINA y MENDOZA JEFE OFICINA DE GRADOS Y GESTIÓN DEL EGRESADO FACULTAD DE ODONTOLOGÍA		
NT: 000001-2025 N°0053-PTA-2025 JEM/Julia V.		
Calle San Marcos N°351 – Pueblo Libre e-mail: ogt.fo@unfv.edu.pe		Telef.: 7480888 - 992925

9.5. Anexo E

9.5.1. Constancia de calibración



CONSTANCIA DE CALIBRACIÓN DEL EVALUADOR

Por medio del presente documento se da constancia que el bachiller en odontología Raul Johan Marin Tovar realizo su calibración como evaluador del trabajo de tesis titulado “Evaluación de un software gratuito semiasistido en comparación con una plataforma web basada en inteligencia artificial en cefalogramas laterales digitales de pacientes adultos jóvenes de una universidad pública de lima-2025” previo a la ejecución final del análisis, evaluación y registro de las radiografías cefalométricas ,con el fin de asegurar la confiabilidad en la medición de las variables.

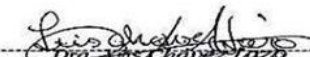
La calibración fue supervisada por el cirujano dentista Dra. Yris Chavez Lazo, especialista en Radiología Oral y Maxilofacial quien realizó una sesión práctica-teórica, validando la correcta medición de las radiografías y los criterios para la ubicación de los puntos anatómicos siguiendo los mismos parámetros técnicos e instrumentales que se utilizaran en la fase de análisis.

El procedimiento consistió en la evaluación repetida de 10 radiografías al azar de la base de datos, evaluando 5 medidas cefalométricas, realizando la calibración interevaluador con un especialista e intraevaluador, con datos de la misma persona en dos tiempos diferentes, en un intervalo de 7 días. Se analizaron los resultados de las sesiones para calcular el grado de concordancia interevaluador e intraevaluador utilizando el índice de error Dahlberg y coeficiente de correlación intraclass ICC.

Se expide la presente constancia a solicitud del interesado para los fines que se estime conveniente.

ATTE.

Lima 19 de diciembre del 2025


 Dra. Yris Chavez Lazo
 C.O.P. 9515 R.N.E. 2514
 Dr. —Esp: Radiología Oral y Maxilofacial

9.6. Anexo F

9.6.1. Constancia de autorización y ejecución



Universidad Nacional
Federico Villarreal

"Año de la recuperación y consolidación de la economía peruana"



CONSTANCIA DE AUTORIZACIÓN Y EJECUCIÓN

Por medio del presente documento se deja constancia que el bachiller Raul Johan Marin Tovar, identificado con DNI 76025681 y Código de Matrícula 2016018447, ejecutó las actividades correspondientes al desarrollo de su trabajo de tesis en las instalaciones del Laboratorio del Taller Clínico de Ortodoncia de la Facultad de Odontología, cumpliendo con los procedimientos establecidos para la obtención y análisis de datos. El desarrollo del trabajo se realizó bajo la supervisión del Dr. José Ricalde Olivera, Especialista en Ortodoncia, quien brindó acompañamiento académico y orientación técnica durante todo el proceso investigativo. Asimismo, se certifica que el taller Clínico de Ortodoncia autorizó la cesión y uso académico de las radiografías cefalométricas necesarias para la investigación. Dichas imágenes fueron proporcionadas exclusivamente con fines metodológicos y científicos, manteniendo la confidencialidad y los estándares éticos correspondientes. Las radiografías fueron empleadas únicamente dentro del marco del proyecto de tesis titulado: "Evaluación de un software gratuito semiasistido en comparación con una plataforma web basada en inteligencia artificial en cefalogramas laterales digitales de pacientes adultos jóvenes de una universidad pública de Lima-2025"

La presente constancia y autorización se expiden a solicitud del interesado para los fines académicos que estime pertinentes.

Lima, 17 de marzo del 2026

Dr. José Ricalde Olivera
Especialista en Ortodoncia y Ortopedia Maxilar

9.7. Anexo G

9.7.1 Ficha de recolección de datos

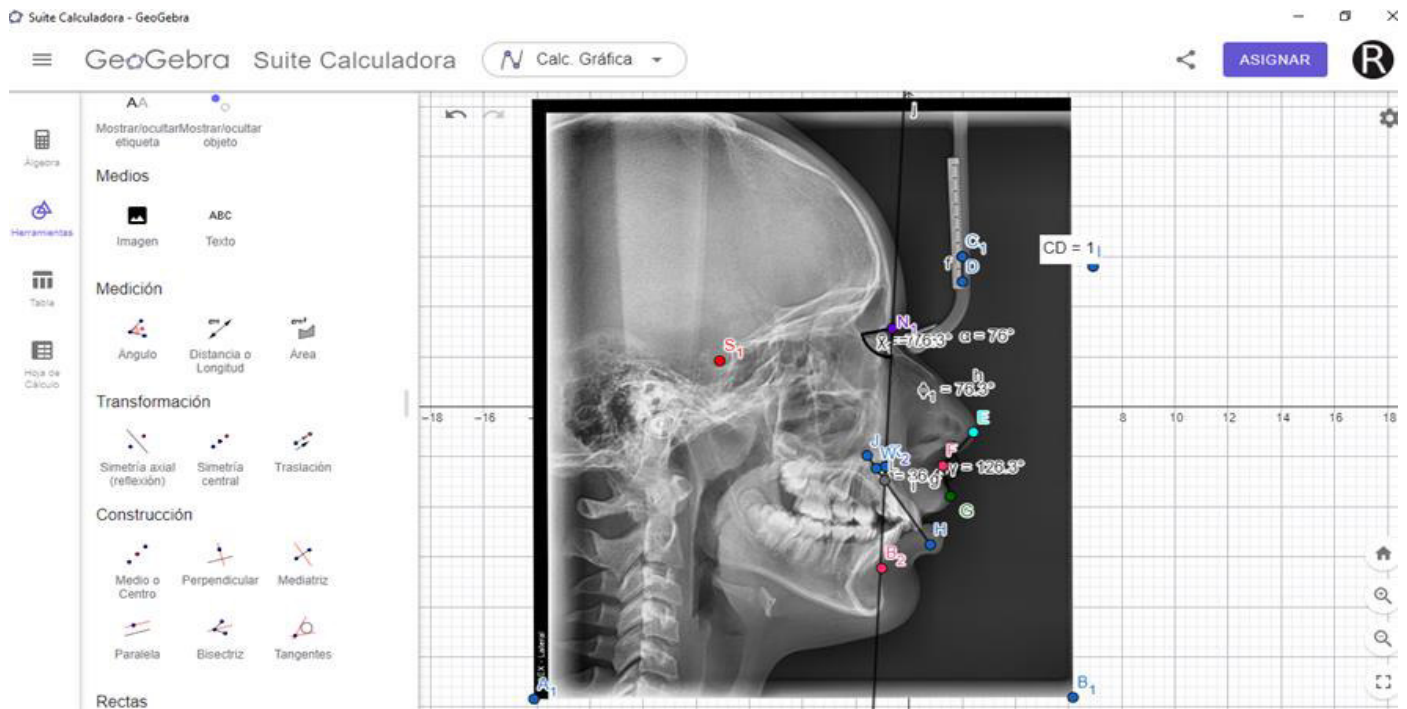
FICHA DE RECOLECCIÓN

Nº Ficha:

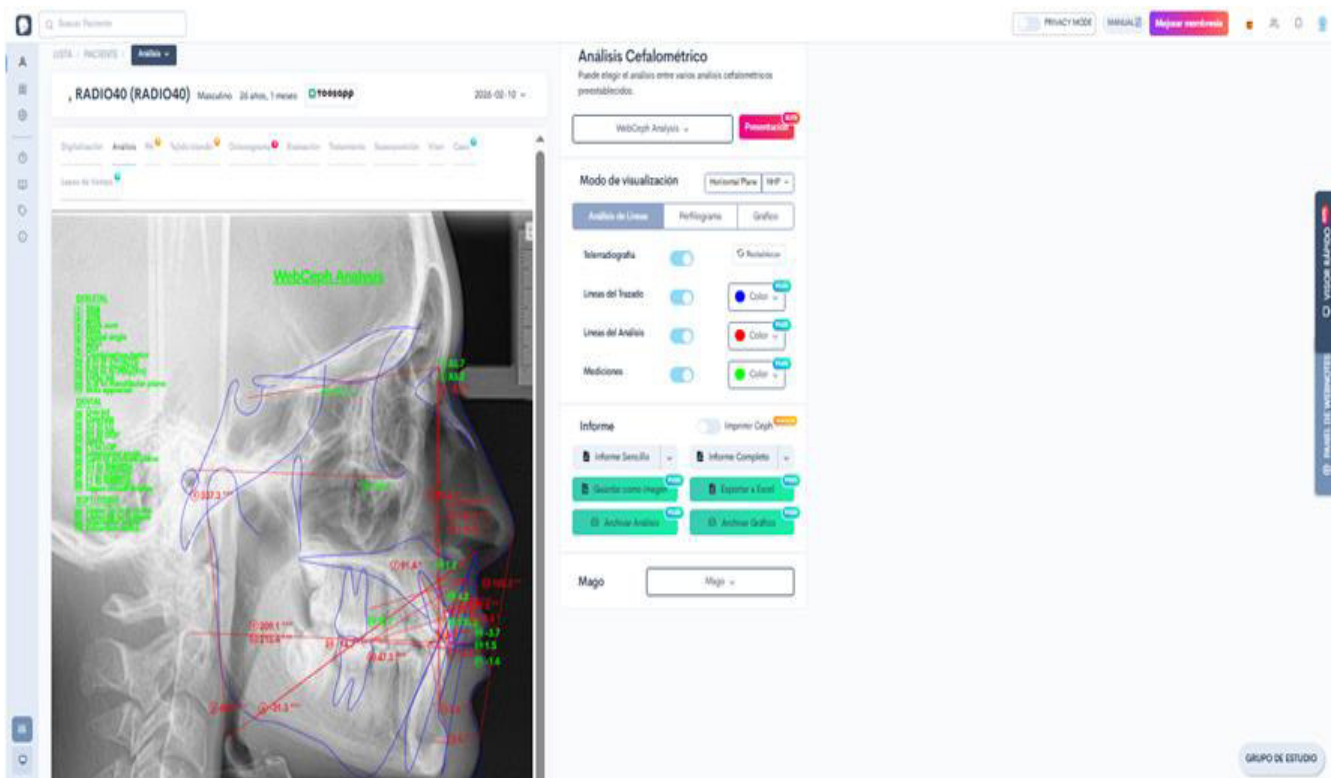
Parámetro	Software gratuito semiasistido	Plataforma web (IA)
SNA (°)		
SNB (°)		
ANB (°)		
Ángulo nasolabial (°)		
1-NA (mm)		
1-NA (°)		
1-NB (mm)		
1-NB (°)		
Ángulo interincisal (°)		
IMPA (°)		

9.8 Anexo H

9.8.1. Instrumento de recolección de datos



Software gratuito semiasistido (GeoGebra)



Plataforma web basada en inteligencia artificial (WebCeph)

9.9 Anexo I

9.9.1. Evaluaciones repetidas para medir concordancia interevaluador e intraevaluador

Evaluaciones repetidas para medir concordancia interevaluador

Evaluando:

Índice de error de Dahlberg en mediciones repetidas por evaluador

Par de mediciones	Error de Dahlberg	Interpretación
SNA	0.386	Error muy bajo, confiable
SNB	0.373	Error muy bajo, confiable
ANB	0.247	Error bajo, aceptable
ANG. NASOLABIAL	0.327	Error muy bajo, confiable
1-NA°	0.264	Error bajo, aceptable

Nota. La tabla muestra el índice de error de Dahlberg quien evalúa la diferencia entre mediciones repetidas para estimar el error aleatorio de un método. Valores cercanos a 0 indican mayor confiabilidad y precisión, se puede observar que casi todas las variables presentan un error muy bajo, lo cual refleja buena confiabilidad intraevaluador.

Análisis de coeficiente de corrección intraclase (ICC) de los datos evaluados

Par de mediciones	ICC (95% IC)	Interpretación
SNA	0.991	Excelente confiabilidad
SNB	0.996	Excelente confiabilidad
ANB	0.995	Excelente confiabilidad
ANG. NASOLABIAL	0.999	Excelente confiabilidad

Par de mediciones	ICC (95% IC)	Interpretación
1-NA°	0.998	Excelente confiabilidad

Nota. En este análisis, todos los pares de mediciones presentan valores de ICC mayores a 0.99, lo que indica una excelente confiabilidad, es decir, la técnica de registro utilizada muestra una alta estabilidad y mínima variabilidad entre mediciones repetidas.

- ***Evaluaciones repetidas para medir concordancia intraevaluador***

Evaluable:

Índice de error de Dahlberg en mediciones repetidas por el evaluador (Día 1 vs Día 7)

Par de mediciones	Error de Dahlberg	Interpretación
SNA	0.279	Error bajo, aceptable
SNB	0.289	Error bajo, aceptable
ANB	0.364	Error muy bajo, confiable
ANG. NASOLABIAL	0.223	Error bajo, aceptable
1-NA°	0.247	Error bajo, aceptable

Nota. El error de Dahlberg intraevaluador fue inferior a 0.40 en todas las variables, lo que demuestra alta estabilidad en las mediciones realizadas con intervalo de siete días, evidenciando adecuada reproducibilidad del evaluador.

Análisis de coeficiente de corrección intraclase (ICC) de los datos evaluados (Día 1 vs Día 7)

Par de mediciones	ICC (95% IC)	Interpretación
SNA	0.995	Excelente confiabilidad
SNB	0.997	Excelente confiabilidad
ANB	0.994	Excelente confiabilidad
ANG. NASOLABIAL	0.999	Excelente confiabilidad
1-NA°	0.996	Excelente confiabilidad

Nota. El análisis de confiabilidad mediante el Coeficiente de Correlación Intraclase (ICC) evidenció una excelente concordancia tanto interevaluador como intraevaluador (ICC > 0.99 en todas las variables cefalométricas analizadas), lo que demuestra alta estabilidad, precisión y mínima variabilidad atribuible al error del examinador.

• **Evaluación interevaluador (ESPECIALISTA-EVALUADOR)**

- Índice de error de Dahlberg
 - SNA: **0.386**
 - SNB: **0.373**
 - ANB: **0.247**
 - ANGULO NASOLABIAL: **0.327**
 - 1-NA°: **0.264**
- Coeficiente de correlación intraclase (ICC)
 - SNA: **0.991 (Excelente)**
 - SNB: **0.996 (Excelente)**
 - ANB: **0.995 (Excelente)**
 - ANGULO NASOLABIAL: **0.999 (Excelente)**
 - 1-NA°: **0.998 (Excelente)**

• **Evaluación intraevaluador (EVALUADOR DÍA 1- EVALUADOR DÍA 7)**

- Índice de error de Dahlberg
 - SNA: **0.279**
 - SNB: **0.289**
 - ANB: **0.364**
 - ANGULO NASOLABIAL: **0.223**
 - 1-NA°: **0.247**
- Coeficiente de correlación intraclase (ICC)
 - SNA: **0.995 (Excelente)**
 - SNB: **0.997 (Excelente)**
 - ANB: **0.994 (Excelente)**
 - ANGULO NASOLABIAL: **0.999 (Excelente)**
 - 1-NA°: **0.996 (Excelente)**

El análisis de calibración evidenció una alta precisión y reproducibilidad en las mediciones cefalométricas realizadas. En la evaluación interevaluador (especialista–evaluador), el índice de error de Dahlberg osciló entre 0.247 y 0.386 grados, lo que indica un error técnico bajo y clínicamente aceptable; asimismo, el **Análisis de correlación (ICC)** presentó valores entre 0.991 y 0.999, demostrando una excelente concordancia entre ambos examinadores. De igual manera, en la evaluación intraevaluador (evaluador día 1 – evaluador día 7), el **error de Dahlberg** varió entre 0.223 y 0.364 grados, manteniéndose dentro de rangos bajos, mientras que los valores de ICC oscilaron entre 0.994 y 0.999, lo que confirma una excelente estabilidad en las mediciones repetidas en el tiempo. En conjunto, estos resultados evidencian mínima variabilidad atribuible al error humano y garantizan una confiabilidad estadísticamente sólida del procedimiento de medición empleado en el estudio.

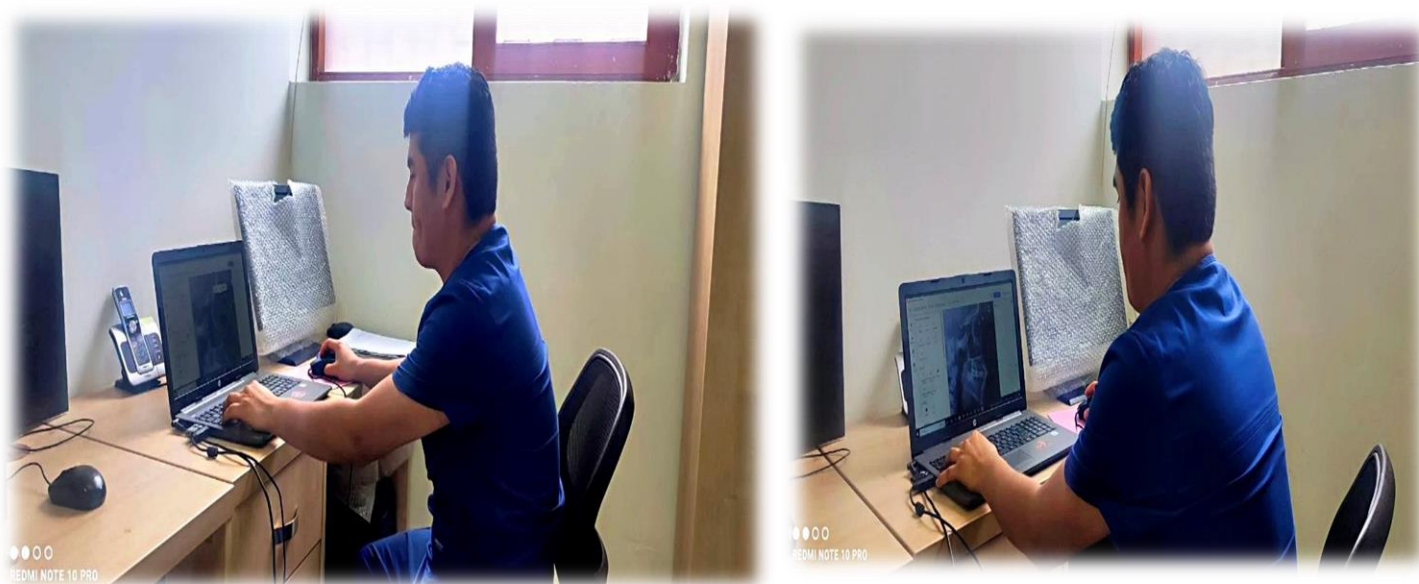
9.10. Anexo J

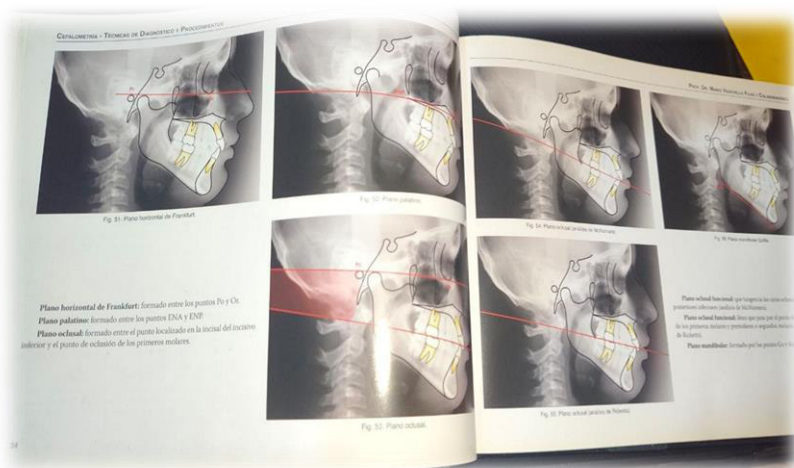
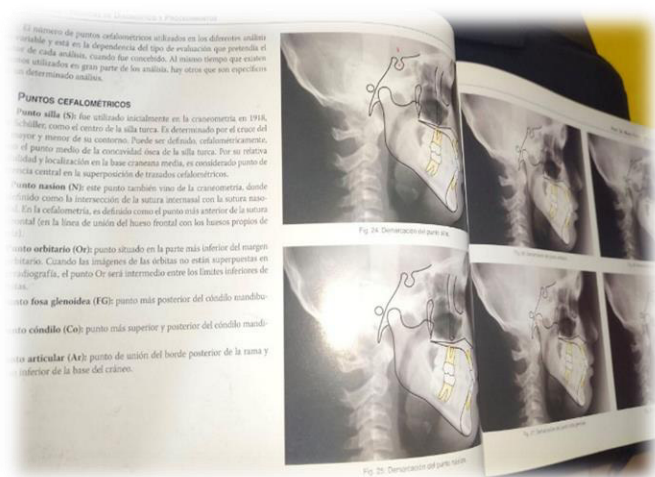
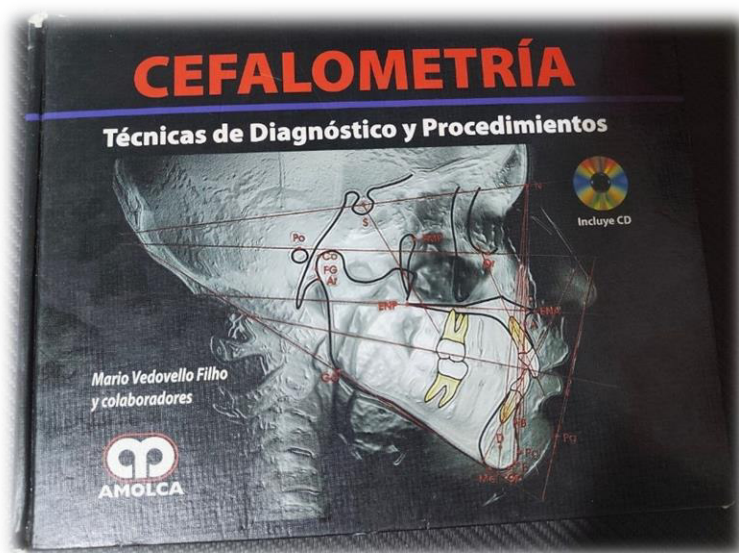
9.10.1. Evidencia fotográfica

Calibración interexaminador



Calibración intraexaminador

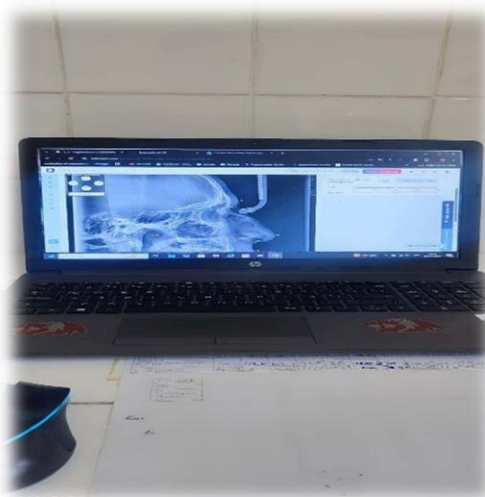




Material bibliográfico de apoyo



Capacitación / inducción previa a la ejecución, a cargo del especialista en ortodoncia



Ejecución del procedimiento bajo la supervisión del especialista en ortodoncia