Ciencia Latina Revista Científica Multidisciplinar, Ciudad de México, México.
ISSN 2707-2207 / ISSN 2707-2215 (en línea), septiembre-octubre 2026,
Volumen 10, Número 5.

https://doi.org/10.37811/cl_rcm.v10i5

REGLA ANÁLOGA VERSUS SOFTWARE NEMOCEPH® EN MEDICIONES CEFALOMÉTRICAS LINEALES DE RADIOGRAFÍAS LATERALES DE CRÁNEO

ANALOG RULER VERSUS NEMOCEPH® SOFTWARE FOR LINEAR CEPHALOMETRIC MEASUREMENTS ON LATERAL SKULL RADIOGRAPHS

Diana Citlali Barrón Vargas
Universidad Juárez Autónoma de Tabasco, México

José Miguel Lehmann Mendoza
Universidad Juárez Autónoma de Tabasco, México

Landy Vianey Limónchi Palacio
Universidad Juárez Autónoma de Tabasco, México

Germán Alberto Nolasco Rosales
Universidad Juárez Autónoma de Tabasco, México

DOI: https://doi.org/10.37811/cl_rcm.v10i5.26497

Regla Análoga Versus Software NemoCeph® en Mediciones Cefalométricas Lineales de Radiografías Laterales de Cráneo

Diana Citlali Barrón Vargas[1]
cddianabarron@gmail.com
https://orcid.org/0009-0004-5578-257X
División Académica de Ciencias de la Salud
Universidad Juárez Autónoma de Tabasco
Villahermosa, Tabasco
México

José Miguel Lehmann Mendoza
Jomileme@hotmail.com
https://orcid.org/0000-0002-1534-5859
División Académica de Ciencias de la Salud
Universidad Juárez Autónoma de Tabasco
Villahermosa, Tabasco
México

Landy Vianey Limónchi Palacio
dralandylimonchi@gmail.com
https://orcid.org/0000-0002-1135-909X
División Académica de Ciencias de la Salud
Universidad Juárez Autónoma de Tabasco
Villahermosa, Tabasco
México

Germán Alberto Nolasco Rosales
ganr_1277@live.com.mx
https://orcid.org/0000-0001-5536-3173
División Académica de Ciencias de la Salud
Universidad Juárez Autónoma de Tabasco
Villahermosa, Tabasco
México

RESUMEN

La cefalometría es un auxiliar diagnóstico esencial en ortodoncia, donde coexisten instrumentos de medición análogos y digitales. El objetivo de este estudio fue comparar las mediciones lineales obtenidas con una regla análoga (TD Orthodontics) y con el software de trazado cefalométrico NemoCeph® en radiografías laterales de cráneo de pacientes de ortodoncia. Se realizó un estudio cuantitativo, observacional, comparativo y transversal en 60 radiografías laterales de cráneo de pacientes de 20 a 40 años atendidos en las Clínicas de Especialidades Odontológicas de la Universidad Juárez Autónoma de Tabasco. Un solo operador midió la altura facial posterior (S-Go) y la altura facial anterior (N-Me) con ambos instrumentos. Se aplicaron las pruebas t de Student para muestras relacionadas y de Wilcoxon, el coeficiente de correlación intraclase (CCI) y el análisis de Bland-Altman. NemoCeph® registró valores en promedio 0.6 a 0.7 mm mayores ($p = 0.019$ y $p = 0.022$) y la concordancia fue buena a excelente (CCI = 0.940 y 0.926); sin embargo, los límites de acuerdo de Bland-Altman alcanzaron aproximadamente ±4 mm. Se concluye que ambos instrumentos son equivalentes en promedio, pero no deben alternarse en un mismo paciente.

***Palabras clave*:** cefalometría, ortodoncia, radiografía, diagnóstico por imagen, reproducibilidad de los resultados

[1] Autor principal
Correspondencia: cddianabarron@gmail.com

Analog Ruler Versus NemoCeph® Software for Linear Cephalometric Measurements on Lateral Skull Radiographs

ABSTRACT

Cephalometry is an essential diagnostic aid in orthodontics, and analog and digital measuring instruments coexist in clinical practice. The aim of this study was to compare the linear measurements obtained with an analog ruler (TD Orthodontics) and with the NemoCeph® cephalometric tracing software on lateral skull radiographs of orthodontic patients. A quantitative, observational, comparative and cross-sectional study was carried out on 60 lateral skull radiographs of patients aged 20 to 40 years treated at the Dental Specialty Clinics of the Universidad Juárez Autónoma de Tabasco. A single operator measured posterior facial height (S-Go) and anterior facial height (N-Me) with both instruments. The paired Student's t-test, the Wilcoxon test, the intraclass correlation coefficient (ICC) and Bland-Altman analysis were applied. NemoCeph® recorded values on average 0.6 to 0.7 mm higher ($p = 0.019$ and $p = 0.022$) and agreement was good to excellent (ICC = 0.940 and 0.926); however, Bland-Altman limits of agreement reached approximately ±4 mm. Both instruments are equivalent on average but should not be used interchangeably in the same patient.

***Keywords*:** cephalometry, orthodontics, radiography, diagnostic imaging, reproducibility of results

Artículo recibido 19 setiembre 2026
Aceptado para publicación: 26 OCTUBRE 2026

INTRODUCCIÓN

La cefalometría, etimológicamente "medición de la cabeza", se define como el registro e interpretación de las mediciones craneofaciales obtenidas a partir de radiografías de perfil estandarizadas en individuos vivos (Hlongwa, 2019). Desde que Broadbent, en Estados Unidos, y Hofrath, en Alemania, introdujeron de manera independiente el cefalostato en 1931, la radiografía lateral de cráneo permitió relacionar la maloclusión de cada paciente con su morfología esquelética y dental, y estudiar el crecimiento facial de forma seriada y reproducible (Broadbent, 1931; Nielsen, 2022). Hoy la cefalometría constituye un auxiliar diagnóstico indispensable para identificar discrepancias esqueléticas, determinar el patrón de crecimiento y planificar el tratamiento ortodóncico con base en datos objetivos y cuantificables (Proffit, Fields, & Larson, 2019).

Durante décadas, el análisis se realizó mediante trazado manual o analógico: sobre una hoja de acetato colocada encima de la radiografía, iluminada en un negatoscopio, el operador delinea las estructuras anatómicas, localiza los puntos de referencia y mide distancias y ángulos con regla milimetrada, transportador y plantillas (Hlongwa, 2019). Este procedimiento tiene limitaciones conocidas: la variabilidad intra e interobservador, la fatiga visual, el grosor de la punta del lápiz y la imprecisión de los instrumentos físicos (Puspitasari, Rahayu, & Wijaya, 2023). Se ha descrito que los errores de medición en variables lineales pueden alcanzar de 1 a 2 mm (Narkhede, Jain, & Patel, 2017), y desde los trabajos de Houston (1983) se reconoce que la principal fuente de inexactitud no es el instrumento, sino la localización de los puntos anatómicos (Calle-Velezmoro, Calle-Morocho, Morales-Vadillo, & Guevara-Canales, 2021).

Con la digitalización, la cefalometría asistida por computadora permitió ajustar brillo y contraste, ampliar zonas de interés y calcular automáticamente medidas lineales y angulares una vez marcados los puntos (Wang, Zhang, & Li, 2021). NemoCeph®, presentado en 1996 como uno de los primeros programas de cefalometría sobre imágenes digitales, es ampliamente utilizado en universidades y clínicas; su funcionamiento parte de la importación de la telerradiografía y de una calibración a escala real (1:1) mediante una distancia conocida en la regla del cefalostato, paso del que depende la exactitud de todas las mediciones lineales posteriores (Tikku, Khanna, Maurya, Srivastava, & Bhushan, 2014; Wang et al., 2021).

Al ser el cálculo matemáticamente exacto, la calidad del análisis digital depende de la calibración y de la habilidad del operador para identificar los puntos de referencia (Kim, Park, & Lee, 2023).

Entre las variables verticales de mayor interés clínico se encuentran la altura facial posterior (AFP) y la altura facial anterior (AFA). La AFP corresponde a la distancia en milímetros entre Silla (S), centro geométrico de la silla turca, y Gonion (Go), punto construido en la intersección de las tangentes al borde inferior del cuerpo mandibular y al borde posterior de la rama (Yassaei, Tabatabaei, & Ghafari, 2010; Alshahrani, Alqahtani, & Togoo, 2024). La AFA corresponde a la distancia entre Nasion (N), punto más anterior de la sutura frontonasal, y Menton (Me), punto más inferior de la sínfisis mandibular (Hlongwa, 2019; Stancioiu, Popa, & Marinescu, 2022). La relación entre ambas (S-Go/N-Me × 100) se emplea para clasificar el biotipo facial: valores menores de 62 % se asocian con crecimiento vertical y tendencia a la mordida abierta, y valores mayores de 65 % con crecimiento horizontal y mordida profunda (Nielsen, 2022; Proffit et al., 2019). Por su naturaleza construida, el punto Gonion es más susceptible a variabilidad en su localización (Alshahrani et al., 2024).

La literatura que compara métodos manuales y digitales muestra, en general, alta concordancia. Paixão, Sobral, Vogel y Araújo (2010) no encontraron diferencias significativas entre trazados manuales y digitales realizados con Dolphin Imaging®, y la revisión de 28 estudios de Pellicer Castillo, García Martínez y Sánchez Sánchez (2012) concluyó que los programas digitales modernos presentan alta fiabilidad clínica. En Latinoamérica, Rojas Cárdenas (2018) reportó coeficientes de correlación intraclase superiores a 0.9 entre el trazado manual y NemoCeph®, y Zavaleta Flores, Barradas Viveros, Martínez Flores y Muñoz Muñoz (2024) obtuvieron un coeficiente superior a 0.94 con NemoStudio 2020. Calle-Velezmoro et al. (2021), en 78 radiografías, solo hallaron diferencias en el ángulo interincisal y en la distancia incisivo inferior-NB.

Estudios recientes confirman este panorama con matices. Chuchra et al. (2024) observaron diferencias significativas en SNA y ANB entre el trazado manual y los programas OneCeph, WebCeph y NemoCeph, pese a una fiabilidad interna aceptable. Kastury, Kancherla, Reddy y Chalasani (2024) no encontraron diferencias en la mayoría de los parámetros angulares en 100 cefalogramas, aunque sí en algunas medidas lineales, y concluyeron que los programas evaluados pueden sustituir al trazado manual. Singh, Singh, Singh, Agarwal y Sharma (2025) reportaron diferencias en casi todos los

parámetros lineales entre los métodos manual, digital y automático, con excepción de la altura facial anterior inferior (p = 0.643). Por su parte, los sistemas basados en inteligencia artificial aún muestran discrepancias en la ubicación de algunos puntos, como Gonion, respecto a los trazados supervisados por el clínico (Çoban, Öztürk, Hashimli, & Yağci, 2022; Bor, Çınarsoy Ciğerim, & Kotan, 2024; Paul, Tania, Rathore, Missier, & Shaga, 2023).

En la Especialidad en Ortodoncia de la Universidad Juárez Autónoma de Tabasco (UJAT), residentes y operadores emplean tanto software de trazado como reglas cefalométricas análogas de distintas marcas, entre ellas la regla TD Orthodontics, que difieren en material, graduación y diseño. Aunque se asume que todos estos instrumentos miden con exactitud milimétrica, es necesario confirmar si generan resultados equivalentes cuando se aplican a las mismas radiografías, o si alguno tiende a subestimar o sobreestimar las dimensiones lineales. Esta información permite a clínicos e instituciones de enseñanza seleccionar instrumentos de forma informada y estandarizar criterios diagnósticos.

Por lo anterior, el objetivo de este estudio fue comparar las mediciones de la altura facial posterior (S-Go) y de la altura facial anterior (N-Me) obtenidas con la regla análoga TD Orthodontics y con el software NemoCeph® en radiografías laterales de cráneo de pacientes de ortodoncia. Se planteó como hipótesis alternativa (H_1) que existe una diferencia estadísticamente significativa entre las mediciones de ambos instrumentos, y como hipótesis nula (H_0) que no existe tal diferencia.

METODOLOGÍA

Se realizó un estudio cuantitativo, observacional, comparativo y transversal. Fue cuantitativo porque se analizaron mediciones numéricas; observacional, porque no se manipularon variables biológicas de los pacientes; comparativo, porque se contrastaron dos instrumentos de medición; y transversal, porque cada radiografía se evaluó en un solo momento. El diseño fue intrasujeto e intraimagen, de modo que cada radiografía funcionó como su propio control.

Población y muestra

La población estuvo conformada por radiografías laterales de cráneo digitalizadas de pacientes adultos atendidos en las Clínicas de Especialidades Odontológicas de la UJAT entre diciembre de 2025 y mayo de 2026. Mediante muestreo no probabilístico por conveniencia se seleccionaron, del archivo clínico digital, las primeras 60 radiografías que cumplieron los criterios de selección. Se incluyeron

radiografías digitales de buena calidad de pacientes de ambos sexos, de 20 a 40 años, sin alteraciones óseas que impidieran la medición. Se excluyeron pacientes en crecimiento activo o mayores de 40 años, con antecedente de trauma facial, anomalías congénitas o condiciones sistémicas que alteraran la morfología ósea, así como radiografías con mala definición, distorsión o ausencia de las estructuras anatómicas requeridas. Las variables del estudio se describen en la Tabla 1.

Tabla 1 Operacionalización de las variables

Variable	Definición operacional	Indicador	Tipo	Escala
Edad	Edad cronológica registrada en años completos	20–40 años	Cuantitativa continua	Razón
Sexo	Sexo reportado en la ficha clínica	Hombre / Mujer	Cualitativa	Nominal
Altura facial posterior (S-Go)	Distancia lineal entre Silla y Gonion	mm	Cuantitativa continua	Razón
Altura facial anterior (N-Me)	Distancia lineal entre Nasion y Menton	mm	Cuantitativa continua	Razón

Fuente: elaboración propia.

Procedimiento

Todas las mediciones fueron realizadas por un mismo operador. Para la medición digital, cada radiografía se importó al software NemoCeph® (Nemotec), se calibró a escala 1:1 con las herramientas del programa y se localizaron los puntos S, Go, N y Me para obtener las distancias S-Go y N-Me en milímetros. Para la medición análoga, la radiografía se colocó sobre un negatoscopio, se marcaron únicamente los puntos de referencia requeridos con un lápiz portaminas de 0.5 mm y se midieron las mismas distancias con la regla TD Orthodontics. Los valores obtenidos con cada instrumento se registraron en una hoja de recolección de datos diseñada para el estudio, identificando cada caso con un folio.

Análisis estadístico

Los datos se capturaron y analizaron en el programa SPSS (IBM Corp., Armonk, NY, EE. UU.). Se calcularon estadísticos descriptivos (media, desviación estándar, mínimo y máximo) por instrumento. La normalidad de las diferencias entre métodos se verificó con la prueba de Shapiro-Wilk, y la comparación de medias se realizó con la prueba t de Student para muestras relacionadas,

complementada con la prueba de rangos con signo de Wilcoxon cuando no se cumplió el supuesto de normalidad; el tamaño del efecto se expresó como d de Cohen para muestras relacionadas. La concordancia entre instrumentos se evaluó con el coeficiente de correlación intraclase (CCI) en un modelo de efectos mixtos de dos factores, acuerdo absoluto y medidas individuales, interpretado según Koo y Li (2016) (0.75 a 0.90, buena; > 0.90, excelente), y con el método de Bland-Altman, calculando el sesgo medio y los límites de acuerdo al 95 % (Bland & Altman, 1986). De manera complementaria, para cada variable, cada par de mediciones se clasificó como concordante cuando la diferencia absoluta entre instrumentos fue ≤ 1 mm, y como discordante cuando fue mayor; la asociación de esta variable con el sexo se analizó con la prueba de chi cuadrada y el coeficiente phi como medida del tamaño del efecto. Se consideró un nivel de significancia de $p < 0.05$.

Consideraciones éticas

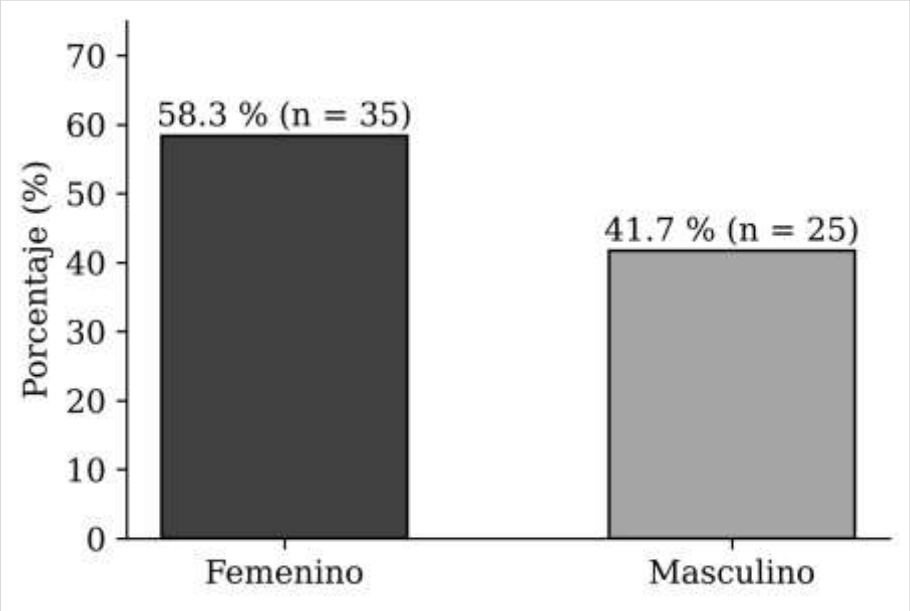
El estudio se apegó a la Declaración de Helsinki (World Medical Association, 2025) y, al tratarse de un análisis documental retrospectivo, corresponde a una investigación sin riesgo conforme al Reglamento de la Ley General de Salud en Materia de Investigación para la Salud (Secretaría de Salud, 2014). Solo se utilizaron radiografías tomadas previamente como parte del expediente clínico, por lo que ningún paciente fue expuesto a radiación adicional. Los datos se manejaron de forma confidencial y anónima mediante códigos, y se contó con la autorización de la Coordinación de la Especialidad en Ortodoncia de la UJAT. Los autores declaran no tener conflicto de interés.

RESULTADOS

La muestra estuvo integrada por 60 radiografías laterales de cráneo, 35 (58.3 %) de pacientes de sexo femenino y 25 (41.7 %) de sexo masculino (Figura 1). La edad media fue de 27.0 años (DE = 5.3; intervalo de 20 a 40 años).

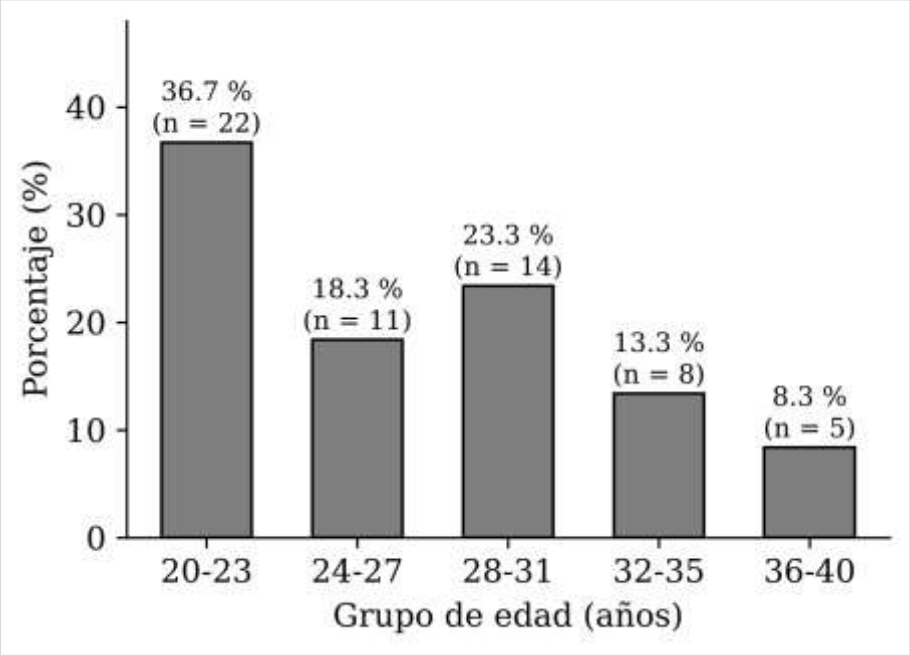
El grupo más numeroso fue el de 20 a 23 años (36.7 %, n = 22), seguido por los de 28 a 31 años (23.3 %, n = 14), 24 a 27 años (18.3 %, n = 11), 32 a 35 años (13.3 %, n = 8) y 36 a 40 años (8.3 %, n = 5); en conjunto, el 78.3 % de la muestra tenía entre 20 y 31 años (Figura 2).

Figura 1 Distribución de la muestra por sexo



Fuente: elaboración propia.

Figura 2 Distribución de la muestra por grupo de edad



Fuente: elaboración propia.

Con la regla TD Orthodontics, la altura facial posterior (S-Go) presentó una media de 70.1 mm (DE = 5.7; intervalo de 59 a 86 mm) y la altura facial anterior (N-Me) una media de 112.7 mm (DE = 5.7; intervalo de 101 a 126 mm). Con NemoCeph®, las medias fueron de 70.7 mm (DE = 6.1; 57 a 85 mm) para S-Go y de 113.4 mm (DE = 6.1; 98 a 128 mm) para N-Me (Tabla 2). En ambas variables, el software registró valores medios ligeramente mayores que la regla análoga.

Tabla 2 Estadísticos descriptivos de las mediciones por instrumento (n = 60)

Variable	Instrumento	Media (mm)	DE (mm)	Mínimo (mm)	Máximo (mm)
S-Go	TD Orthodontics	70.1	5.7	59	86
S-Go	NemoCeph®	70.7	6.1	57	85
N-Me	TD Orthodontics	112.7	5.7	101	126
N-Me	NemoCeph®	113.4	6.1	98	128

Nota: DE = desviación estándar. Fuente: elaboración propia.

La prueba de Shapiro-Wilk mostró que las diferencias entre métodos se ajustaron a una distribución normal en N-Me (W = 0.961; p = 0.052), pero no en S-Go (W = 0.951; p = 0.018), por lo que en esta variable la prueba t se complementó con la prueba de Wilcoxon (Tabla 3).

Tabla 3 Prueba de normalidad de las diferencias entre métodos (Shapiro-Wilk)

Diferencia	Estadístico W	gl	Valor p
S-Go (TD − NemoCeph®)	0.951	60	0.018
N-Me (TD − NemoCeph®)	0.961	60	0.052

Nota: gl = grados de libertad. Un valor p > 0.05 indica que no se rechaza la normalidad; en S-Go se aplicó además la prueba de Wilcoxon. Fuente: elaboración propia.

La prueba t de Student para muestras relacionadas mostró diferencias estadísticamente significativas entre instrumentos en ambas variables. Para S-Go, la diferencia media fue de −0.62 mm (DE = 1.98; IC 95 %: −1.13 a −0.11; t = −2.42; gl = 59; p = 0.019), resultado confirmado por la prueba de Wilcoxon (Z = −2.50; p = 0.012); para N-Me, la diferencia fue de −0.67 mm (DE = 2.19; IC 95 %: −1.23 a −0.10; t = −2.36; gl = 59; p = 0.022).

Es decir, NemoCeph® registró en promedio valores ligeramente mayores que la regla análoga, con un tamaño del efecto pequeño (d = 0.31 y 0.30, respectivamente) (Tabla 4). Con base en estos resultados se rechazó la hipótesis nula y se aceptó la hipótesis alternativa.

Tabla 4 Comparación de medias entre instrumentos (t de Student para muestras relacionadas)

Variable	Diferencia media TD − NemoCeph® (mm)	DE de la diferencia (mm)	IC 95 % (mm)	t	gl	Valor p
S-Go	−0.62	1.98	−1.13 a −0.11	−2.42	59	0.019*
N-Me	−0.67	2.19	−1.23 a −0.10	−2.36	59	0.022*

Nota: DE = desviación estándar; IC = intervalo de confianza; gl = grados de libertad. *Significativo con p < 0.05. Para S-Go, prueba de Wilcoxon: Z = −2.50; p = 0.012. Fuente: elaboración propia.

La concordancia global entre instrumentos fue alta: el CCI fue de 0.940 (IC 95 %: 0.897 a 0.965) para S-Go y de 0.926 (IC 95 %: 0.875 a 0.956) para N-Me (Tabla 5). Como el límite inferior de los intervalos de confianza se ubicó ligeramente por debajo de 0.90, la concordancia se calificó como buena a excelente.

Tabla 5 Concordancia entre instrumentos (coeficiente de correlación intraclase)

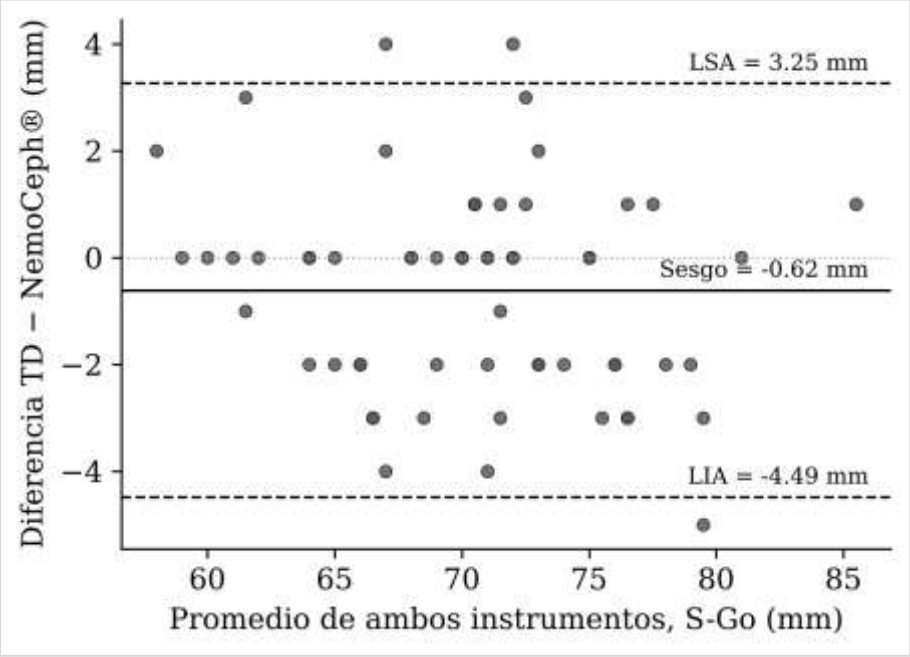
Variable	CCI	IC 95 %	Interpretación
Altura facial posterior (S-Go)	0.940	0.897 – 0.965	Buena a excelente
Altura facial anterior (N-Me)	0.926	0.875 – 0.956	Buena a excelente

Nota: CCI = coeficiente de correlación intraclase; IC = intervalo de confianza. Modelo de efectos mixtos de dos factores, acuerdo absoluto, medidas individuales; interpretación según Koo y Li (2016). Fuente: elaboración propia.

El análisis de Bland-Altman mostró para S-Go un sesgo medio de −0.62 mm, con límites de acuerdo al 95 % de −4.49 a 3.25 mm (Figura 3), y para N-Me un sesgo de −0.67 mm, con límites de −4.96 a 3.63 mm (Figura 4). La mayoría de los puntos se ubicó dentro de los límites (57 de 60 en S-Go y 56 de 60 en N-Me) y no se observó sesgo proporcional (S-Go: pendiente = −0.07, p = 0.138; N-Me: pendiente = −0.06, p = 0.232).

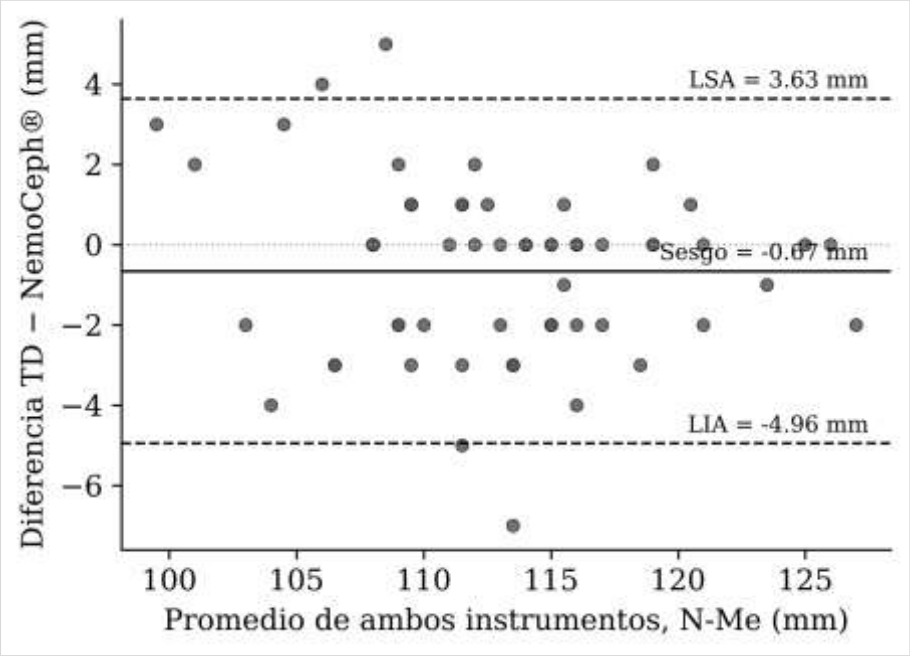
Sin embargo, la amplitud de los límites, cercana a ±4 mm, indica que en casos individuales ambos instrumentos pueden diferir varios milímetros.

Figura 3 Gráfico de Bland-Altman para la altura facial posterior (S-Go)



Nota: la línea continua representa el sesgo medio y las líneas discontinuas, los límites de acuerdo al 95 % (LIA y LSA). Fuente: elaboración propia.

Figura 4 Gráfico de Bland-Altman para la altura facial anterior (N-Me)



Nota: la línea continua representa el sesgo medio y las líneas discontinuas, los límites de acuerdo al 95 % (LIA y LSA). Fuente: elaboración propia.

Con el umbral de 1 mm, el 48.3 % (n = 29) de los pares de S-Go y el 46.7 % (n = 28) de los de N-Me resultaron concordantes; con un umbral de 2 mm, estas proporciones ascendieron a 75.0 % y 73.3 %, respectivamente. La concordancia no se asoció con el sexo en S-Go ($\chi^2 = 1.01$; gl = 1; p = 0.315; $\varphi = 0.13$) ni en N-Me ($\chi^2 = 0.49$; gl = 1; p = 0.484; $\varphi = 0.09$) (Tabla 6).

Tabla 6 Asociación entre el sexo y la concordancia de las mediciones

Medición	Sexo	Concordante (n)	Discordante (n)	χ^2	gl	Valor p	φ
S-Go	Femenino	15	20	1.01	1	0.315	0.13
	Masculino	14	11				
N-Me	Femenino	15	20	0.49	1	0.484	0.09
	Masculino	13	12				

Nota: se consideró concordante una diferencia absoluta ≤ 1 mm entre instrumentos. χ^2 = chi cuadrada; gl = grados de libertad; φ = coeficiente phi. Fuente: elaboración propia.

DISCUSIÓN

Los resultados muestran que la regla análoga TD Orthodontics y el software NemoCeph® difieren de manera estadísticamente significativa en la medición de S-Go y N-Me, con una magnitud promedio de 0.6 a 0.7 mm, pero con una concordancia global buena a excelente (CCI de 0.940 y 0.926). La coexistencia de diferencias significativas y alta concordancia coincide con lo reportado por Chuchra et

al. (2024), quienes hallaron diferencias en SNA y ANB entre el trazado manual y tres programas digitales con una fiabilidad interna aceptable, y con el estudio brasileño que, en 250 radiografías, encontró diferencias en casi todos los parámetros entre los métodos manual, asistido por computadora y basado en inteligencia artificial, con CCI de 0.915 a 0.979 (Arslan, Sirin, Oktay, & Kilinc, 2025).

Esta aparente contradicción se explica por la naturaleza de las pruebas: la t de Student para muestras relacionadas evalúa si la diferencia media entre pares es distinta de cero, mientras que el CCI cuantifica el grado de acuerdo entre mediciones. Con 60 pares de observaciones, el estudio tuvo poder suficiente para detectar un sesgo sistemático de 0.6 a 0.7 mm, con un tamaño del efecto pequeño ($d \approx 0.3$), que en promedio es menor que el margen de 1 a 2 mm aceptado para mediciones lineales (Narkhede et al., 2017). Singh et al. (2025) describieron un fenómeno similar, con diferencias significativas en casi todos los parámetros lineales entre métodos, mientras que la altura facial anterior inferior no difirió.

Los CCI obtenidos son consistentes con los de Rojas Cárdenas (2018), superiores a 0.9 entre el trazado manual y NemoCeph®, y con los de Zavaleta Flores et al. (2024), superiores a 0.94 con NemoStudio 2020. Kastury et al. (2024) también concluyeron que los programas digitales y las aplicaciones móviles pueden sustituir al trazado manual, aunque observaron diferencias en algunas medidas lineales, lo que respalda la equivalencia promedio entre métodos.

Sin embargo, el análisis de Bland-Altman del presente estudio aporta un matiz importante: los límites de acuerdo, de aproximadamente ±4 mm, superan ese margen, y solo cerca de la mitad de los pares coincidió dentro de 1 mm. Una concordancia alta a nivel de grupo, por tanto, no garantiza que ambos instrumentos proporcionen el mismo valor en cada paciente; en casos limítrofes, alternarlos podría modificar la estimación de las alturas faciales y la clasificación del biotipo facial.

La tendencia de NemoCeph® a registrar valores ligeramente mayores puede relacionarse con el proceso de calibración digital a escala 1:1, con la posibilidad de ampliar la imagen al localizar los puntos y con el grosor del trazo en el método análogo. Además, la principal fuente de error en cefalometría es la identificación de los puntos de referencia y no el instrumento de medición (Houston, 1983; Calle-Velezmoro et al., 2021). En este estudio, el punto Gonion, que es construido, podría explicar parte de la variabilidad en S-Go, en línea con Kumar y Pandian (2024), quienes atribuyeron las diferencias entre programas a dificultades en la identificación de ciertos puntos, y con los hallazgos de discrepancias en

la ubicación de Gonion entre el trazado con NemoCeph® y el software basado en inteligencia artificial ("Accuracy of cephalometric landmark identification", 2026). Estas observaciones subrayan la importancia de mantener protocolos de calibración consistentes y de no depender exclusivamente de análisis automatizados (Paul et al., 2023; Bor et al., 2024).

Entre las limitaciones del estudio se encuentran el muestreo por conveniencia en una sola institución, la participación de un único operador sin evaluación formal del error intraobservador, el análisis de solo dos variables lineales y la ausencia de mediciones repetidas que permitan separar el error del operador del error del instrumento. Futuros estudios deberían incluir varios operadores con distinto nivel de experiencia, variables angulares (SNA, SNB, ANB, ángulo interincisal), la medición del tiempo requerido por cada método y su integración con flujos de trabajo digitales como la tomografía computarizada de haz cónico.

CONCLUSIONES

Existe una diferencia estadísticamente significativa entre las mediciones de la altura facial posterior (S-Go) y de la altura facial anterior (N-Me) obtenidas con la regla análoga TD Orthodontics y con el software NemoCeph®, con valores en promedio 0.6 y 0.7 mm mayores en el software. La concordancia global entre ambos instrumentos es buena a excelente (CCI de 0.940 y 0.926) y el sesgo medio es inferior a 1 mm; sin embargo, los límites de acuerdo de aproximadamente ±4 mm indican que, en casos individuales, las mediciones pueden diferir varios milímetros. La concordancia no se asoció con el sexo del paciente.

En consecuencia, ambos instrumentos son equivalentes en promedio y su elección puede basarse en la disponibilidad de recursos, la preferencia del operador y la eficiencia del flujo de trabajo, siempre que se utilice el mismo instrumento durante el diagnóstico y el seguimiento de cada paciente, sin alternarlos. Independientemente del método, la correcta identificación de los puntos anatómicos y la calibración rigurosa de las imágenes siguen siendo los factores determinantes de la fiabilidad del análisis. Se recomienda a las instituciones formadoras integrar la cefalometría digital en la enseñanza, sin abandonar el método manual como base para comprender la anatomía craneofacial, y establecer protocolos institucionales estandarizados para la identificación de puntos, la calibración y el registro de las mediciones.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.

Accuracy of cephalometric landmark identification on artificial intelligence-based software: A comparative study. (2026). *Dental Press Journal of Orthodontics, 31*(2), e2625144. https://doi.org/10.1590/2177-6709.31.2.e2625144.oar

Arslan, E., Sirin, T., Oktay, H., & Kilinc, D. D. (2025). Evaluation of reliability and reproducibility of artificial intelligence-based, computer-based and traditional manual tracing methods. *Dental Press Journal of Orthodontics, 30*(3), e2524157. https://doi.org/10.1590/2177-6709.30.3.e2524157.oar

Alshahrani, I., Alqahtani, N. D., & Togoo, R. A. (2024). Cephalometric evaluation of facial height ratios in different skeletal patterns. *Journal of Orthodontic Science, 13*, 12. https://doi.org/10.4103/jos.jos_45_23

Bland, J. M., & Altman, D. G. (1986). Statistical methods for assessing agreement between two methods of clinical measurement. *The Lancet, 327*(8476), 307-310. https://doi.org/10.1016/S0140-6736(86)90837-8

Bor, S., Çınarsoy Ciğerim, S., & Kotan, S. (2024). Comparison of AI-assisted cephalometric analysis and orthodontist-performed digital tracing analysis. *Progress in Orthodontics, 25*, 41. https://doi.org/10.1186/s40510-024-00539-x

Broadbent, B. H. (1931). A new x-ray technique and its application to orthodontia. *The Angle Orthodontist, 1*(2), 45-66.

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. https://doi.org/10.1055/s-0040-1721340

Chuchra, A., Gupta, K., Arora, R., et al. (2024). Digital cephalometric analysis: Unveiling the role and reliability of semi-automated OneCeph, artificial intelligence-powered WebCeph mobile app, and semi-automated computer-aided NemoCeph software in orthodontic practice. *Cureus, 16*(11), e72948. https://doi.org/10.7759/cureus.72948

Çoban, G., Öztürk, T., Hashimli, N., & Yağci, A. (2022). Comparison between cephalometric measurements using digital manual and web-based artificial intelligence cephalometric tracing software. *Dental Press Journal of Orthodontics, 27*(4), e222112. https://doi.org/10.1590/2177-6709.27.4.e222112.oar

Hlongwa, P. (2019). Cephalometric analysis: A review of the literature. *Journal of Dentistry and Oral Health, 5*(3), 1-8.

Houston, W. J. B. (1983). The analysis of errors in orthodontic measurements. *American Journal of Orthodontics, 83*(5), 382-390.

Kastury, S., Kancherla, P., Reddy, S. K., & Chalasani, S. (2024). A comparison of smartphone-assisted and computer software assisted tracing with the conventional manual method. *Journal of Indian Orthodontic Society, 58*(2), 165-171. https://doi.org/10.1177/03015742231214376

Kim, S. J., Park, J. H., & Lee, K. J. (2023). Reliability of cephalometric landmarks in digital and manual tracings. *Korean Journal of Orthodontics, 53*(2), 101-110. https://doi.org/10.4041/kjod.2023.53.2.101

Koo, T. K., & Li, M. Y. (2016). A guideline of selecting and reporting intraclass correlation coefficients for reliability research. *Journal of Chiropractic Medicine, 15*(2), 155-163. https://doi.org/10.1016/j.jcm.2016.02.012

Kumar, A., & Pandian, S. M. (2024). Evaluation of accuracy and reliability of artificial intelligence-based fully automated and semi-automated cephalometric analysis software in comparison with manual cephalometric analysis. *South Eastern European Journal of Public Health*, 137-144. https://doi.org/10.70135/seejph.vi.1654

Narkhede, S., Jain, S., & Patel, A. (2017). Digital cephalometry: A review. *Journal of Orthodontic Research, 5*(2), 45-50.

Nielsen, I. L. (2022). Cephalometric analysis: History, principles, and clinical applications. *Orthodontics & Craniofacial Research, 25*(1), 1-15.

Paixão, M. B., Sobral, M. C., Vogel, C. J., & Araújo, T. M. (2010). Estudo comparativo entre traçados cefalométricos manual e digital, através do programa Dolphin Imaging em telerradiografias laterais. *Dental Press Journal of Orthodontics, 15*(6), 123-130.

Paul, L., Tania, S. D. M., Rathore, S., Missier, S., & Shaga, B. (2023). Comparison of automated tracing (Webceph Android app) with gold standard manual tracing and semi-automatic tracing (NemoCeph). *International Journal of Orthodontic Rehabilitation, 14*(4), 39-51.

Pellicer Castillo, M., García Martínez, E., & Sánchez Sánchez, J. (2012). Validez de los métodos digitales en cefalometría: Revisión sistemática. *Revista Española de Ortodoncia, 42*(2), 65-73.

Proffit, W. R., Fields, H. W., & Larson, B. (2019). *Contemporary orthodontics* (6.ª ed.). Filadelfia, PA: Elsevier.

Puspitasari, D., Rahayu, D., & Wijaya, A. (2023). Comparison of manual and digital cephalometric analysis: A systematic review. *Journal of Dental and Medical Sciences, 22*(1), 1-8.

Rojas Cárdenas, J. L. (2018). *Comparación del método manual versus digital mediante el software NemoCeph en el análisis cefalométrico* (Tesis de especialidad). Universidad Nacional Mayor de San Marcos, Lima, Perú.

Secretaría de Salud. (2014). Reglamento de la Ley General de Salud en Materia de Investigación para la Salud. Diario Oficial de la Federación. Recuperado de https://www.diputados.gob.mx/LeyesBiblio/regley/Reg_LGS_MIS.pdf

Singh, S., Singh, P., Singh, C., Agarwal, R., & Sharma, P. (2025). A comparative study of three different methods for cephalometric analysis. *Bharati Vidyapeeth Journal of Dentistry and Allied Sciences, 2*(1), 23-27. https://doi.org/10.4103/BVJD.BVJD_22_25

Stancioiu, A., Popa, G., & Marinescu, A. (2022). The importance of anterior facial height in orthodontic diagnosis. *Romanian Journal of Orthodontics, 5*(1), 12-19.

Tikku, T., Khanna, R., Maurya, R. P., Srivastava, K., & Bhushan, R. (2014). Comparative evaluation of cephalometric measurements of monitor-displayed images by Nemoceph software and its hard copy by manual tracing. *Journal of Oral Biology and Craniofacial Research, 4*(1), 35-41.

Wang, J., Zhang, Y., & Li, X. (2021). Accuracy of digital cephalometric analysis: A systematic review. *Journal of Oral and Maxillofacial Surgery, 79*(5), 1015-1024.

World Medical Association. (2025). World Medical Association Declaration of Helsinki: Ethical principles for medical research involving human participants. *JAMA, 333*(1), 71-74. https://doi.org/10.1001/jama.2024.21972

Yassaei, S., Tabatabaei, Z., & Ghafari, R. (2010). Evaluation of posterior facial height in different skeletal patterns. *Journal of Dental Research, 3*(3), 45-51.

Zavaleta Flores, C. S., Barradas Viveros, J. R., Martínez Flores, A., & Muñoz Muñoz, V. H. (2024). Correlación entre el método de trazado cefalométrico manual y el programa de trazado cefalométrico NemoStudio 2020. *LATAM Revista Latinoamericana de Ciencias Sociales y Humanidades, 5*(1), 3183-3202. https://doi.org/10.56712/latam.v5i1.1825