



UNIVERSIDAD NACIONAL  
**FEDERICO VILLAREAL**

Vicerrectorado de  
**INVESTIGACIÓN**

COMPARACIÓN ENTRE TRAZADOS CEFALOMÉTRICOS  
MANUALES Y DIGITALES USANDO EL PROGRAMA RADIOCEF  
STUDIO 2 EN UN CENTRO RADIOLÓGICO, LIMA – 2017.

Tesis para optar el Título de Cirujano Dentista

**AUTOR**

Vento Vigil, Gustavo Daniel

**ASESOR**

Mg. Cayo Rojas, César Félix

**JURADO**

Mg. Castro Hurtado, María Ines  
Mg. Manrique Guzmán, Jorge Adalberto  
Dr. Munayco Magallanes, Américo Alejandro  
Mg. Liebano Segura, Renan Lázaro  
Mg. Gomez Cortez, Pedro Luis

Lima – Perú  
2018

**COMPARACIÓN ENTRE TRAZADOS CEFALOMÉTRICOS MANUALES Y  
DIGITALES USANDO EL PROGRAMA RADIOCEF STUDIO 2 EN UN  
CENTRO RADIOLÓGICO, LIMA – 2017**

**ASESOR**

**Mg. C.D. CÉSAR FÉLIX CAYO ROJAS**

## **MIEMBROS DEL JURADO**

Mg. CASTRO HURTADO, MARIA INES (PRESIDENTE)

Mg. MANRIQUE GUZMÁN, JORGE ADALBERTO (SECRETARIO)

Dr. MUNAYCO MAGALLANES, AMÉRICO ALEJANDRO (VOCAL)

Mg. LIEBANO SEGURA, RENAN LÁZARO (MIEMBRO DEL JURADO)

Mg. GOMEZ CORTEZ, PEDRO LUIS (SUPLENTE)

## **AGRADECIMIENTOS**

A mi asesor principal Mg. C.D. César Félix Cayo Rojas por la confianza y asesoría en el campo metodológico y estadístico del presente trabajo de investigación.

A la Mg. Esp. Katty Acevedo Luna como asesora de consulta, por mi formación y brindarme su sapiencia en el área de Ortodoncia, además por su apoyo en la calibración y preparación para la recolección de datos.

Al Esp. C.D. Rubén Orlando Carreteros Mendoza por facilitarme el material y el ambiente para el desarrollo de mi trabajo de investigación.

## **DEDICATORIA**

*A Dios, por haberme permitido llegar hasta este punto y haberme dado salud y fuerza, para lograr mis objetivos, además de mucha paciencia y persistencia.*

*A mis amados padres, Carmen Trinidad y Jorge Gustavo, por ser los pilares fundamentales de mi vida, por todo su amor y apoyo constante en mi formación personal y en mi vida, pues sin ellos nada de esto hubiera sido posible.*

*A mis hermanos Fátima del Carmen y Jorge Diego, por brindarme siempre su compañía a lo largo de mi carrera y por ser parte de mi lucha constante por conseguir mis ideales.*

## ÍNDICE

	Nº Pág
I. INTRODUCCIÓN	1
II. MARCO TEÓRICO	
2.1 Bases Teóricas	3
2.2 Antecedentes	24
2.3 Justificación de la Investigación	30
2.4 Hipótesis	31
III. OBJETIVOS	
3.1 Objetivo General	32
3.2 Objetivos Específicos	32
IV. MATERIALES Y MÉTODO	
4.1 Tipo de estudio	34
4.2 Población /Muestra/Criterios de selección	34
4.3 Variables/Definición/Operacionalización	35
4.4 Método /Técnica / Procedimientos	36
4.5 Consideraciones Éticas	46
4.6 Plan de Análisis	46
V. RESULTADOS	47
VI. DISCUSIÓN	62
VII. CONCLUSIONES	66
VIII. RECOMENDACIONES	68
IX. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	69
X. ANEXOS	73
5.1 Anexo 1.- Ficha de datos	74
5.2 Anexo 2.- Ficha de recolección de datos	75
5.3 Anexo 3.- Carta de presentación	76
5.4 Anexo 4.- Prueba de normalidad	77
5.5 Anexo 5.- Calibración inter e intraexaminador	79
5.6 Anexo 6.- Matriz de consistencia	90

## RESUMEN

Objetivo: El propósito del presente estudio fue comparar la reproducibilidad y precisión de las medidas angulares y lineales entre los trazados cefalométricos manuales sin plantilla cefalométrica de Ricketts, con plantilla cefalométrica de Ricketts y los trazados cefalométricos digitales usando el programa Radiocef Studio

2. Materiales y métodos: el estudio fue de tipo correlacional, transversal, prospectivo y comparativo, para ello se analizó 30 radiografías cefalométricas laterales. Los datos fueron recolectados y analizados a través de los 3 métodos propuestos en el estudio. El análisis de variables incluyó pruebas t de student, de anova, prueba de calibración intra e interexaminador y prueba de suma de rangos de Wilcoxon. Resultados: La presente investigación encontró que no hubo diferencia significativa en la mayoría de las mediciones evaluadas al realizar comparaciones múltiples de las medidas lineales y angulares entre las 3 técnicas de trazado cefalométrico, solo se halló diferencias estadísticamente significativas para 4 medidas angulares: profundidad facial ( $p=0.000$ ), profundidad maxilar ( $p=0.000$ ), ángulo del plano mandibular ( $p=0.007$ ), arco mandibular ( $p=0.039$ ) y 1 medida lineal: posición del incisivo inferior ( $p=0.001$ ).

Conclusiones: Los resultados mostraron que desde el punto de vista clínico al realizar trazados cefalométricos se puede utilizar cualquiera de las técnicas analizadas en el presente estudio, ya que las diferencias estadísticamente halladas están en el rango de las décimas de punto.

Palabras clave: Reproducibilidad, Trazados cefalométricos, Radiografía cefalométrica lateral.

## **ABSTRACT**

**Objective:** The purpose of the present study was to compare the reproducibility and precision of the angular and linear measurements between the manual cephalometric tracings without Ricketts cephalometric template, with Ricketts cephalometric template and the digital cephalometric tracings using the Radiocef Studio 2 program.

**Materials and methods:** the study was correlational, transversal, prospective and comparative type, for which 30 lateral cephalometric radiographs were analyzed. The data were collected and analyzed through the 3 methods proposed in the study.

**Variable analysis** included student t test, anova test, intra and interexaminer calibration test and Wilcoxon rank sum test. **Results:** The present investigation found that there was no significant difference in the majority of the measurements evaluated when making multiple comparisons of the linear and angular measurements between the 3 cephalometric tracing techniques, only statistically significant differences were found for 4 angular measurements: facial depth ( $p = 0.000$ ), maxillary depth ( $p = 0.000$ ), mandibular plane angle ( $p = 0.007$ ), mandibular arch ( $p = 0.039$ ) and 1 linear measurement: position of the lower incisor ( $p = 0.001$ ). **Conclusions:** The results showed that from the clinical point of view when performing cephalometric tracings, any of the techniques analyzed in the present study can be used, since the statistically found differences are in the range of tenths of a point.

**Key words:** Reproducibility, Cephalometric tracings, Lateral cephalometric radiography.

## **I. Introducción**

En la actualidad existen diferentes análisis cefalométricos (Ricketts, Steiner, etc) de igual manera también existen muchos programas (Nemoceph, Dolphin, etc), los cuales son muy utilizados en la especialidad de ortodoncia a la hora de realizar un diagnóstico (Bonilla, Barrera, Arroyave y Díaz, 2014, p. 1-8). Sin embargo, actualmente, existen muy pocos estudios acerca de la diferencia y efectividad entre el trazado cefalométrico manual convencional y los programas digitales que son las nuevas herramientas utilizadas en los diferentes campos de la odontología. Estos softwares, que nos brindan imágenes digitales, han demostrado tener muchos beneficios frente a una imagen convencional (mejor contraste, tamaño, nitidez, etc.), los cuales son fundamentales a la hora de realizar el trazado cefalométrico de manera adecuada (Calle, 2016, p. 4)

El análisis cefalométrico convencional, hasta hace pocos años atrás, ha sido realizado sobre placas radiográficas. Esta técnica tradicional se ha mantenido por mucho tiempo, pero constantemente se ha avanzado y profundizado el análisis cefalométrico en cuanto a los estudios de los diferentes puntos y medidas craneales para un mayor entendimiento del desarrollo óseo (Baumrind y Frantz, 1971; Broch, Slagvold y Rosler, 1981 y Cooke y Wei, 1991).

Sin embargo, con el avance de la tecnología y las investigaciones, se ha vuelto cotidiano el uso de programas digitales al momento de realizar un análisis

cefalométrico, simplificando la labor del cirujano dentista, a la vez con el beneficio de poder realizar las primeras bases de datos de los pacientes (Pellicer, 2014, p. 21).

Los avances en tecnología ahora nos permiten ejecutar diagnósticos cefalométricos en menos tiempo y con mayor facilidad y precisión, debido a las ventajas que nos brinda la informática como una mayor nitidez, que nos permite ubicar los puntos anatómicos de manera más precisa; pero, una desventaja es que, aún hay ortodoncistas que desconocen las ventajas que nos brindan estos softwares, por lo que no se adaptan al cambio (Toledo, Lima y Bravo, 2014, p. 3).

Sin embargo, el programa Radiocef Studio 2 sigue siendo uno de los softwares más utilizados en el Perú y cuenta con pocos estudios existentes, de igual manera acerca del uso de la plantilla cefalométrica de Ricketts en el trazado cefalométrico manual convencional.

Formulación del problema: ¿existe o no diferencias en la reproducibilidad y precisión de las medidas angulares y lineales al comparar los trazados cefalométricos manuales con plantillas cefalométricas de Ricketts, sin plantilla cefalométrica de Ricketts y digitales usando el programa Radiocef Studio 2?

## II. Marco teórico

### 2.1. Bases teóricas

“La ortodoncia es una especialidad cuyos resultados se observan en el tiempo” (Pellicer, 2014, p. 21). Por este motivo, es fundamental el estudio de las estructuras óseas que se verán involucradas en el tratamiento de ortodoncia, tanto para entender su desarrollo y sus proporciones; esto nos permitirá tener un diagnóstico confiable, que es la base fundamental en la planificación del tratamiento y pronóstico. (Balbach, 1969, p. 29-41). Nos permite tener una estrategia en base a objetivos visuales, así como estudiar las discrepancias dentales y óseas (Mills, 1970 y Vig y Ellis, 1990).

La descripción y predicción, son los objetivos generales del análisis cefalométrico (Baumrind y Frantz, 1971, p. 111-27).

**2.1.1. Cefalometría radiográfica.** “La aparición de la cefalometría radiológica en 1934, de la mano de Hofrath en Alemania y Broadbent en EE.UU., permitió la posibilidad de utilizar una nueva técnica clínica y experimental para estudiar la maloclusión y las desproporciones esqueléticas subyacentes” (Proffit, Fields y Sarver, 2014, p. 184).

**2.1.1.1. Historia de la cefalometría.** La historia de la cefalometría se remonta a los inicios de Da Vinci y Durero, quienes unían estructuras anatómicas homólogas mediante series de bosquejos, estos inicios de la cefalometría se origina en el siglo XVI (Moyers, 1992).

Lo que hoy conocemos como “cefalometría”, tuvo un primer artículo realizado en 1922 por Pacini. Milo Hellman aportó a la

ortodoncia, en 1930, técnicas antropométricas que sirvieron de cimiento para el origen de la craneometría, conocimientos que hoy son fundamento de la cefalometría actual (Tafur, 2002, p.3).

Una nueva técnica de rayos X fue introducida por Broadbent en 1931, esto provocó que la cefalometría radiográfica en la ortodoncia, tenga un mayor uso ordenado y sistemático. Gracias a esta técnica se pudo obtener radiografías repetibles del cráneo. Mientras en Alemania, Hofrath, había presentado el mismo año, una nueva técnica radiográfica mediante tratamientos protésicos. Simon, de igual manera en esa época, presentó una técnica, el sistema gnatostático de Simon, para orientar modelos ortodónticos. Tanto las ideas de gnatostática y antropología se llegaron a fusionar y evolucionaron en una nueva tecnología: la cefalometría radiográfica. Estas ideas de la antropología y la gnatostática evolucionaron y se fusionaron en una tecnología nueva: la cefalometría radiográfica. La técnica radiográfica clásica fue descrita en el artículo de Broadbent. En ese periodo distintos investigadores experimentaron con cefalostatos; que incluso evolucionaron la tecnología de los cefalómetros modernos, como del instrumento de Higley. (Mayoral, 1990 y Tafur, 2002).

Entre 1980 y 1990 las radiografías cefalométricas laterales tradicionales se digitalizaron, pudiendo ser mostradas en un monitor y ser procesada por una computadora; esto debido a que en dicha época

se empezó a utilizar la tecnología informática para la ortodoncia, fundamentalmente para el análisis cefalométrico. Sin embargo el conocimiento del especialista sigue siendo aún muy importante, puesto que a pesar de contar con la tecnología informática, el ortodoncista debe realizar la identificación de los puntos cefalométricos y el trazado; lo demás es automáticamente realizado por el software. Conforme se ha ido avanzando en esta tecnología, se ha ido mejorando e implementando mejoras en todos los niveles del análisis cefalométrico, para de esta manera disminuir los errores durante el respectivo estudio (Chen, Chen, Chang y Chen, 2000, p. 387-392). Estas mejoras para la obtención de las imágenes (scanner y tabletas digitalizadoras) empezaron con la implementación de técnicas cada vez más sofisticadas, de esta manera la identificación automática de puntos cefalométricos ha avanzado debido al desarrollo de protocolos avanzados en la identificación por los softwares (Rudolph, Sinclair y Coggins, 1998, p. 173-179). Otro desarrollo destacable en la cefalometría fue la adquisición digital de placas de fósforo de almacenamiento foto-estimulado. De esta manera, se puede esperar que con las constantes mejoras en la tecnología cada vez más se alcance un uso cotidiano en el futuro en la práctica de la ortodoncia (Geelen, Wenzel, Gotfredsen, Kruger y Hansson, 1998, p. 331-340).

**2.1.2. Análisis cefalométrico manual.** Brodbent introdujo a la especialidad de ortodoncia el método básico del análisis cefalométrico, esto en el año de 1931. Esta técnica fue desarrollada para ser aplicada sobre las radiografías cefalométricas laterales y que nos permiten realizar mediciones del cráneo, está fundamentada y basada en la técnica craneométrica aplicada en antropología, aplicada en cráneos secos para obtener mediciones directas. En el análisis cefalométrico manual los trazados son realizados directamente sobre el calco de la radiografía, que es obtenida gracias a la ayuda de un negatoscopio y aprovechando las propiedades de transparencia de la hoja; de esta manera, mediante el uso de un lápiz y reglas se determinan los puntos craneométricos para el análisis cefalométrico (Thurow, 1977).

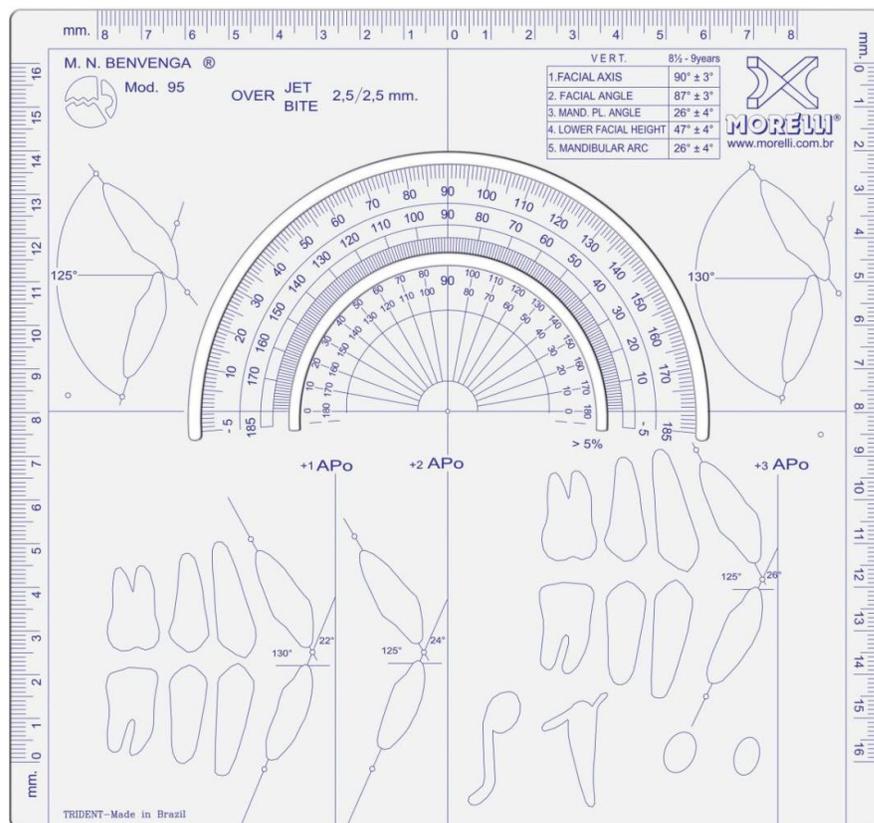
**2.1.2.1. Plantilla cefalométrica de Ricketts.** Es un herramienta que ayuda en el análisis cefalométrico y está basada en las investigaciones de las estructuras anatómicas de la cara y del cráneo, sirve a la hora de realizar un diagnóstico, planificación y pronóstico en ortodoncia; desarrollada para estandarizar la ubicación de los puntos cefalométricos y facilitar las mediciones respectivas (Template Cefalométrico Benvenga 1995 - Morelli, 2017).

- Aplicación: Indicado para realizar el trazado cefalométrico manual en ortodoncia.
- Beneficios: Permite una mejor ubicación de los puntos y estructuras cefalométricos, dando un mejor panorama de los problemas del

paciente al profesional, brindando la posibilidad de realizar un diagnóstico más cercano al ideal.

- Características: Presenta fácil manejo y maleabilidad para un mejor uso (Template Cefalométrico Benvenga 1995, 2017).

Ilustración 1: Plantilla Cefalométrica de Ricketts



Fuente: Tomado de <http://www.morelli.com.br/loja/template-cefalometrico-benvenga-1995--7501020.htm>

La técnica de medición manual sigue siendo de mucha utilidad actualmente, pero el consumo de tiempo sigue siendo el principal inconveniente (Thurrow, 1977).

**2.1.3. Análisis cefalométrico digital.** La tecnología e informática han permitido que la cefalometría tenga una impresionante evolución, pues aparte de permitirnos brindar una mejor presentación a los pacientes y organizar mejor la información, nos permite ahorrar tiempo comparado al método convencional.

Las funciones informáticas se organizan en 3 categorías principales en la cefalometría (Geelen *et al.*, 1998, p. 331-340):

- *Funciones estáticas.* Brindan la adquisición de información de los contornos de una imagen radiográfica o de varias de ellas. Entre estas están: la superposición y el análisis cefalométrico. Estas funciones se desarrollan como un modelo matemático representado por las estructuras cefalométricas mediante el uso de las coordenadas digitalizadas de los puntos cefalométricos. Mediante operaciones con vectores se obtienen los cálculos (distancias, ángulos, etc.). Los valores así obtenidos se pueden comparar con valores específicos de raza, sexo, edad, etc. en la misma base de datos.
- *Funciones dinámicas.* Basada en el manejo de los elementos de representación en la cefalometría, ya sea a voluntad o en base a fórmulas establecidas. Entre ellos están: la predicción del desarrollo craneofacial y los objetivos visuales para un procedimiento ortodóntico – quirúrgico.
- *Imagenología facial.* Es la función donde se pueden realizar un montaje fotocefalométrico, al permitir reunir los cefalogramas con las imágenes de

fotografías faciales con la finalidad de estudiar y determinar cambios ortognáticos, gracias a la medición de los tejidos blandos y duros simultáneamente (Graber y Vanarsdall, 1997).

**2.1.4. Tipos de análisis cefalométrico digital.** Actualmente hay 2 tipos de análisis cefalométrico computarizado: la digitalización en tableta (puede ser directa o indirecta) y la digitalización en pantalla.

**2.1.4.1. Digitalización en tableta.** Ésta se basa en la digitalización, sobre un negatoscopio acoplado, de la radiografía (digitalización directa) o del trazado en una computadora de una tableta digitalizadora acoplada (digitalización indirecta). La tableta de digitalización es un dispositivo externo de un ordenador derivado del plotter, formado por 2 partes: la tableta y el puntero. La tableta está formada por una plataforma unida con una grilla electrónica que al momento de activarla mediante el puntero permite señalar los puntos anatómicos en cierto orden establecido por el software que se utilice. El puntero tiene funciones similares a la de un mouse de ordenador y tiene un cursor en forma de cruz. La digitalización de cada radiografía es realizada sobre la tableta al señalar mediante el cursor sobre cada punto de las estructuras anatómicas y es activada mediante un "clic" en la secuencia predeterminada del software. La señal electrónica de los puntos cefalométricos señalados en la tableta es registrada en un sistema de

coordenadas (x, y) para luego ser almacenada y analizada en la computadora (Turner y Weerakone, 2001, p. 221-29).

**2.1.4.2. Digitalización en pantalla.** Es un tipo de digitalización indirecta de la imagen radiográfica realizada en un monitor de computadora. Para empezar, la imagen radiográfica tiene que ser previamente registrada (mediante un scanner, cámara digital o de manera directa en una placa de fósforo fotoestimulada) para ser descargada a la computadora y mediante el software elegido ser digitalizada y mostrada en la pantalla. La calidad de imagen digital tiene un papel fundamental en esta técnica, debido a esto es primordial controlar diversos factores como: el tipo de original, tipo de digitalizador, resolución de digitalización y del monitor, cantidad de colores, tamaño de imagen, uso de filtros, formato de almacenamiento, tamaño de la ventana de visualización, etc. La estandarización de dichos parámetros tiene un rol fundamental en el control de estos factores y actualmente es materia principal de las investigaciones en la cefalometría radiográfica digital (Geelen *et al.*, 1998 y Turner y Weerakone, 2001).

- Radiocef Studio 2. Es un software o programa desarrollado especialmente para el uso de la ortodoncia, que brinda una amplia gama de soluciones, a través de este software se realizan análisis cefalométricos, se formulan diagnósticos por imágenes, se

organizan el registro de información de sus pacientes y ayuda en la administración del consultorio a través de su programa que registra los flujos de caja.

El programa Radiocef Studio 2 está formado de los siguientes módulos:

- Cefalometría: Realiza análisis cefalométricos, faciales y frontales, carpales, estudio de modelos y predicciones del desarrollo óseo.
- Documentación: Guarda de manera organizada la información de cada paciente en su respectiva ficha clínica creada.
- Doc Viewer: Administra la HC de los pacientes, los resultados, así como la galería de imágenes y fotos (Aguayo, 2012).

**2.1.5. Informática y cefalometría.** El surgimiento de las computadoras se remonta a 1936, y es en 1969 donde se empezaron a aprovechar sus capacidades de procesamiento y cálculo en el estudio cefalométrico de Ricketts, pero su elevado costo fue un impedimento de las investigaciones de la época.

Es hasta el fin de 1977, que gracias a la producción en masa y reducción de costos que se empieza a comercializar en los mercados. También estaban diseñadas para el uso inmediato de clientes no técnicos, a diferencia de la primera generación de computadoras que estaban dispuestas en kits y era

necesario contar con conocimiento y habilidades en electrónica (BeGole, 1980, p. 175-82).

El uso de las computadoras hasta este momento, culminó al término de los 80 en Estados Unidos. e inicios de los 90 en Europa, todo debido a la aparición de una computadora personal compatible de la PC de IBM (International Business Machines, Estados Unidos, Nueva York) y al uso preferido del término “PC” sobre “computadora personal”.

Microsoft (Microsoft Corporation, Estados Unidos, Washington, Redmond) en 1985 empezó a comercializar por vez primera el entorno operativo Windows, para complementar el MS-DOS, como respuesta a la creciente demanda del mercado, presentando una interfaz gráfica de usuario. El 24 de agosto de 1995, la gran empresa de Microsoft lanzó el software Windows 95, una versión revolucionaria y nueva para los usuarios, donde facilitó el uso de la informática e hizo más popular aun el sistema PC (Pellicer, 2014, p. 63).

**2.1.6. Análisis cefalométricos.** La técnica de la cefalometría radiográfica brinda un panorama general y permite visualizar en un esquema geométrico las diferentes complejidades anatómicas de la cabeza humana, con la finalidad de interpretar, conocer y comparar el estado del desarrollo de las diferentes estructuras de la cabeza. En la práctica diaria se utiliza el cefalograma, que es una imagen bidimensional radiográfica (Esteva, Sánchez, Meléndez y Cedillo, 2014, p. 95-98).

**2.1.6.1. Análisis de Ricketts.** Robert Murray Ricketts creó el “Objetivo Visual de Tratamiento” (OVT) en Estados Unidos el año 1965, partiendo de la idea de diseñar un plan de tratamiento y la posibilidad de predecir el crecimiento. Utiliza como pilares las llamadas superposiciones y su análisis cefalométrico. Actualmente es conocida también como VTO o Visual Treatment Objective, que se convertirá en el plan a seguir durante el tratamiento de cada caso. Fue Holdaway quien dio la denominación de Objetivo Visual del Tratamiento. Esta técnica permite visualizar las modificaciones que deberían producirse y elaborar el plan de tratamiento necesario, que el ortodoncista debe realizar para lograr que suceda (Ricketts, 1960, p. 103-133).

En el año 1960, Ricketts introdujo su análisis cefalométrico. Trato de elaborar un sistema de magnitudes que pueda registrar en valores numéricos la tendencia del crecimiento facial, la posición del mentón y maxilar, las proporciones dentarias y finalmente la estética facial. Con el avance de su investigación, sumó nuevas medidas a su análisis llegando a sumar 33 factores en total. Agrupó estas medidas o factores cefalométricos en seis campos.

- Campo 1: Relación dentaria
- Campo 2: Relación maxilomandibular.
- Campo 3: Relación dentoesquelética.

- Campo 4: Relación estética.
- Campo 5: Relación craneofacial.
- Campo 6: Estructuras internas.

Ricketts tomó una muestra de los pacientes tratados en su consulta, esta muestra fue de 1000 en total, de las cuales 546 fueron mujeres y 454 varones con edades que oscilaban entre 3 y 44 años, teniendo una media de 8 años y 9 meses. Según la clasificación de maloclusiones de Edward Angle, se separaron en: 692 pacientes de clase I; 124 pacientes clase II, división 1; 142 pacientes clase II, división 2 y 42 pacientes de clase III. Excluyó de su muestra a los pacientes de clase III que sufrían de alguna alteración en la articulación temporomandibular o que necesitaban cirugía ortognática.

Analizó los casos de acuerdo a su propia filosofía, pero terminó convirtiéndose en un estudio muy complejo debido a que realizaba muchas mediciones entre puntos, líneas y planos cefalométricos. Los puntos cefalométricos utilizados para la realización del análisis fueron: N (nasion), A, ENA (espina nasal anterior), Ba (basion), Or (orbital), Po (porion), Pt (ptergoideo), Pm (protuberancia del mentón), Pg (pogonion), Me (mentoniano), Go (gonion), Gn (gnation), Xi (centro de rama mandibular), CF (centro de la cara), CC (centro del cráneo),

DC (cuello del cóndilo), EN (eminencia nasal), LI (labio inferior), CL (comisura labial) y EM (eminencia del mentón).

Fue entonces que Ricketts en 1965 conoció la informática aplicada y la introdujo a la cefalometría, esto le permitió registrar, para luego analizar gran cantidad de información. Fue así como los datos recolectados fueron, al final, de gran utilidad para el diagnóstico y como consecuencia para la planificación del tratamiento en la ortodoncia (Fernández y Da Silva, 2009, p. 213).

Ya en 1969, Ricketts y cols, de acuerdo a su filosofía de tratamiento, elaboraron su propio análisis cefalométrico. Dicho análisis se hizo complejo debido al uso de numerosos puntos y variables cefalométricas, ya que llegó a analizar a más de 200 000 individuos y procesó cada medida obtenida. Para realizar esta investigación se valió de las computadoras de aquella época; convirtiéndose así, en la primera investigación realizada en un ordenador (Ricketts, 1969, p. 795-803).

Los puntos cefalométricos empleados son:

1. Puntos craneales anatómicos:

- Punto Nasion (Punto N): situado en la intersección de los huesos nasales con el hueso frontal, en el sector más anterior correspondiente a la sutura frontonasal.

- Punto Basion (Punto Ba): es el punto representado en el sector más anteroinferior del agujero magno, está localizado en el borde del hueso esfenoides, en el sector inferior correspondiente a la base del cráneo.
- Punto Porion (Punto Po): punto localizado en el sector más superior referente al borde del conducto auditivo externo.
- Punto Orbitario (Punto Or): está ubicado en el punto más inferior del contorno orbitario de los ojos.
- Punto Pterigoideo (Punto Pt): punto localizado en el sector más posterosuperior de la fosa pterigopalatina, sector donde está situado el agujero redondo mayor.
- Pterigoideo de Referencia (Pr): punto situado en la zona más posterior de la curvatura en la fosa pterigomaxilar.

## 2. Puntos maxilares anatómicos:

- Punto Espina Nasal Anterior (Punto ENA): es el que está ubicado en la parte más anterior de la maxila sobre el contorno inferior de la cavidad de las fosas nasales.
- Punto Espina Nasal Posterior (Punto ENP): punto representado en el área más posterior de los huesos maxilares.
- Punto A (Punto Subespinal): punto del sector más profundo respecto de la concavidad anterior de la maxila.

### 3. Puntos mandibulares anatómicos:

- Punto Pm (suprapogonion): punto representado donde la curvatura anterior de la sínfisis mandibular cambia de convexa a cóncava.
- Punto Pg (Pogonion): punto localizado en el área más prominente del mentón mandibular.
- Punto M (Mentoniano): ubicado en el contorno de la sínfisis mandibular, en la parte más inferior.
- Punto Sg (Subgonion): localizado en el ángulo mandibular, en el borde inferior.

### 4. Puntos anatómicos en el tejido blando:

- Punto Pn (Nasal/Pronasalis): localizado en el tejido blando, en la parte más anterior de la nariz.
- Punto Dt (Mentón/Propogonion): punto de la zona más prominente del tejido blando del mentón (el punto más anterior).
- Punto Li (Labio inferior): punto prominente y más anterior situado en el labio inferior.
- Punto Em (Comisura): punto de la intersección entre el labio inferior y superior.

### 5. Puntos Craneales definidos por planos:

- Punto Dc: Punto localizado en el plano Ba-Na.

- Punto Gn (Gnation Cefalométrico): Es un punto localizado en el cruce del plano mandibular con el plano N-Pg (Plano facial).
- Punto Gonion (Punto Go): Punto situado en la zona más posteroinferior del cuerpo de la mandíbula, para su trazado se intersecta plano mandibular con el plano tangente del reborde posterior de la rama ascendente, el punto proyectado por la bisctriz constituye la localización del punto.
- Punto Cf (Centro Facial): Punto formado al intersectar el plano Po – Or (Plano de Frankfort) y la línea PtV (línea perpendicular y tangente al punto Pt, que está situado en la parte más posterior de la fosa pterigoidea)
- Punto Cc (Centro del cráneo): Punto craneométrico compuesto al intersectar el eje facial y el plano Ba-N.
- Punto Xi: punto que representa el centro de la rama ascendente en la mandíbula. Se ubica geométricamente teniendo como referencia el plano de Frankfurt y la PtV, se ubica al trazar las diagonales del cuadrilátero formado por la tangentes a: R1 (punto más posterior de la concavidad del reborde anterior de la rama ascendente); R2 (punto en el reborde posterior de la rama ascendente, dada por la proyección paralela del plano del Frankfurt con respectp a R1); R3 (punto situado en la parte más profunda de la escotadura sigmoidea) y R4 (punto dado por la

proyección paralela a PtV del punto R3, ubicado en el reborde inferior de la rama ascendente).

6. Puntos sobre estructuras dentarias:

- Punto A1 incisivo: ubicado en el incisivo superior, en el borde incisal.
- Punto A2 Incisivo: situado en el incisivo superior, en el ápice radicular.
- Punto B1 Incisivo: ubicado en el incisivo inferior, en el borde incisal.
- Punto B2 Incisivo: situado en el incisivo inferior, en el borde incisal.
- Punto A6 Molar superior: punto ubicado por una perpendicular tangente al borde distal de la primera molar superior sobre el plano oclusal.
- Punto B6 Molar inferior: punto ubicado por una perpendicular tangente al borde distal de la primera molar inferior sobre el plano oclusal.
- Punto A3 Canino: ubicado en el canino superior, en la punta de cúspide.
- Punto B3 Canino: ubicado en el canino inferior, en la punta de cúspide.

## 7. Los planos:

Los planos que se emplean en el estudio de Ricketts son:

- Plano oclusal funcional: necesita de la presencia de la dentadura parcial o completa del sector lateral. Este plano es la línea formada por los puntos de contactos interoclusales más distales de los primeros molares y por los caninos, el punto a la mitad de la sobremordida. En ausencia de caninos, por medio de los premolares; en cuanto a la dentición mixta se tiene que tomar los molares deciduos.
- Plano de Frankfurt (Plano Po-Or): es considerada la línea horizontal principal y de referencia en la craneometría, se forma al unir el punto orbitario al porion.
- Vertical pterigoidea (PtV): Se forma trazando una línea tangente al plano Po-Or (plano de Frankfurt) y una perpendicular tangente al reborde posterior de la fosa pterigoidea (que atraviese el punto Pt).
- Plano Ba – N: Este plano simboliza el límite entre el cráneo y la cara. Es el plano adecuado para estudiar el desarrollo del mentón. Fundamental en la determinación de la rotación, posición y desarrollo mandibular.
- Plano facial: Une los puntos Nasion y Pogonion, este plano es prolongado unos milímetros para permitir su intersección al de

Frankfurt, señala, en sentido sagital, la ubicación del mentón.

Sirve para determinar el biotipo facial.

- Plano Mandibular: une los puntos Sg y M.
- Eje facial: es el plano formado al unir los puntos Gn y Pt.  
Muestra la orientación del crecimiento mandibular.
- Eje del cuerpo mandibular: Se forma al trazar una línea que une los puntos Xi y Pm. Este plano sirve para analizar la morfología y tamaño de la mandíbula.
- Eje del Cóndilo (Xi-DC): formado al trazar una línea entre los puntos Xi y DC, este plano describe la morfología mandibular. Cuando es relacionado al eje del cuerpo mandibular, describe la altura facial inferior.
- Plano Xi - ENA: Formado al conectar los puntos craneométricos Xi y ENA. Forma un ángulo junto al eje del cuerpo mandibular, ángulo que describe la altura facial inferior.
- Plano A-Pg: también llamado plano de las dentaduras, ya que sirve para evaluar la relación de las bases dentarias (superior e inferior). Es el plano referente para determinar, en sentido sagital, el posicionamiento de los dientes anteriores.
- Eje del incisivo superior: se forma al unir los puntos A1 y A2, es prolongado hacia el plano de Frankfurt. Sirve para evaluar la inclinación en el incisivo superior.

- Eje del incisivo inferior: se forma al unir los puntos B1 y B2, es prolongado, de la misma manera que el plano A-Pg, alrededor de 20 mm en promedio, debajo del plano mandibular, y hacia arriba hasta intersectar el eje del incisivo superior.
- Plano estético (E): Se forma trazando una línea que une los puntos Pn y Dt. Su rol radica en la descripción de la relación armoniosa y estética entre el mentón y la nariz.
- Plano N-A: este plano junto al de Frankfurt forman un ángulo de mucha utilidad en el análisis cefalométrico.
- Plano Cf-N/Cf-A: de mucha utilidad para evaluar la altura maxilar.
- Plano Palatal (ENA-ENP): plano que al tener como referencia al de Frankfurt, sirve para medir su inclinación.
- Plano Cf-Go: de mucha utilidad para evaluar la altura facial posterior.
- Plano Xi-Cf: sirve en la evaluación de la rama mandibular y su posición. De mucha utilidad en el diagnóstico del patrón de clase III (Pellicer, 2014, p.49-56).

## Factores o medidas cefalométricas:

Factor	Valores normales (9 años de edad)	
<b>Campo I – Problemas dentarios (relación oclusal)</b>		
1. Relación molar	-3,0 mm	± 3,0 mm
2. Relación de caninos	-2,0 mm	± 3,0 mm
3. Resalte horizontal de los incisivos	2,5 mm	± 2,5 mm
4. Resalte vertical de los incisivos	2,5 mm	± 2,5 mm
5. Extrusión del incisivo inferior.	1,2 mm	± 2,0 mm
6. Ángulo interincisal	130,0°	± 10,0°
<b>Campo II – Problemas esqueléticos (relación maxilomandibular)</b>		
7. Convexidad del punto “A”	2,0 mm - 0,2 mm/año	± 2,0 mm
8. Altura facial inferior	47,0°	± 4,0°
<b>Campo III – Problemas dentoesqueléticos (dentomaxilares)</b>		
9. Posición del primer molar superior	Edad + 3,0 mm	± 3,0 mm
10. Protrusión del incisivo inferior	1,0 mm	± 2,2 mm
11. Protrusión del incisivo superior	3,5 mm	± 2,3 mm
12. Inclinación del incisivo inferior	22,0°	± 4,0°
13. Inclinación del incisivo superior	28,0°	± 4,0°
14. Distancia plano oclusal Xi	0,0 mm - 0,5mm/año	± 3,0 mm
15. Inclinación del plano oclusal	22,0°+0,5°/año	± 4,0°
<b>Campo IV – Problemas estéticos (relación labial)</b>		
16. Protrusión labial	-2,0 mm	± 2,0 mm
17. Longitud del labio superior	24,0 mm	± 2,0 mm
18. Distancia comisura labial/plano oclusal	-3,0 mm	± 2,0 mm
<b>Campo V – Relación craneofacial</b>		
19. Profundidad facial	87,0° + 0,33°/año	± 3,0°
20. Ángulo del eje facial	90,0°	± 3,0°
21. Ángulo del cono facial	68,0°	± 3,0°
22. Profundidad del maxilar	90,0°	± 3,0°
23. Altura facial total	60,0°	± 3,0°
24. Altura del maxilar	53,0° + 0,4°/año	± 3,0°

25. Plano palatino	1,0°	± 3,5°
26. Plano mandibular	26,0°	± 4,0
<b>Campo VI – Estructuras internas</b>		
27. Deflexión craneal	27,0°	± 3,0°
28. Altura facial posterior	55,0 mm	± 3,3 mm
29. Altura facial anterior	60,0°	± 3,0°
30. Posición del ramo mandibular	76,0°	± 3,0
31. Posición del Porio	-31,0 mm	± 2,2 mm
32. Arcada mandibular	26,0° + 0,5/año	± 4,0°
33. Longitud del cuerpo mandibular	66,0 mm + 1,6 mm/año	± 2,7 mm

*Nota.* Recuperado de “Atlas. Cefalometría y Análisis Facial”, de Fernández, J., (2009), p. 214, Madrid, España: Ripano.

## 2.2. Antecedentes

Bonilla, Barrera, Arroyave y Díaz (2014), en Medellín, publicaron una investigación a fin de estudiar la reproducibilidad y precisión de los valores obtenidos entre el trazado manual convencional y las medidas obtenidas con el programa Cephapoint. Fue realizado en 11 radiografías digitales (directas), obtenidas de estudiantes de ortodoncia; las radiografías obtenidas fueron descargadas al software Cephapoint. Se midieron 9 ángulos, cada ángulo fue medido manual y digitalmente. Las mediciones en su totalidad fueron realizadas por 3 operadores, también después de un intervalo de 7 días. Este estudio encontró el promedio de error intra e interobservador para definir el nivel de precisión de cada operador. Se encontró que el ángulo FH/N/Pg presentó la diferencia menos significativa en el error interobservador (0,10°) en los 2 métodos, a favor del trazado manual convencional. Mientras que en el trazado computarizado los ángulos II-NB (0,11°) y N-A/Pg (0,11°) fueron los que obtuvieron la menor diferencia. La reproducibilidad intraobservador reflejó un CCI (Coeficiente de Correlación Intraclass), muy bueno para los 2

métodos. Este estudio llegó a la conclusión que la reproducibilidad, en las medidas angulares, entre los trazados cefalométricos manuales y computarizados no presentaron diferencias significativas. Conforme a esta investigación, los métodos puestos en evaluación proporcionan la misma validez diagnóstica.

Calle (2016), en Lima, publicó una investigación a fin de estudiar la diferencia entre el trazado cefalométrico digital y el manual convencional en radiografías cefalométricas laterales. El estudio fue realizado en 30 radiografías elegidas del área de Rx de la clínica odontológica de la USMP (Universidad de San Martín de Porres), cada radiografía fue escogida acorde a éstos criterios: 1) Radiografías obtenidas el año 2015, 2) Pacientes mayores de edad (18 años a más), 3) Contar con buena calidad, 4) tener la visualización adecuada de estructuras anatómicas, 5) Contar con los datos completos de cada paciente registrados en el sistema. La población analizada de esta investigación estuvo compuesto por 60 radiografías que pertenecieron a 30 pacientes, esa cantidad fue establecida respecto al estudio piloto realizado. El presente estudio llegó a la conclusión que para ambos métodos (digital y manual), la mayoría de mediciones realizadas son reproducibles. Las mediciones del análisis de Steiner (angulares y lineales), trazadas digitalmente, mostraron valores que oscilan entre 120 – 15.1 mm y 8.0 – 1 mm respectivamente. Por último, cuando se compara mediciones del análisis de Steiner (angulares y lineales), en las técnicas digital y manual, no se halló diferencia significativa respecto a la mayoría de mediciones. A excepción de los ángulos: GoGn – SN, interincisal y el segmento Incisivo inferior.

Centeno e Iglesias (2015), en Arequipa, publicaron una investigación para estudiar la eficacia del software Radiocef Studio 2 (de diagnóstico cefalométrico computarizado), comparándolo con el método de diagnóstico cefalométrico manual. Se realizó en 60 radiografías cefalométricas (laterales de cráneo), éstos fueron organizados en 2 grupos, para el diagnóstico cefalométrico computarizado (Grupo 1) y para el diagnóstico cefalométrico manual (Grupo 2). En la ejecución de esta investigación se utilizó el análisis de Steiner. Se realizó 4 trazados al día, una vez culminados los trazados manuales, se realizaron los trazados cefalométricos computarizados. La presente investigación encontró que al comparar las medidas obtenidas, no se halló diferencias estadísticamente significativas ( $p > 0.05$ ) entre los grupos evaluados. Por tanto, se concluyó que el análisis de Steiner realizado mediante el software Radiocef Studio 2 es confiable.

Esteva, Sánchez, Meléndez y Cedillo (2014), en México, publicaron una investigación que comparó la confiabilidad de las medidas del software Nemoceph Nx (programa cefalométrico computarizado), con el trazado realizado manualmente en radiografías cefalométricas digitales (laterales de cráneo), cada radiografía impresa en papel fotográfico al 91%. Se realizó en 20 radiografías cefalométricas (digitales de cráneo lateral) correspondientes a 20 pacientes, fueron obtenidas por el equipo ORTHOPHOS XG Plus (de la marca Sirona). Una vez realizada la toma de la imagen se descargó al software computarizado Nemoceph Nx, luego también fueron impresas para poder ejecutar el trazado de las 12 medidas escogidas: 6 lineales y 6 angulares. La investigación encontró que entre el trazado manual convencional y las medidas

obtenidas por el software Nemoceph Nx no se halló diferencias estadísticamente significativas ( $p > 0.05$ ) entre ambos grupos evaluados. El presente estudio llegó a la conclusión que existe una excelente confiabilidad del software Nemoceph Nx para realizar un análisis cefalométrico, pero al usar radiografías digitales.

Pellicer (2014), en Salamanca, publicó una investigación que evaluó la variabilidad y reproducibilidad de las medidas craneométricas en el trazado manual y en los digitales con los programas: Nemoceph, Ortomed y Dolphin. Se ejecutó en 30 radiografías escogidas de la base de datos del Dr. A. Albaladejo, todas digitales, cada radiografía fue escogida acorde a éstos criterios: 1) Radiografías capturadas por el mismo equipo de Rayos X, 2) Todos los puntos del estudio cefalométrico que se evaluaron debían estar visibles, también los tejidos blandos, 3) Pacientes en MIC (máxima intercuspidadación), 4) Pacientes con dentadura completa, 5) Las olivas del cefalostato tienen que estar superpuestas y 6) Pacientes (entre hombres y mujeres) de mediana edad, 25 +/- 8,7 años. Se encontró que el grupo de operadores expertos presentó mayor diferencia significativa entre los trazados iniciales y los finales (en 4 medidas), mientras los del grupo de operadores inexpertos sólo se halló una medida afectada, con un valor muy significativo ( $p < 0,01$ ). En lo referente al tiempo empleado, en el trazado digital, el programa Dolphin fue el método en que la media de todos los operadores demoró menos tiempo (114 segundos); seguida por el programa Ortomed (139,1 segundos), y, por último, el programa Nemoceph (178,3 segundos). Los softwares Dolphin y Ortomed, ambos utilizan 48 puntos cefalométricos para el trazado, mientras que el software Nemoceph utiliza 47. Este

estudio llegó a la conclusión que cada grupo evaluado de operadores obtuvo diferentes resultados significativos para cada método evaluado, de manera que la experiencia influye en el método de trazado elegido para la cefalometría. De la misma manera, las medidas tuvieron resultados significativos diferentes, estos resultados dependiendo de los puntos cefalométricos que las conforman. Finalmente, el tiempo que se empleó para la técnica manual al momento del trazado es muy parecido a los otros métodos; pero, al considerar el tiempo requerido para la interpretación de los puntos cefalométricos, es la técnica que presenta el mayor consumo de tiempo.

Tafur (2002), en Lima, publicó una investigación con el fin de comparar la concordancia entre las mediciones inter e intraexaminador que se obtuvieron al utilizar 3 técnicas de trazado cefalométrica: manual, computarizado con el software JOE (digitalización en tableta) y computarizado con el software COMPUCEPH (digitalización en pantalla). Se evaluaron 18 medidas en 8 radiografías cefalométricas laterales mediante las 3 técnicas propuestas. La imagen digital (mostrada en la pantalla) se capturó con un escáner de transparencias con las siguientes características: al 100 %, con resolución de 400dpi (puntos por pulgada) y escala de grises de 8 bits en formato BMP. La concordancia interexaminador se obtuvo de la medición de los 11 operadores. La concordancia intraexaminador se obtuvo de 6 operadores elegidos aleatoriamente de entre los 11, operadores que tuvieron que repetir las mediciones en 3 ocasiones con un intervalo de 2 semanas para cada técnica. Las concordancias (intra e interexaminador) se calcularon mediante el análisis de Kendall (análisis de concordancia para mediciones repetidas). Se

estableció 3 niveles de concordancia: alta (mayor a 0.7), media (que oscila entre 0.41 y 0.7), y baja (menor a 0.4). Se encontró que las concordancias inter e intraexaminador se asemejaron entre las 3 técnicas, a excepción para las medidas: IN-A e IN-B con el software JOE (digitalización en tableta), que fue baja. El presente estudio concluyó que la confiabilidad de las medidas intra e interexaminador de la técnica elegida, excepto para las medidas de IN-A e IN-B. Las 3 técnicas fueron similares en eficacia.

Tafur, Williams y Meneses (2002), en Lima, publicaron una investigación con el fin de comparar la reproducibilidad de 3 técnicas de análisis cefalométrico: manual, con el programa JOE 32 (digitalización en tableta) y con el programa Compuceph 3.0 (digitalización de imágenes en pantalla). Se realizó en 8 radiografías cefalométricas, se escogieron 23 puntos craneométricos, con los que se obtuvo 18 medidas, utilizando los tres escogidos. La reproducibilidad interexaminador de las medidas que se obtuvieron en cada sesión se determinó a través de la desviación media y estándar (respecto al promedio de las medidas entre operadores). Las comparaciones de las 3 técnicas se obtuvieron mediante Anova. La reproducibilidad intraexaminador fue realizada es 6 operadores, y cada uno en 3 sesiones, para que a través del coeficiente de concordancia "W" (de Kendall), se obtengan los resultados. Este estudio halló diferencia significativa la medida IN-B (sólo en una de las 18 medidas), con el programa JOE 32. La máxima reproducibilidad entre las 3 técnicas fue hallada al evaluar la medida ELI; mientras que la menor reproducibilidad fue halada para la medida de ANL. Esta investigación llegó a la conclusión que no existe ninguna

técnica mejor. Las 3 técnicas evaluadas son comparables; con excepción de la medida de IN-B con el programa JOE 32.

Toledo, Lima y Bravo (2013), en Cuenca, publicaron un análisis comparativo entre el trazado cefalométrico manual, con el software Dolphin Imaging v.11.0 con referencia a la reproducibilidad. Se emplearon 30 radiografías cefalométricas, escogidas del área de especialidad de ortodoncia de la Ucuena (Universidad de Cuenca), con una media de edad que oscila entre los 11 y 24 años. La muestra fue dividida en 2 grupos: grupo 1 trazado cefalométrico convencional y grupo 2 trazado craneométrico digital. Se realizó una comparación de 9 medidas lineales y 9 angulares. El total de las mediciones para cada técnica llegaron a presentar un alto coeficiente de correlación ( $r^2 > 0,8$ ) lo que demuestra una buena reproducibilidad, excepto de L1/PM que generó un coeficiente moderado. Se encontró que para las 2 técnicas existió diferencias significativas; más para las medidas lineales que para las medidas angulares, como lo fueron: U1/APg ( $p=0,001$ ), L. sup/SnPg ( $p=0,04$ ) y Pg-Nper ( $p=0,001$ ). Se concluyó que, ambas técnicas son altamente confiables, debido a no encontrar diferencias clínicamente significativas, a pesar que ambas técnicas presentaron ciertas diferencias estadísticamente significativas.

### **2.3. Justificación de la investigación.**

Esta investigación dará a conocer si existe diferencias entre los métodos manuales y uno de los digitales que hay en el mercado a nuestro alcance a la hora de realizar un análisis cefalométrico; puesto que estas mediciones son muy importantes

en un diagnóstico en ortodoncia; esto, como consecuencia, nos permitirá ofrecer una mejor calidad de servicio a nuestros pacientes.

La informática, en la cefalometría, aporta ventajas como son la rapidez, el almacenamiento y acceso, así como automatiza el paso de medición, y por tanto reduce los errores del proceso. Sin embargo, es muy importante que estos cambios que se han dado como consecuencia de la aparición de nuevas tecnologías, frecuentemente sean estudiados y actualizados.

Por lo tanto es importante tener un estudio comparativo en el análisis cefalométrico para medir la reproducibilidad y confiabilidad entre el análisis cefalométrico manual y digital usando el programa Radiocef Studio 2, por ser uno de los programas más usados en los centros radiológicos de odontología del Perú.

#### **2.4. Hipótesis**

- Existiría diferencia al comparar la reproducibilidad y precisión de las medidas angulares y lineales entre los trazados cefalométricos manuales con plantilla cefalométrica de Ricketts, sin plantilla cefalométrica de Ricketts y los trazados cefalométricos digitales usando el programa Radiocef Studio 2.

### **III. Objetivos**

#### **3.1. Objetivo general**

- Comparar la reproducibilidad y precisión de las medidas angulares y lineales entre los trazados cefalométricos manuales sin plantilla cefalométrica de Ricketts, con plantilla cefalométrica de Ricketts y los trazados cefalométricos digitales usando el programa Radiocef Studio 2.

#### **3.2. Objetivos específicos**

- Analizar la reproducibilidad y precisión de las medidas angulares del trazado cefalométrico manual sin plantilla cefalométrica de Ricketts y con plantilla cefalométrica de Ricketts.
- Analizar la reproducibilidad y precisión de las medidas lineales del trazado cefalométrico manual sin plantilla cefalométrica de Ricketts y con plantilla cefalométrica de Ricketts.
- Comparar la reproducibilidad y precisión de las medidas angulares entre los trazados cefalométricos manuales sin plantilla cefalométrica de Ricketts y los trazados cefalométricos digitales usando el programa Radiocef Studio 2.
- Comparar la reproducibilidad y precisión de las medidas angulares entre los trazados cefalométricos manuales con plantilla cefalométrica de Ricketts y digitales usando el programa Radiocef Studio 2.

- Comparar la reproducibilidad y precisión de las medidas lineales entre los trazados cefalométricos manuales sin plantilla cefalométrica de Ricketts y los trazados cefalométricos digitales usando el programa Radiocef Studio 2.
- Comparar la reproducibilidad y precisión de las medidas lineales entre los trazados cefalométricos manuales con plantilla cefalométrica de Ricketts y los trazados cefalométricos digitales usando el programa Radiocef Studio 2.
- Comparar la reproducibilidad y precisión de las medidas lineales y angulares entre los trazados cefalométricos manuales con plantilla cefalométrica de Ricketts, sin plantilla cefalométrica de Ricketts y los trazados cefalométricos digitales usando el programa Radiocef Studio 2.

## IV. Materiales y métodos

### 4.1. Tipo de estudio

- Correlacional, transversal, prospectivo y comparativo.

### 4.2. Población/muestra/criterios de selección

**4.2.1. Universo.** Las radiografías cefalométricas laterales de los pacientes que acuden al Centro de Diagnóstico Maxilo-Facial (CEDIMAX).

**4.2.2. Población/muestra/criterios de selección.** Radiografías cefalométricas laterales de pacientes de CEDIMAX tomadas con el mismo equipo radiográfico bajo condiciones estandarizadas durante el año 2016 – 2017.

**4.2.3. Muestra.** Tamaño de la Muestra:

$$n = \left[ \frac{(Z_{\alpha})^2 \cdot p \cdot q}{E^2} \right] = 30$$

$Z_{\alpha}$	1,96	Coefficiente de confianza al 95%
p	0,98	Casos empleados probables
q	0,02	Casos empleados no probables
E	5	Error absoluto de muestreo o precisión
n	30	Tamaño de muestra mínimo a evaluar para detectar correlación

#### **4.2.4. Criterios de selección.**

##### a. Criterios de inclusión:

- Radiografías pre-tratamiento de pacientes con dentición permanente con presencia de incisivos y primeras molares permanentes.
- Radiografías tomadas en el año 2017.
- Radiografías consideradas en buen estado de conservación, contraste y nitidez por el especialista en Radiología oral y maxilofacial de CEDIMAX.

##### b. Criterios de exclusión:

- Radiografías de pacientes con piezas dentarias supernumerarias y/o dientes impactados alrededor de los ápices incisivos.
- Radiografías de pacientes con primeras molares o incisivos ausentes.
- Radiografías de pacientes con tratamiento ortodóntico vigente.
- Radiografías consideradas con excesiva distorsión por el radiólogo de CEDIMAX.

### **4.3. Variables/definición/operacionalización**

#### **4.3.1. Variables.**

- Variable de trabajo: Reproducibilidad y precisión de las medidas angulares y lineales.

### 4.3.2. Operacionalización de variables

Variable Descriptiva (de análisis)	Definición de Variable	Tipo de Variable	Dimensión	Escala	Indicadores	Rango
Reproducibilidad y precisión de las medidas angulares y lineales	Medidas cefalométricas realizadas de manera manual y digital	Cuantitativa continua	Medidas angulares	Razón	a) Eje Facial	87 – 93°
					b) Profundidad Facial	84 – 90°
					c) Profundidad maxilar	87 – 93°
					d) Ang. Plano mandibular	22 – 30°
					e) Altura de la dentición	43 – 51°
					f) Arco mandibular	22 – 30°
					g) Inclinación incisivo Inf.	18 – 26°
					h) Inclinación incisivo sup.	24 – 32°
		Cuantitativa continua	Medidas lineales	Intervalo	a) Convexidad Facial	0 – 4mm
					b) Posición incisivo inf.	2 – 6mm
					c) Posición labial inf.	-1 – 3mm
					d) Posición molar sup.	12–33mm

## 4.4. Método/técnica/procedimiento

**4.4.1. Método.** Se realizó aleatoriamente 30 tomas radiográficas cefalométricas laterales en 30 pacientes, con el aparato digital directo X 6.5 de la marca Sirona en CEDIMAX. El equipo fue programado con un kilovoltaje (KV) de 70 y el miliamperaje (mA) de 15, a través de un tiempo de exposición de 1 a 3 segundos. Las imágenes también se imprimieron al 91% en placas

radiográficas. Posteriormente se crearon 3 grupos para medición, grupo 1 (n = 30) con las imágenes digitales en el software Radioceph Studio 2, el grupo 2 (n = 30) con los calcos manuales sin plantilla cefalométrica de Ricketts de las imágenes digitales impresas y el grupo 3 (n = 30) con los calcos manuales con plantilla cefalométrica de Ricketts de las radiografías digitales impresas. Se trazaron las estructuras anatómicas en el software cefalométrico Radioceph Studio 2, para obtener el análisis de Ricketts, donde la imagen digital pasó directamente a 91% sin tener manipulación alguna, el software realizó varios análisis, pero sólo se tomaron 4 medidas lineales y 8 medidas angulares.

#### **4.4.2 Técnica y procedimiento**

**4.4.2.1. Calibración del investigador principal.** Se realizó mediante una calibración interexaminador. Una especialista y docente en ortodoncia y ortopedia maxilar con más de 10 años de experiencia (Katty Acevedo Luna) y el investigador principal (Gustavo Daniel Vento Vigil) realizaron las mediciones cefalométricas de Ricketts (las doce mediciones escogidas para la investigación) en 3 radiografías cefalométricas laterales. Utilizando los trazados cefalométricos de forma independiente y por separado. En la calibración intraexaminador, después de 2 días, el investigador principal volvió a realizar los tres trazados cefalométricos en las mismas radiografías y en diferente orden. En ambas calibraciones, las concordancias se estimaron aplicando el coeficiente de correlación de interclase (CCI) por ser un trabajo cuantitativo, con el objetivo de calibrar al investigador

principal en la realización del análisis de Ricketts, en las radiografías cefalométricas escogidas para la calibración (estimación de puntos, ángulos y distancias).

Se obtuvo que todas las medidas evaluadas, excepto la medida del arco mandibular (CCI=0.879, buena confiabilidad), presentan muy buena confiabilidad inter-examinador con valores mayores a 0.9. Las medidas del eje facial, arco mandibular e inclinación del incisivo inferior presentaron buena confiabilidad, las demás medidas con valores de CCI mayores a 0.9 presentan muy buena confiabilidad intra-examinador, lo que confirma la concordancia en las medidas hechas por el operador.

**4.4.2.2 Trazado Cefalométrico.** Para la investigación se utilizó un análisis básico y simplificado de los 33 factores propuestos por Ricketts, que presenta el estudio del complejo craneomaxilofacial y dentario.

Puntos utilizados en este estudio:

- Punto Porion (Punto Po): punto localizado en el sector más superior referente al borde del conducto auditivo externo.
- Punto Orbitario (Punto Or): está ubicado en el punto más inferior del contorno orbitario de los ojos.

- Punto Nasion (Punto N): situado en la intersección de los huesos nasales con el hueso frontal, en el sector más anterior correspondiente a la sutura frontonasal.
- Punto Basion (Punta Ba): es el punto representado en el sector más anteroinferior del agujero magno, está localizado en el borde del hueso esfenoides, en el sector inferior correspondiente a la base del cráneo.
- Punto Espina Nasal Anterior (Punto ENA): es el que está ubicado en la parte más anterior de la maxila sobre el contorno inferior de la cavidad de las fosas nasales.
- Punto A (Punto Subespinal): punto del sector más profundo respecto de la concavidad anterior de la maxila.
- Punto Pm (suprapogonion): punto representado donde la curvatura anterior de la sínfisis mandibular cambia de convexa a cóncava.
- Punto Pg (Pogonion): punto localizado en el área más prominente del mentón mandibular.
- Punto M (Mentoniano): ubicado en el contorno de la sínfisis mandibular, en la parte más inferior.
- Punto Pterigoideo (Punto Pt): punto localizado en el sector más posterosuperior de la fosa pterigopalatina, sector donde está situado el agujero redondo mayor.

- Punto Gn (Gnathion Cefalométrico): Es un punto localizado en el cruce del plano mandibular con el plano N-Pg (Plano facial).
- Punto Go (Gonion): Punto situado en la zona más posteroinferior del cuerpo de la mandíbula, para su trazado se intersecta plano mandibular con el plano tangente del reborde posterior de la rama ascendente, el punto proyectado por la bisectriz constituye la localización del punto.
- Punto Dc: Punto localizado en el plano Ba-Na.
- Punto Xi: punto que representa el centro de la rama ascendente en la mandíbula. Se ubica geométricamente teniendo como referencia el plano de Frankfurt y la PtV, se ubica al trazar las diagonales del cuadrilátero formado por las tangentes a: R1 (punto más posterior de la concavidad del reborde anterior de la rama ascendente); R2 (punto en el reborde posterior de la rama ascendente, dada por la proyección paralela del plano del Frankfurt con respecto a R1); R3 (punto situado en la parte más profunda de la escotadura sigmoidea) y R4 (punto dado por la proyección paralela a PtV del punto R3, ubicado en el reborde inferior de la rama ascendente).

Planos a utilizar en este estudio:

- Plano de Frankfurt (Plano Po-Or): es considerada la línea horizontal principal y de referencia en la craneometría, se forma al unir el punto orbitario al porion.

- Plano Ba – N: Este plano simboliza el límite entre el cráneo y la cara. Es el plano adecuado para estudiar el desarrollo del mentón. Fundamental en la determinación de la rotación, posición y desarrollo mandibular.
- Plano facial: Une los puntos Nasion y Pogonion, este plano es prolongado unos milímetros para permitir su intersección al de Frankfurt, señala, en sentido sagital, la ubicación del mentón. Sirve para determinar el biotipo facial.
- Plano oclusal funcional: necesita de la presencia de la dentadura parcial o completa del sector lateral. Este plano es la línea formada por los puntos de contactos interoclusales más distales de los primeros molares y por los coninos, el punto a la mitad de la sobremordida. En ausencia de caninos, por medio de los premolares; en cuanto a la dentición mixta se tiene que tomar los molares deciduos.
- Plano Mandibular: une los puntos Sg y M.
- Vertical pterigoidea (PtV): Se forma trazando una línea tangente al plano Po-Or (plano de Frankfurt) y una perpendicular al tangente al reborde posterior de la fosa pterigoidea (que atraviese el punto Pt).
- Línea facial superior: este plano junto al de Frankfurt forman un ángulo de mucha utilidad en el análisis cefalométrico.

- Plano A-Pg: también llamado plano de las dentaduras, ya que sirve para evaluar la relación de las bases dentarias (superior e inferior). Es el plano referente para determinar, en sentido sagital, el posicionamiento de los dientes anteriores.

Medidas angulares y lineales utilizados en este estudio:

Medidas angulares	• Eje Facial	87 – 93°
	• Profundidad Facial	84 – 90°
	• Profundidad maxilar	87 – 93°
	• Ang. Plano mandibular	22 – 30°
	• Altura de la dentición	43 – 51°
	• Arco mandibular	22 – 30°
	• Inclinación incisivo. Inf.	18 – 26°
	• Inclinación incisivo sup.	24 – 32°
Medidas lineales	• Convexidad Facial	0 – 4mm
	• Posición incisivo inf.	2 – 6mm
	• Posición labial inf.	-1 – 3mm
	• Posición molar sup.	12–33mm

#### 4.4.2.3. *Obtención de trazado cefalométrico manual sin plantilla*

*cefalométrica de Ricketts.* El trazado convencional sin plantilla cefalométrica de Ricketts se realizó en un período de 3 días (10 radiografías cada día) para reducir la fatiga del examinador, realizando 12 medidas cefalométricas, se trazaron manualmente sobre un negatoscopio, en una sala con baja iluminación, el calco fue hecho en

hoja de papel de acetato (Ortho Organizers) de espesor 0,003" y dimensiones de 8" x 10", y un portaminas de grafito.

El calco para el trazado cefalométrico se realizó siguiendo las estructuras anatómicas:

- Contorno del tejido blando, desde la zona de la glabella hasta el contorno del cuello.
- Reborde anterior de los huesos de la nariz y hueso frontal.
- Bordes inferiores de las órbitas.
- Reborde de la fosa pterigomaxilar.
- Conducto auditivo externo.
- Reborde de la silla turca.
- Rebordes interno y externo del hueso mandibular hasta el cóndilo (rama, base y sínfisis).
- Contorno de la maxila (piso de fosas nasales, ENA, ENP, perfil anterior y paladar duro).
- Contorno de los incisivos centrales (tanto superiores como inferiores, incluyendo coronas y ápices).

Después de la realización del diseño anatómico, se procedió a ubicar los puntos cefalométricos requeridos para trazar los planos y ángulos antes descritos, mediante el uso de una regla milimetrada y

una escuadra, se obtuvieron las medidas; todos los datos fueron registrados en Excel.

#### **4.4.2.4 Obtención de trazado cefalométrico manual con plantilla**

***cefalométrica de Ricketts.*** El trazado convencional con plantilla cefalométrica de Ricketts se realizó en un período de 3 días (10 radiografías cada día) para reducir la fatiga del examinador, realizando 12 medidas cefalométricas, se trazaron manualmente sobre un negatoscopio, en una sala con baja iluminación, el calco fue hecho en hoja de papel de acetato (Ortho Organizers) de espesor 0,003” y dimensiones de 8” x 10”, y un portaminas de grafito.

El calco cefalométrico se realizó usando la plantilla cefalométrica de Ricketts y un portaminas con grafito; se trazaron las siguientes estructuras anatómicas:

- Contorno del tejido blando, desde la zona de la glabella hasta el contorno del cuello.
- Reborde anterior de los huesos de la nariz y hueso frontal.
- Bordes inferiores de las órbitas.
- Reborde de la fosa pterigomaxilar.
- Conducto auditivo externo.
- Reborde de la silla turca.
- Rebordes interno y externo del hueso mandibular hasta el cóndilo (rama, base y sínfisis).

- Contorno de la maxila (piso de fosas nasales, ENA, ENP, perfil anterior y paladar duro).
- Contorno de los incisivos centrales (tanto superiores como inferiores, incluyendo coronas y ápices).

Después de la realización del diseño anatómico, mediante el uso de la plantilla cefalométrica de Ricketts se procedió a ubicar los puntos cefalométricos requeridos para trazar los planos y ángulos antes descritos; se obtuvieron las medidas y todos los datos fueron registrados en Excel.

**4.4.2.5. Obtención de trazado cefalométrico computarizado con el programa Radiocef Studio 2.** El trazado siguió los siguientes pasos:

- Colocación de la llave en el puerto USB e inicio de Radiocef Studio 2.exe. Introducir Usuario y contraseña.
- Se elaboró una nueva ficha para cada paciente.
- En el asistente del trazado se calibró la imagen, usando como referencia el apoyo nasal.
- Se seleccionó el método cefalométricos de Ricketts.
- Se realizó el trazado propiamente dicho, el software nos muestra la secuencia de puntos que se registraron y que se deben señalar en cada radiografía.
- Se procede a guardar la imagen y su trazado.

- Una vez que se realizó el trazado cefalométrico se terminó de ajustar el trazado. Se verificó uno a uno los puntos utilizados. También se realizó las mejoras en el dibujo de las estructuras, brindada por las Curvas de Bezier (otra opción para trazar mejor las estructuras y que está basada en curvas paramétricas).
- Finalmente, se guardó y luego se exportaron los datos a una tabla de Excel.

#### **4.5 Consideraciones éticas**

Durante la ejecución del presente trabajo de investigación no se necesitó consentimiento informado, ya que solamente se trabajó con radiografías cefalométricas laterales y no se registraron los nombres de los pacientes estudiados, ni ninguno de los principios de la declaración de Helsinki de la Asociación Médica Mundial sobre principios éticos para las investigaciones médicas en los seres humanos.

#### **4.6. Plan de análisis**

El procesamiento de los datos se hizo en una laptop (HP CORE i5 Windows 10), los datos fueron tabulados en el paquete estadístico SPSS versión 24.0, se realizó una prueba de normalidad, pruebas t de student, de anova, prueba de calibración intra e interexaminador, prueba de suma de rangos de Wilcoxon y test no paramétrico de Friedman. Para la presentación de resultados se utilizó tablas.

## **V. Resultados**

En el presente estudio la población analizada estuvo conformada por 30 radiografías cefalométricas laterales pertenecientes a 30 pacientes del Centro de Diagnóstico Maxilo-Facial en el año 2017, siendo dicha cantidad determinada de acuerdo a fórmula.

Teniendo en consideración que las mediciones fueron realizadas por un examinador previamente calibrado en la realización de los puntos elegidos del análisis cefalométrico de Ricketts.

Obteniendo así el resultado de mediciones tanto angulares ( $^{\circ}$ ) como lineales (mm) de cada medición descrita y elegida del análisis cefalométrico de Ricketts en las radiografías laterales trabajadas de manera manual y digital mediante el uso del software Radiocef Studio 2.

### **5.1 Análisis descriptivo**

- La tabla 1 muestra los valores descriptivos para las medidas angulares utilizando trazado cefalométrico manual con y sin plantilla cefalométrica de Ricketts, donde se observa que en todos los casos los valores promedios son similares entre ambos grupos, con diferencias en decimas así también se observa baja dispersión de los datos en relación con su media respectiva.

Tabla 1: Medidas angulares del trazado cefalométrico manual sin plantilla cefalométrica de Ricketts y con plantilla cefalométrica de Ricketts.

Medidas angulares	Uso de plantilla	Media	IC 95%		Mediana	DE	Min	Max
			Li	Ls				
Eje facial	Si	85.85	84.46	87.24	85.00	3.73	79.0	95.0
	No	85.63	84.23	87.03	85.00	3.75	77.0	94.0
Profundidad facial	Si	89.12	87.93	90.30	89.00	3.17	83.5	97.0
	No	89.43	88.23	90.64	89.50	3.22	84.5	97.5
Profundidad maxilar	Si	92.22	90.96	93.47	92.00	3.37	84.0	97.5
	No	92.67	91.36	93.97	92.75	3.49	84.5	98.5
Angulo del plano mandibular	Si	26.53	24.62	28.44	26.50	5.11	18.0	37.0
	No	26.48	24.59	28.38	26.00	5.07	18.0	36.0
Altura de la dentición	Si	47.11	45.02	49.19	47.25	5.57	38.0	61.0
	No	46.97	44.86	49.07	47.25	5.64	38.5	62.0
Arco mandibular	Si	31.95	29.14	34.76	31.75	7.52	14.0	48.0
	No	31.80	29.02	34.58	32.00	7.43	14.5	47.5
Inclinación del incisivo inferior	Si	25.63	23.22	28.04	27.00	6.46	4.5	36.5
	No	25.70	23.34	28.06	27.50	6.33	5.0	36.0
Inclinación del incisivo superior	Si	29.03	26.44	31.62	28.50	6.94	4.5	39.0
	No	28.87	26.31	31.42	28.75	6.85	5.0	38.5

- DE: Desviación estándar; IC: Intervalo de confianza; Li: Límite inferior del intervalo; Ls: Límite superior del intervalo; Max: Máximo valor obtenido; Min: Mínimo valor obtenido

- Del mismo modo la tabla 2 muestra los valores descriptivos de las medidas longitudinales utilizando trazado manual con y sin plantilla cefalométrica de Ricketts, donde se puede observar que los valores promedios entre ambos grupos son similares sin embargo la presencia de valores negativos en algunas medidas aumenta la dispersión de los datos en el caso de convexidad facial, posición del incisivo inferior y con baja dispersión con respecto a su media en el caso de posición molar superior.

Tabla 2. Medidas lineales del trazado cefalométrico manual sin plantilla cefalométrica de Ricketts y con plantilla cefalométrica de Ricketts.

Medidas lineales	Uso de plantilla	Media	IC 95%		Mediana	DE	Min	Max
			Li	Ls				
Convexidad facial	Si	3.33	2.35	4.32	3.25	2.63	-1.50	8.00
	No	3.30	2.30	4.30	3.25	2.68	-2.00	8.50
Posición del incisivo inferior	Si	4.47	3.10	5.83	4.75	3.66	-5.00	11.50
	No	4.40	3.03	5.77	5.00	3.68	-5.50	11.50
Posición labial inferior	Si	0.40	-0.71	1.51	0.50	2.98	-5.50	4.50
	No	0.38	-0.73	1.50	0.50	2.99	-5.50	4.50
Posición molar superior	Si	19.50	17.65	21.35	18.50	4.95	9.50	31.50
	No	19.37	17.46	21.28	18.75	5.12	9.00	33.00

*DE: Desviación estándar; IC: Intervalo de confianza; Li: Límite inferior del intervalo; Ls: Límite superior del intervalo; Max: Máximo valor obtenido; Min: Mínimo valor obtenido*

## 5.2 Análisis inferencial

Para el contraste de hipótesis de diferencia; se aplicó la prueba paramétrica t de Student para muestras relacionadas ya que las mediciones se realizaron en la misma unidad de análisis. Solo en algunos casos fue necesario el uso de la prueba no paramétrica Rangos de Wilcoxon, en el caso de no existir normalidad en la distribución de los datos.

Todas las pruebas estadísticas fueron contrastadas a un nivel de confianza del 95% aceptando un error tipo 1 de 5%.

- **Comparación de las medidas angulares entre los trazados cefalométricos manuales sin plantilla cefalométrica de Ricketts y los trazados cefalométricos digitales usando el programa Radiocef Studio 2**

Al realizar las comparaciones de las medidas angulares entre grupo de trazado cefalométrico manual sin utilizar plantilla y el trazado digital Radiocef Studio 2, se observa que las diferencias halladas son estadísticamente significativas para el caso de Profundidad facial ( $p=0.000$ ), profundidad maxilar ( $p=0.000$ ) y ángulo del plano mandibular ( $p=0.028$ ). Tabla 3.

Éstas 3 medidas angulares como son la profundidad facial, profundidad maxilar y ángulo del plano mandibular, tienen como referencia principal al plano de Frankfurt (plano formado por los puntos Porio y Orbitario) y la diferencia radica en la ubicación del punto Porio, debido a que en la técnica de análisis cefalométrico manual sin plantilla cefalométrica de

Ricketts su ubicación al ser más empírica no es precisa; esto debido a que en la radiografía digital impresa no cuenta al máximo con los detalles y contraste, como sí se puede identificar en el mismo ordenador a través del programa Radiocef Studio 2.

Se debe considerar también que las radiografías cefalométricas fueron impresas directamente al 91% por el equipo de radiación, sin tener manipulación alguna; además, para analizar éstas películas radiográficas se necesitó de un papel transparente, en este caso el papel de acetato (0,003"); sin embargo la elección de éste papel limitó la elección de marcadores de punta fina, por lo que la punta más delgada conseguida de grafito fue de 0,5mm; estos detalles influyen en la posibilidad de que el trazado tuviese menor precisión.

Tabla 3: Comparación de las medidas angulares entre los trazados cefalométricos manuales sin plantilla cefalométrica de Ricketts y los trazados cefalométricos digitales usando el programa Radiocef Studio 2

Medidas angulares	Grupos	Media	IC 95%		Mediana	DE	Min	Max	p-valor
			Li	Ls					
Eje facial	S/P	85.63	84.23	87.03	85.00	3.75	77.00	94.00	0.317 <sup>a</sup>
	Rad	85.82	84.42	87.23	85.24	3.77	78.62	94.84	
Profundidad facial	S/P	89.43	88.23	90.64	89.50	3.22	84.50	97.50	0.000 <sup>*a</sup>
	Rad	88.63	87.45	89.81	88.74	3.15	83.23	96.64	
Profundidad maxilar	S/P	92.67	91.36	93.97	92.75	3.49	84.50	98.50	0.000 <sup>*a</sup>
	Rad	91.89	90.63	93.16	91.41	3.38	84.11	97.19	
Angulo del plano mandibular	S/P	26.48	24.59	28.38	26.00	5.07	18.00	36.00	0.028 <sup>*a</sup>
	Rad	26.76	24.85	28.68	26.85	5.13	18.26	36.76	
Altura de la dentición	S/P	46.97	44.86	49.07	47.25	5.64	38.50	62.00	0.393 <sup>a</sup>
	Rad	47.08	44.97	49.20	46.90	5.66	37.85	61.45	
Arco mandibular	S/P	31.80	29.02	34.58	32.00	7.43	14.50	47.50	0.498 <sup>a</sup>
	Rad	31.64	28.70	34.58	31.07	7.87	13.16	48.32	
Inclinación del incisivo inferior	S/P	25.70	23.34	28.06	27.50	6.33	5.00	36.00	0.877 <sup>b</sup>
	Rad	25.86	23.37	28.35	27.42	6.67	3.78	36.81	
Inclinación del incisivo superior	S/P	28.87	26.31	31.42	28.75	6.85	5.00	38.50	0.213 <sup>b</sup>
	Rad	29.13	26.54	31.71	28.80	6.93	5.17	39.32	

*\*Diferencias significativas; <sup>a</sup>Basado en el test t de student para muestras relacionadas; <sup>b</sup>Basado en el test no paramétrico Rangos de Wilcoxon*

*S/P: Sin plantilla cefalométrica; Rad: Programa digital Radiocef Studio; DE: Desviación estándar; IC: Intervalo de confianza; Li: Límite inferior del intervalo; Ls: Límite superior del intervalo; Max: Máximo valor obtenido; Min: Mínimo valor obtenido*

- **Comparación de las medidas lineales entre los trazados cefalométricos manuales sin plantilla cefalométrica de Ricketts y los trazados cefalométricos digitales usando el programa Radiocef Studio 2**

Las comparaciones entre medidas lineales entre grupo de trazado cefalométrico manual sin utilizar plantilla cefalométrica de Ricketts y el trazado digital Radiocef Studio 2, se observa que las diferencias halladas son estadísticamente significativas solo para la posición del incisivo inferior ( $p=0.001$ ). Tabla 4.

La diferencia hallada en la medida lineal para la posición del incisivo inferior se debe a la dificultad en la ubicación del incisivo inferior, debido a la superposición de imágenes en el sector anteroinferior

Además, de la misma manera que el cuadro anterior, debe considerar que las radiografías cefalométricas fueron impresas directamente al 91%, trazadas sobre papel de acetato (0,003”) y con un marcador de grafito de 0,5mm; estos detalles que influyen en la posibilidad de menor precisión en los trazados.

Tabla 4: Comparación de las medidas lineales entre los trazados cefalométricos manuales sin plantilla cefalométrica de Ricketts y los trazados cefalométricos digitales usando el programa Radiocef Studio 2

Medidas lineales	Grupos	Media	IC 95%		Mediana	DE	Min	Max	P-valor <sup>a</sup>
			Li	Ls					
Convexidad facial	S/P	3.30	2.30	4.30	3.25	2.68	-2.00	8.50	0.327
	Rad	3.39	2.38	4.39	3.64	2.70	-1.83	8.25	
Posición del incisivo inferior	S/P	4.40	3.03	5.77	5.00	3.68	-5.50	11.50	0.001*
	Rad	4.72	3.32	6.13	5.36	3.76	-5.83	11.67	
Posición labial inferior	S/P	0.38	-0.73	1.50	0.50	2.99	-5.50	4.50	0.706
	Rad	0.40	-0.74	1.54	0.58	3.06	-5.79	4.77	
Posición molar superior	S/P	19.37	17.46	21.28	18.75	5.12	9.00	33.00	0.071
	Rad	19.61	17.74	21.48	18.57	5.01	9.67	31.14	

\*Diferencias significativas; <sup>a</sup>Basado en el test t de student para muestras relacionadas

S/P: Sin plantilla cefalométrica; Rad: Programa digital Radiocef Studio; DE: Desviación estándar; IC: Intervalo de confianza; Li: Límite inferior del intervalo; Ls: Límite superior del intervalo; Max: Máximo valor obtenido; Min: Mínimo valor obtenido.

- **Comparación de las medidas angulares entre los trazados cefalométricos manuales con plantilla cefalométrica de Ricketts y los trazados cefalométricos digitales usando el programa Radiocef Studio 2**

En cuanto a la comparación de los valores de las medidas angulares entre grupos de trazado cefalométrico con plantilla cefalométrica de Ricketts y digitales usando el programa Radiocef Studio 2, se observa que las diferencias halladas son estadísticamente significativas para el caso de Profundidad facial

( $p=0.000$ ), profundidad maxilar ( $p=0.000$ ), ángulo del plano mandibular ( $p=0.0004$ ) y arco mandibular ( $p=0.021$ ). Tabla 5.

Éstas medidas angulares como son la profundidad facial, profundidad maxilar, ángulo del plano mandibular y arco mandibular, al igual que en el trazado cefalométrico manual sin plantilla de Ricketts, tienen como referencia principal al plano de Frankfurt (plano formado por los puntos Porio y Orbitario) y la diferencia radica en la ubicación del punto Porio, debido a que en la técnica de análisis cefalométrico manual con plantilla cefalométrica de Ricketts su ubicación está estandarizada en la regla cefalométrica de Ricketts; esto limita tener en cuenta las diferentes variaciones anatómicas de los seres humanos.

Al comparar el trazado digital usando el programa Radiocef Studio 2 y el trazado con plantilla cefalométrica de Ricketts, se halló una medida angular más con diferencia significativa, a diferencia que cuando el programas es comparado con la técnica sin plantilla cefalométrica de Ricketts; esto es debido a la influencia en ubicación del punto Xi, pues este punto también toma como referencia al plano de Frankfurt (que depende de la ubicación del punto Porio).

Además, todo trazado manual, de la misma manera que los cuadros analizados anteriormente, debe considerar que las radiografías cefalométricas fueron impresas directamente al 91%, trazadas sobre papel de acetato (0,003") y con un marcador de grafito de 0,5mm; estos detalles que influyen en la posibilidad de menor precisión en los trazados.

Tabla 5: Comparación de las medidas angulares entre los trazados cefalométricos manuales con plantilla cefalométrica de Ricketts y los trazados cefalométricos digitales usando el programa Radiocef Studio 2

Medidas angulares	Grupos	Media	IC 95%		Mediana	DE	Min	Max	P-valor
			Li	Ls					
Eje facial	C/P	85.85	84.46	87.24	85.00	3.73	79.00	95.00	0.800 <sup>a</sup>
	Rad	85.82	84.42	87.23	85.24	3.77	78.62	94.84	
Profundidad facial	C/P	89.12	87.93	90.30	89.00	3.17	83.50	97.00	0.000* <sup>a</sup>
	Rad	88.63	87.45	89.81	88.74	3.15	83.23	96.64	
Profundidad maxilar	C/P	92.22	90.96	93.47	92.00	3.37	84.00	97.50	0.002* <sup>a</sup>
	Rad	91.89	90.63	93.16	91.41	3.38	84.11	97.19	
Angulo del plano mandibular	C/P	26.53	24.62	28.44	26.50	5.11	18.00	37.00	0.004* <sup>a</sup>
	Rad	26.76	24.85	28.68	26.85	5.13	18.26	36.76	
Altura de la dentición	C/P	47.11	45.02	49.19	47.25	5.57	38.00	61.00	0.778 <sup>a</sup>
	Rad	47.08	44.97	49.20	46.90	5.66	37.85	61.45	
Arco mandibular	C/P	31.95	29.14	34.76	31.75	7.52	14.00	48.00	0.021* <sup>a</sup>
	Rad	31.64	28.70	34.58	31.07	7.87	13.16	48.32	
Inclinación del incisivo inferior	C/P	25.63	23.22	28.04	27.00	6.46	4.50	36.50	0.422 <sup>b</sup>
	Rad	25.86	23.37	28.35	27.42	6.67	3.78	36.81	
Inclinación del incisivo superior	C/P	29.03	26.44	31.62	28.50	6.94	4.50	39.00	0.323 <sup>b</sup>
	Rad	29.13	26.54	31.71	28.80	6.93	5.17	39.32	

\*Diferencias significativas; <sup>a</sup>Basado en el test t de student para muestras relacionadas; <sup>b</sup>Basado en el test no paramétrico Rangos de Wilcoxon

C/P: Con plantilla cefalométrica; Rad: Programa digital Radiocef Studio; DE: Desviación estándar; IC: Intervalo de confianza; Li: Límite inferior del intervalo; Ls: Límite superior del intervalo; Max: Máximo valor obtenido; Min: Mínimo valor obtenido

- **Comparación de las medidas lineales entre los trazados cefalométricos manuales con plantilla cefalométrica de Ricketts y los trazados cefalométricos digitales usando el programa Radiocef Studio 2**

Del mismo modo, las comparaciones de las medidas lineales entre grupos de trazado cefalométrico con plantilla cefalométrica de Ricketts y digitales usando el programa Radiocef Studio 2, se observa que las diferencias halladas son estadísticamente significativas solamente para el caso de Posición del incisivo inferior ( $p=0.000$ ). Tabla 6.

La diferencia hallada en la medida lineal para la posición del incisivo inferior se debe, de la misma manera que en la comparación de trazado digital con el trazado manual sin plantilla cefalométrica de Ricketts, a la dificultad en la ubicación del incisivo inferior, debido a la superposición de imágenes en el sector anteroinferior

Además, de la misma manera que en las comparaciones anteriores, se debe considerar que las radiografías cefalométricas fueron impresas directamente al 91%, trazadas sobre papel de acetato (0,003”) y con un marcador de grafito de 0,5mm; estos detalles que influyen en la posibilidad de menor precisión en los trazados.

Tabla 6: Comparación de las medidas lineales entre los trazados cefalométricos manuales con plantilla cefalométrica de Ricketts y los trazados cefalométricos digitales usando el programa Radiocef Studio 2

Medidas lineales	Grupos	Media	IC 95%		Mediana	DE	Min	Max	P-valor <sup>a</sup>
			Li	Ls					
Convexidad facial	C/P	3.33	2.35	4.32	3.25	2.63	-1.50	8.00	0.367
	Rad	3.39	2.38	4.39	3.64	2.70	-1.83	8.25	
Posición del incisivo inferior	C/P	4.47	3.10	5.83	4.75	3.66	-5.00	11.50	0.000*
	Rad	4.72	3.32	6.13	5.36	3.76	-5.83	11.67	
Posición labial inferior	C/P	0.40	-0.71	1.51	0.50	2.98	-5.50	4.50	0.994
	Rad	0.40	-0.74	1.54	0.58	3.06	-5.79	4.77	
Posición molar superior	C/P	19.50	17.65	21.35	18.50	4.95	9.50	31.50	0.257
	Rad	19.61	17.74	21.48	18.57	5.01	9.67	31.14	

\*Diferencias significativas; <sup>a</sup>Basado en el test t de student para muestras relacionada

C/P: Con plantilla cefalométrica; Rad: Programa digital Radiocef Studio; DE: Desviación estándar; IC: Intervalo de confianza; Li: Límite inferior del intervalo; Ls: Límite superior del intervalo; Max: Máximo valor obtenido; Min: Mínimo valor obtenido

- **Comparación de las medidas lineales y angulares entre los trazados cefalométricos manuales con plantilla, sin plantilla cefalométrica de Ricketts y los trazados cefalométricos digitales usando el programa Radiocef Studio 2**

Al realizar comparaciones múltiples de las medidas lineales y angulares entre las 3 técnicas de trazado cefalométrico, se observa que las diferencias halladas son estadísticamente significativas para 4 de las medidas angulares: profundidad facial ( $p=0.000$ ), profundidad maxilar ( $p=0.000$ ), ángulo del plano mandibular ( $p=0.007$ ), arco mandibular ( $p=0.039$ ) y 1 medida lineal: posición del incisivo inferior ( $p=0.001$ ). Tabla 7.

Las 4 medidas angulares antes mencionadas presentan diferencia significativa por tener como referencia al plano de Frankfurt, específicamente en la ubicación del punto Porio; puesto que, el programa Radiocef Studio 2 tiene mayor precisión por presentar ventajas como mejor contraste y menor distorsión; a diferencia de los trazados cefalométricos manuales en general que desde el momento de la impresión de la película radiográfica presentan desventajas como la impresión directa al 91%, el uso de papel de acetato de 0,003” y un marcador de grafito de 0,5 mm, detalles que influyen en la menor precisión de los trazados cefalométricos manuales. Pero, a pesar de estos detalles, el trazado cefalométrico manual sin plantilla cefalométrica de Ricketts presenta menor diferencia significativa al ser comparada con el trazado digital; esto debido a que la plantilla cefalométrica de Ricketts estandariza la ubicación del punto Porio, sin considerar las variantes anatómicas de las personas.

**Tabla 7. Comparación de las medidas lineales y angulares entre los trazados cefalométricos manuales con plantilla, sin plantilla cefalométrica de Ricketts y los trazados cefalométricos digitales usando el programa Radiocef Studio 2**

Medidas	Grupos	Media	IC 95%		Mediana	DE	Mínimo	Máximo	P-valor
			Li	Ls					
Eje facial	C/P	85.85	84.46	87.24	85.00	3.73	79.00	95.00	0.358
	S/P	85.63	84.23	87.03	85.00	3.75	77.00	94.00	
	Rad	85.82	84.42	87.23	85.24	3.77	78.62	94.84	
Profundidad facial	C/P	89.12	87.93	90.30	89.00	3.17	83.50	97.00	0.000*
	S/P	89.43	88.23	90.64	89.50	3.22	84.50	97.50	
	Rad	88.63	87.45	89.81	88.74	3.15	83.23	96.64	
Profundidad maxilar	C/P	92.22	90.96	93.47	92.00	3.37	84.00	97.50	0.000*
	S/P	92.67	91.36	93.97	92.75	3.49	84.50	98.50	
	Rad	91.89	90.63	93.16	91.41	3.38	84.11	97.19	
Angulo del plano mandibular	C/P	26.53	24.62	28.44	26.50	5.11	18.00	37.00	0.007*
	S/P	26.48	24.59	28.38	26.00	5.07	18.00	36.00	
	Rad	26.76	24.85	28.68	26.85	5.13	18.26	36.76	
Altura de la dentición	C/P	47.11	45.02	49.19	47.25	5.57	38.00	61.00	0.516
	S/P	46.97	44.86	49.07	47.25	5.64	38.50	62.00	
	Rad	47.08	44.97	49.20	46.90	5.66	37.85	61.45	
Arco mandibular	C/P	31.95	29.14	34.76	31.75	7.52	14.00	48.00	0.039*
	S/P	31.80	29.02	34.58	32.00	7.43	14.50	47.50	
	Rad	31.64	28.70	34.58	31.07	7.87	13.16	48.32	
Inclinación del incisivo inferior	C/P	25.63	23.22	28.04	27.00	6.46	4.50	36.50	0.737 <sup>b</sup>
	S/P	25.70	23.34	28.06	27.50	6.33	5.00	36.00	
	Rad	25.86	23.37	28.35	27.42	6.67	3.78	36.81	
Inclinación del incisivo superior	C/P	29.03	26.44	31.62	28.50	6.94	4.50	39.00	0.233 <sup>b</sup>
	S/P	28.87	26.31	31.42	28.75	6.85	5.00	38.50	
	Rad	29.13	26.54	31.71	28.80	6.93	5.17	39.32	
Convexidad facial	C/P	3.33	2.35	4.32	3.25	2.63	-1.50	8.00	0.604
	S/P	3.30	2.30	4.30	3.25	2.68	-2.00	8.50	
	Rad	3.39	2.38	4.39	3.64	2.70	-1.83	8.25	
Posición del incisivo inferior	C/P	4.47	3.10	5.83	4.75	3.66	-5.00	11.50	0.001*
	S/P	4.40	3.03	5.77	5.00	3.68	-5.50	11.50	
	Rad	4.72	3.32	6.13	5.36	3.76	-5.83	11.67	
Posición labial inferior	C/P	0.40	-0.71	1.51	0.50	2.98	-5.50	4.50	0.619
	S/P	0.38	-0.73	1.50	0.50	2.99	-5.50	4.50	
	Rad	0.40	-0.74	1.54	0.58	3.06	-5.79	4.77	

<b>Posición molar superior</b>	C/P	19.50	17.65	21.35	18.50	4.95	9.50	31.50	0.167
	S/P	19.37	17.46	21.28	18.75	5.12	9.00	33.00	
	Rad	19.61	17.74	21.48	18.57	5.01	9.67	31.14	

*\*Diferencias significativas ( $p < 0.05$ ); <sup>a</sup>Basado en el test Anova para medida repetidas; <sup>b</sup>Basado en el test no paramétrico de Friedman.*

*C/P: Con plantilla cefalométrica; Rad: Programa digital Radiocef Studio; DE: Desviación estándar; IC: Intervalo de confianza; Li: Límite inferior del intervalo; Ls: Límite superior del intervalo; Max: Máximo valor obtenido; Min: Mínimo valor obtenido*

## **VI. Discusión**

El diagnóstico, en el tratamiento ortodóntico, es muy importante y el punto de partida para un tratamiento exitoso; por este motivo, la cefalometría es el pilar fundamental para lograr un diagnóstico certero.

El uso de los programas digitales para el análisis cefalométrico es una realidad en la práctica de muchos profesionales, debido a que, la adopción de estos sistemas digitales nos facilitan para su almacenamiento así como ahorro de tiempo y practicidad.

Por otra parte, el trazado manual sigue siendo el método de elección para la formación de los nuevos profesionales en los centros de estudios; por este motivo, el estudio de la fiabilidad del trazado cefalométrico ha sido algo común y necesario dado su empleo como herramienta diagnóstica. La aparición de nuevos programas y sus constantes actualizaciones, hacen muy necesarios los nuevos estudios y revisiones.

El presente estudio reporta que, desde el punto de vista clínico, al realizar trazados cefalométricos se puede utilizar cualquiera de las técnicas analizadas en el presente estudio, entre el programa de diagnóstico cefalométrico Radiocef Studio 2 y los métodos de diagnóstico cefalométrico, tanto como el trazado manual con plantilla cefalométrica de Ricketts y el trazado manual sin plantilla cefalométrica de Ricketts; ya que las diferencias estadísticamente halladas están en el rango de las décimas de punto. Estos hallazgos son similares a los encontrados por Centeno e Iglesias (2015),

que no encontró diferencias estadísticamente significativas en el diagnóstico de las alteraciones esqueléticas y dentales, entre el programa Radiocef Studio 2 y el diagnóstico cefalométrico manual; sin embargo, el análisis tomado en cuenta en este estudio fue el de Steiner.

En un estudio similar Esteva et al (2014), realizaron el análisis de Steiner comparando el trazado manual con el programa computarizado Nemoceph Nx y no encontraron diferencia estadísticamente significativa entre ambos grupos ( $p > 0,05$ ), mientras que en esta investigación se hizo el análisis de Ricketts obteniendo resultados similares.

Por otro lado, Pellicer (2014), evaluó la variabilidad y reproducibilidad de una serie de medidas cefalométricas en el trazado manual y en los informáticos con los softwares Nemoceph, Ortomed y Dolphin; y a diferencia de los estudios anteriores encontró que las medidas cefalométricas tienen resultados significativos diferentes dependiendo de los puntos cefalométricos que las conforman. Aquellas que emplean puntos localizados en los incisivos inferiores y en el mentón, fueron las que mayor número de resultados significativos tuvieron en el estudio. Concretamente, los puntos cefalométricos “borde incisal y ápice del incisivo inferior” con el programa Ortomed y el punto cefalométrico “Menton” con el programa Dolphin tuvieron mayor incidencia, esto debido a que en su estudio utilizó diferentes programas y diferentes operadores, en donde la experiencia fue importante también, a diferencia de esta

investigación que no se encontraron diferencias significativas entre los 3 tipos de técnicas para el análisis cefalométrico.

En el Perú, Tafur et al (2002) donde de todas las mediciones hechas, solo encontró diferencia significativa en el ángulo incisivo inferior B sin embargo en las mediciones restantes no hubo diferencia significativa en el análisis de Steiner.

Calle (2016), comparó el análisis cefalométrico hecho de manera manual así como de manera digital mediante un programa computarizado Nemoceph. En ese estudio también se realizó el análisis cefalométrico de Steiner y al igual que este estudio, en la mayoría de las mediciones no se encontró diferencia significativa.

Bonilla (2014) concluyó que la localización de los puntos cefalométricos utilizando un programa computarizado es definitivamente mejor, mientras que esta investigación llegó a la conclusión que no hay diferencias significativas entre los 3 métodos para el análisis cefalométrico; por lo tanto, no se podría decir que una es mejor que la otra.

Toledo et al. (2013) y Tafur et al. (2002), de la misma manera que gran parte de los estudios referentes anteriores, resolvieron que a pesar de encontrar pocas diferencias estadísticamente significativas, la reproducibilidad entre ambas técnicas no fueron clínicamente significativas, tal como concluyo en el presente estudio..

Finalmente, en el presente estudio así como en los anteriormente mencionados, se pudo determinar que no hay diferencia significativa en la mayoría de las mediciones en relación al trazado cefalométrico, por lo tanto, se resalta la fiabilidad de ambos métodos diagnósticos.

## VII. Conclusiones

- Para las medidas angulares al utilizar los trazados cefalométricos manuales con y sin plantilla cefalométrica de Ricketts, los valores promedios son similares con diferencias en décimas, así también presentan baja dispersión de los datos en relación con su media respectiva.
- Al utilizar los trazados cefalométricos manuales con y sin plantilla cefalométrica de Ricketts para las medidas lineales, los valores promedios son similares sin embargo la presencia de valores negativos en algunas medidas aumenta la dispersión de los datos en el caso de convexidad facial, posición del incisivo inferior y con baja dispersión con respecto a su media en el caso de posición molar superior.
- Para las medidas angulares profundidad facial, profundidad maxilar y ángulo del plano mandibular presentan diferencias estadísticamente significativas al usar trazado manual sin plantilla cefalométrica de Ricketts comparado con el trazado digital.
- Solo una medida lineal, la posición del incisivo inferior presentaron diferencias estadísticamente significativas al utilizar trazado manual sin plantilla cefalométrica de Ricketts comparado con el trazado digital.
- Al utilizar el trazado manual con plantilla cefalométrica de Ricketts difiere significativamente al utilizar trazado digital para las medidas angulares profundidad facial, profundidad maxilar, ángulo del plano mandibular y arco mandibular.

- Los valores de la medida lineal, posición del incisivo inferior, obtenida por el uso de trazado manual con plantilla cefalométrica de Ricketts y el trazado digital, difiere significativamente entre ambos grupos.
- Los valores de profundidad facial, profundidad maxilar, ángulo del plano mandibular, arco mandibular y posición del incisivo inferior presentan diferencia en al menos dos de las técnicas utilizadas
- Desde el punto de vista clínico al realizar trazados cefalométricos se puede utilizar cualquiera de las técnicas analizadas en el presente estudio, ya que las diferencias estadísticamente halladas están en el rango de las décimas de punto.

## VIII. Recomendaciones

- Se recomienda que debe realizarse pruebas de calibración inter e intraexaminador con un especialista de ortodoncia, hasta obtener un índice de confiabilidad CCI mayor a 0,8.
- Trabajar con una mayor cantidad de muestra para analizar si las pocas medidas con diferencia significativa encontradas en esta investigación aún se siguen permaneciendo o desaparecen.
- Hacer un análisis comparativo del trazado cefalométrico digital entre los diferentes programas que se encuentran en el mercado como: Nemoceph, Radiocef Studio 2, Dolphin, Ortomed, etc., para identificar si existen diferencias entre los diferentes softwares.
- Realizar un análisis comparativo entre una muestra significativa de especialistas en ortodoncia y comparar la técnica del análisis cefalométrico manual.
- Se debe seguir utilizando los análisis cefalométricos manuales convencionales ya que son igual de útiles que el análisis cefalométrico digital, aparte de ser económicos e importantes en la formación académica de los odontólogos y ortodoncistas.

## IX. Referencias bibliográficas.

1. Aguayo, H. (2012). *Software Especializado en Ortodoncia*. Obtenido de CDI: <http://www.cdi.com.pe/cursos>
2. Balbach, D. R. (1969). The cephalometric relationship between the morphology of the mandible and its future occlusal position. *The Angle Orthodontist*, 39(1), 29-41.
3. Baumrind, S. y Frantz, R. C. (1971). The reliability of head film measurements. Landmark identification. *American Journal of Orthodontics*, 60(2), 111-27.
4. BeGole, E. A. (1980). Software development for the management of cephalometric radiographic data. *Computer Methods and Programs in Biomedicine*, 11(2), 175-82.
5. Bonilla, M., Barrera, J., Arroyave, P. y Díaz, M. (2014). Comparación de la reproducibilidad en las mediciones angulares entre trazado manual y computarizado. *Revista Facultad de Odontología Universidad de Antioquía*, 25(2), 1-8.
6. Broch, J., Slagsvold, O. y Rosler, M. (1981). Error in landmark identification in lateral radiographic headplates. *European Journal of Orthodontics*, 3(1), 9-13.
7. Calle, M. (2016). Evaluación de la diferencia del trazado cefalométrico digital con el trazado manual de Steiner en radiografías laterales del cráneo (tesis de pregrado). Universidad San Martín de Porres, Lima, Perú.

8. Centeno, G. y Iglesias, A. (2015). Eficacia del programa de análisis cefalométrico Radiocef Studio 2 versus el análisis cefalométrico manual. *Revista Postgrado Universidad Católica de Santa María*, 1(1), 67-70.
9. Chen, Y., Chen, S., Chang, H. y Chen, K. (2000). Comparison of landmark identification in traditional versus computer-aided digital cephalometry. *The Angle Orthodontist*, 70(5), 387-392.
10. Cooke, M. y Wei, S. (1991). Cephalometric errors: a comparison between repeat measurements and retaken radiographs. *Australia Dental Journal*, 36(1), 38-43.
11. Esteva, F., Sánchez, A., Meléndez, A. y Cedillo, P. (2014). Estudio comparativo digital y manual con radiografías digitales. *Revista Mexicana de Ortodoncia*, 2(2), 95-98.
12. Fernandez, J. y Da Silva, O. (2009). Atlas. Cefalometría y Análisis Facial. Madrid, España: Ripano.
13. Geelen, W., Wenzel, A., Gotfredsen, E., Kruger, M. y Hansson, L. G. (1998). Reproducibility of cephalometric landmarks on conventional film, hardcopy, and monitor displayed images obtained by the storage phosphor technique. *European Journal of Orthodontics*, 20(3), 331-340.
14. Graber, T. y Vanarsdall, R. (1997). *Ortodoncia. Principios y Técnicas generales*. Buenos Aires, Argentina: Médica Panamericana.
15. Mayoral, J. (1990). *Ortodoncia: Principios fundamentales y práctica*. Madrid, España: Labor.

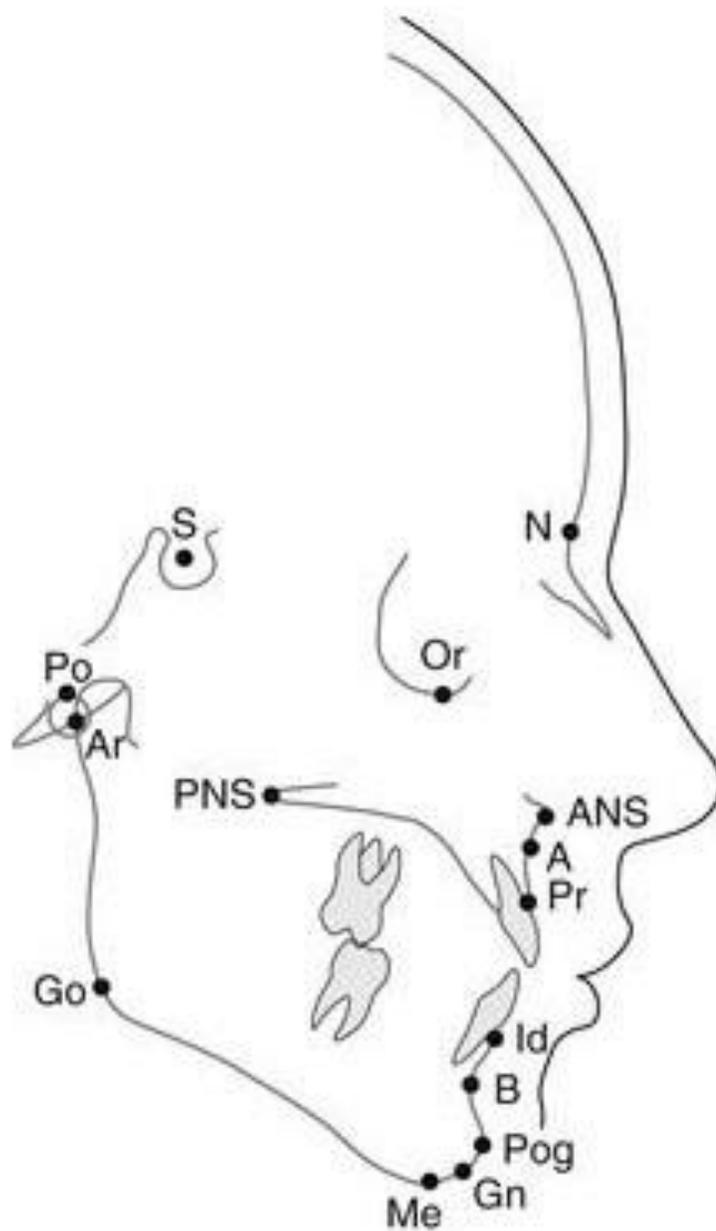
16. Mills, J. R. The application and importance of cephalometry in orthodontic treatment. *The Orthodontist*, 2(2), 32-47.
17. Moyers, R. (1992). *Manual de Ortodoncia*. Buenos Aires, Argentina: Médica Panamericana.
18. Pellicer Castillo, L. D. (2014). *Estudio cefalométrico comparativo entre trazados manuales y digitales con programas informáticos*. (tesis doctoral). Universidad de Salamanca, Salamanca, España.
19. Proffit, W., Fields, H. y Sarver, D. (2014). *Ortodoncia contemporánea*. Barcelona, España: Elsevier.
20. Ricketts, R. M. The evolution of diagnosis to computerized cephalometrics. *American Journal of Orthodontics*, 55(6), 795-803.
21. Ricketts, R. M. The Influence Of Orthodontic Treatment On Facial Growth And Development. *The Angle Orthodontist*, 30(3), 103-133.
22. Rudolph, D., Sinclair, P. y Coggins, J. (1998). Automatic computerized radiographic identification of cephalometric landmarks. *American Journal of Orthodontics*, 113(2), 173-179.
23. Tafur, A. (2002). *Estudio comparativo de la concordancia intra e interexaminador de tres métodos de análisis cefalométrico: manual, computarizado con digitalización en tableta y computarizado con digitalización en pantalla*. (tesis de especialidad). Universidad Peruana Cayetano Heredia, Lima, Perú.

24. Tafur, M., Williams, F. y Meneses, A. (2002). Reproducibilidad de las mediciones cefalométricas de tres métodos de análisis cefalométrico: manual, digitalización en tableta y digitalización en pantalla. *Revista Estomatológica Herediana*, 12(1-2), 9-14.
25. *Template Cefalométrico Benvenga 1995* (2017). Obtenido de Morelli. Ortodontia: <http://www.morelli.com.br/loja/template-cefalometrico-benvenga-1995--7501020.htm>
26. *Template Cefalométrico Benvenga 1995 – Morelli* (2017). Obtenido de Dental Cremer: <https://www.dentalcremer.com.br/produto/413397/template-cefalometrico-benvenga-1995-morelli>
27. Thurow, R. (1977). *Atlas of Orthodontic principles*. St Louis, Estados Unidos: The C.V. Mosby Company.
28. Toledo, D., Lima, M. y Bravo, M. (2014). Estudio comparativo de confiabilidad y precisión entre el método de trazado cefalométrico manual con el digital usando el programa Dolphin Imaging con radiografías cefálicas laterales. *Revista Latinoamericana de Ortodoncia y Ortopedia*. 1(7), 1-10.
29. Turner, P. y Weerakone, S. (2001). An evaluation of the reproducibility of landmark identification using scanned cephalometric images. *Journal of Orthodontics*, 28(3), 221-29.
30. Vig, K. y Ellis, E. (1990). Diagnosis and treatment planning for the surgical-orthodontic patient. *Dental Clinics of North America*, 34(2), 361-84.

# **Anexos**

**Anexo 1**

Ficha de datos. Esquema de los puntos utilizados para los diferentes métodos.



**Anexo 2**

Ficha de recolección de datos.

MEDIDAS	Trazado manual con plantilla cefalométrica de Ricketts	Trazado manual sin plantilla cefalométrica de Ricketts	Trazado digital
ANGULARES	Eje facial		
	Profundidad facial		
	Profundidad maxilar		
	Angulo del plano mandibular		
	Altura de la dentición		
	Arco mandibular		
	Inclinación del incisivo inferior		
	Inclinación del incisivo superior		
LINEALES	Convexidad facial		
	Posición del incisivo inferior		
	Posición labial inferior		
	Posición molar superior		

**Anexo 3**

Carta de presentación.

Lima, 23 de noviembre del 2017

Señor Doctor:

Rubén Carreteros

Propietario del Centro de Diagnóstico Maxilo-facial

De mi mayor consideración:

El que suscribe, Mg. Esp. César Félix Cayo Rojas, docente de la Facultad de Odontología de la Universidad Nacional Federico Villarreal, tiene el agrado de presentar al investigador, Gustavo Daniel Vento Vigil, alumno de la Facultad de Odontología de la Universidad Nacional Federico Villarreal, quien optará al grado de Cirujano Dentista, por nuestra universidad con el Protocolo de tesis titulado “Comparación entre trazados cefalométricos manuales y digitales usando el programa Radiocef Studio 2 en un centro radiológico, Lima – 2017”, quien tiene voluntad de realizar dicha investigación en su Centro Radiológico con fines netamente académicos, motivo por el cual apelo a su buena voluntad y pueda brindarnos un espacio e información para esta investigación.

Sin otro particular lo saludo cordialmente,

---

Mg. Esp. César Félix Cayo Rojas

### Anexo 4

Prueba de normalidad de medidas angulares y lineales para los trazados cefalométricos manuales con plantilla, sin plantilla cefalométrica de Ricketts y los trazados cefalométricos digitales usando el programa Radiocef Studio 2.

Tabla de pruebas de normalidad:

	MEDIDAS	Pruebas de normalidad			
		TECNICAS	Kolmogorov-Smirnov		
			Estadístico	gl	p-valor
ANGULARES	EJE FACIAL	C/R	.123	30	,200
		S/R	.132	30	.196
		Rad	.104	30	,200
	PROFUNDIDAD FACIAL	C/R	.110	30	,200
		S/R	.142	30	.127
		Rad	.104	30	,200
	PROFUNDIDAD MAXILAR	C/R	.100	30	,200
		S/R	.101	30	,200
		Rad	.098	30	,200
	ANGULO DEL PLANO MANDIBULAR	C/R	.084	30	,200
		S/R	.071	30	,200
		Rad	.072	30	,200
	ALTURA DE LA DENTICION	C/R	.105	30	,200
		S/R	.129	30	,200
		Rad	.095	30	,200
	ARCO MANDIULAR	C/R	.114	30	,200
		S/R	.098	30	,200
		Rad	.113	30	,200
INCLINACIÓN DEL INCISIVO INFERIOR	C/R	.150	30	.081	
	S/R	.145	30	.106	
	Rad	.168	30	.030*	
INCLINACIÓN DEL INCISIVO SUPERIOR	C/R	.164	30	.038*	
	S/R	.171	30	.025*	
	Rad	.148	30	.094	

<b>LINEALES</b>	<b>CONVEXIDAD FACIAL</b>	C/R	.105	30	,200
		S/R	.106	30	,200
		Rad	.105	30	,200
	<b>POSICIÓN DEL INCISIVO INFERIOR</b>	C/R	.078	30	,200
		S/R	.098	30	,200
		Rad	.086	30	,200
	<b>POSICIÓN LABIAL INFERIOR</b>	C/R	.113	30	,200
		S/R	.116	30	,200
		Rad	.138	30	.149
	<b>POSICIÓN MOLAR SUPERIOR</b>	C/R	.113	30	,200
		S/R	.095	30	,200
		Rad	.105	30	,200

\*Ausencia de normalidad ( $p < 0.05$ ); C/P: Con plantilla cefalométrica; S/P: Sin plantilla cefalométrica;

Rad: Programa digital Radiocef Studio2

## **Anexo 5**

Calibración inter e intraexaminador

### **1. Análisis de concordancia interexaminador entre el investigador y especialista para medidas angulares y lineales utilizando plantilla de Ricketts.**

Una especialista y docente en ortodoncia y ortopedia maxilar con más de 10 años de experiencia (Katty Acevedo Luna) y el investigador principal (Gustavo Daniel Vento Vigil) realizaron las mediciones cefalométricas de Ricketts (las doce mediciones escogidas para la investigación) en 3 radiografías cefalométricas laterales. Utilizando los trazados cefalométricos de forma independiente y por separado. En la calibración intraexaminador, después de 2 días, el investigador principal volvió a realizar los tres trazados cefalométricos en las mismas radiografías y en diferente orden. En ambas calibraciones, las concordancias se estimaron aplicando el coeficiente de correlación de interclase (CCI) por ser un trabajo cuantitativo, con el objetivo de calibrar al investigador principal en la realización del análisis de Ricketts, en las radiografías cefalométricas escogidas para la calibración (estimación de puntos, ángulos y distancias).

Para determinar la consistencia de resultados del instrumento de medición se aplicó el método de confiabilidad inter-examinador, entre el investigador y un especialista, utilizando para ello el coeficiente de correlación intraclase para variables cuantitativas.

En primera instancia se procedió a realizar 10 mediciones por cada una de las medidas angulares y lineales de ricketts, realizando las mediciones respectivas utilizando la misma herramienta, realizado por el investigador y el especialista.

***Coefficiente de correlación intraclase (CCI) para medidas angulares y lineales.*** Se analizó los datos en el programa SPSS 24 para poder realizar el análisis factorial de ANOVA con lo que se obtienen valores necesarios para el cálculo del CCI, que se describe a continuación:

$$CCI = \frac{k * SC_{Entre} - SS_{Total}}{(k - 1) * SS_{Total}}$$

Donde:

K=Número repeticiones

SC<sub>entre</sub>=Suma de cuadrados entre sujetos

SS<sub>total</sub>=Suma total

Los valores para el cálculo del CCI se obtienen de la tabla de ANOVA.

La interpretación del nivel de confiabilidad, mediante el valor de CCI, se realiza utilizando la siguiente tabla:

Interpretación	
Rango	Confiabilidad
$\leq 30$	Mala o nula
<b>0.31-0.50</b>	Mediocre
<b>0.51-0.70</b>	Moderada
<b>0.71-0.90</b>	Buena
<b>&gt;90</b>	Muy buena

La tabla de ANOVA presentó los siguientes datos

<b>Medidas</b>		<b>Suma de cuadrados</b>	<b>gl</b>	<b>Media cuadrática</b>	<b>F</b>	<b>Sig.</b>
<b>C/R_1</b>	Entre grupos	.612	1	.612	.034	.856
	Dentro de grupos	323.525	18	17.974		
	Total	324.138	19			
<b>C/R_2</b>	Entre grupos	4.513	1	4.513	.356	.558
	Dentro de grupos	228.125	18	12.674		
	Total	232.638	19			
<b>C/R_3</b>	Entre grupos	4.513	1	4.513	.333	.571
	Dentro de grupos	243.625	18	13.535		
	Total	248.138	19			
<b>C/R_4</b>	Entre grupos	3.200	1	3.200	.113	.741
	Dentro de grupos	511.850	18	28.436		
	Total	515.050	19			
<b>C/R_5</b>	Entre grupos	1.596	1	1.596	.039	.846
	Dentro de grupos	735.880	18	40.882		
	Total	737.476	19			
<b>C/R_6</b>	Entre grupos	63.013	1	63.013	1.161	.296
	Dentro de grupos	977.125	18	54.285		
	Total	1040.138	19			
<b>C/R_7</b>	Entre grupos	42.050	1	42.050	.761	.395
	Dentro de grupos	995.250	18	55.292		
	Total	1037.300	19			
<b>C/R_8</b>	Entre grupos	3.200	1	3.200	.056	.815
	Dentro de grupos	1025.850	18	56.992		
	Total	1029.050	19			

<b>C/R_9</b>	Entre grupos	.450	1	.450	.051	.824
	Dentro de grupos	159.600	18	8.867		
	Total	160.050	19			
<b>C/R_10</b>	Entre grupos	.113	1	.113	.007	.932
	Dentro de grupos	273.025	18	15.168		
	Total	273.138	19			
<b>C/R_11</b>	Entre grupos	12.013	1	12.013	1.200	.288
	Dentro de grupos	180.225	18	10.013		
	Total	192.238	19			
<b>C/R_12</b>	Entre grupos	5.513	1	5.513	.271	.609
	Dentro de grupos	366.225	18	20.346		
	Total	371.738	19			

**Cálculo del CCI:** Utilizando la siguiente fórmula se calculó el valor del Coeficiente de correlación intraclase para cada una de las medidas tanto angulares como lineales.

$$CCI = \frac{k * SC_{Entre} - SS_{Total}}{(k - 1) * SS_{Total}}$$

## Coeficientes de correlación intraclase

	<b>MEDIDAS</b>	<b>CCI</b>
<b>ANGULARES</b>	Eje facial	0.996
	Profundidad facial	0.961
	Profundidad maxilar	0.964
	Angulo del plano mandibular	0.988
	Altura de la dentición	0.996
	Arco mandibular	0.879
	Inclinación del incisivo inferior	0.919
	Inclinación del incisivo superior	0.994
<b>LINEALES</b>	Convexidad facial	0.994
	Posición del incisivo inferior	0.999
	Posición labial inferior	0.875
	Posición molar superior	0.970

**Interpretación:** todas las medidas evaluadas, excepto la medida del arco mandibular (CCI=0.879, buena confiabilidad), presentan muy buena confiabilidad inter-examinador con valores mayores a 0.9.

**2. Análisis de concordancia intra-examinador dentro del mismo investigador para las medidas angulares y lineales de Ricketts utilizando plantilla.**

Para determinar la consistencia de resultados del instrumento de medición se aplicó el método de confiabilidad intra-examinador, entre dos mediciones realizadas por el mismo investigador, utilizando para ello coeficiente de correlación intraclase (CCI) para variable cuantitativa.

En primera instancia se procedió a la recolección de los datos de 10 radiografías realizando las mediciones respectivas utilizando la misma herramienta, realizado por el investigador.

Para efectos de eliminación de factores que podrían interferir en la toma correcta de datos, se evaluó solo 5 radiografías por día, donde las dos mediciones se evaluaron el mismo día con un intermedio de tiempo de 5 minutos entre mediciones.

*Coefficiente de correlación intraclase (CCI) para para medidas angulares y lineales.* Se analizó los datos en el programa SPSS 24 para poder realizar el análisis factorial de ANOVA con lo que se obtienen valores necesarios para el cálculo del CCI, que se describe a continuación:

$$CCI = \frac{k * SC_{Entre} - SS_{Total}}{(k - 1) * SS_{Total}}$$

Donde:

K=Número repeticiones

$SC_{\text{entre}}$ =Suma de cuadrados entre sujetos

$SS_{\text{total}}$ =Suma total

Los valores para el cálculo del CCI se obtienen de la tabla de ANOVA.

La interpretación del nivel de confiabilidad, mediante el valor de CCI, se realiza utilizando la siguiente tabla:

Interpretación	
Rango	Confiabilidad
$\leq 30$	Mala o nula
<b>0.31-</b> <b>0.50</b>	Mediocre
<b>0.51-</b> <b>0.70</b>	Moderada
<b>0.71-</b> <b>0.90</b>	Buena
<b>&gt;90</b>	Muy buena

La tabla de ANOVA presentó los siguientes datos

<b>Medidas</b>		<b>Suma de cuadrados</b>	<b>gl</b>	<b>Media cuadrática</b>	<b>F</b>	<b>Sig.</b>
<b>C/R_1</b>	Entre grupos	12.013	1	12.013	1.069	.315
	Dentro de grupos	202.225	18	11.235		
	Total	214.238	19			
<b>C/R_2</b>	Entre grupos	.050	1	.050	.006	.939
	Dentro de grupos	148.900	18	8.272		
	Total	148.950	19			
<b>C/R_3</b>	Entre grupos	6.050	1	6.050	.546	.470
	Dentro de grupos	199.500	18	11.083		
	Total	205.550	19			
<b>C/R_4</b>	Entre grupos	4.512	1	4.512	.163	.691
	Dentro de grupos	497.125	18	27.618		
	Total	501.638	19			
<b>C/R_5</b>	Entre grupos	15.313	1	15.313	.446	.513
	Dentro de grupos	617.625	18	34.313		
	Total	632.938	19			
<b>C/R_6</b>	Entre grupos	63.013	1	63.013	1.611	.221
	Dentro de grupos	704.225	18	39.124		
	Total	767.238	19			
<b>C/R_7</b>	Entre grupos	103.513	1	103.513	1.927	.182
	Dentro de grupos	967.125	18	53.729		

	Total	1070.638	19			
<b>C/R_8</b>	Entre grupos	2.813	1	2.813	.043	.838
	Dentro de grupos	1183.825	18	65.768		
	Total	1186.638	19			
<b>C/R_9</b>	Entre grupos	3.200	1	3.200	.428	.521
	Dentro de grupos	134.600	18	7.478		
	Total	137.800	19			
<b>C/R_10</b>	Entre grupos	14.450	1	14.450	.933	.347
	Dentro de grupos	278.750	18	15.486		
	Total	293.200	19			
<b>C/R_11</b>	Entre grupos	.800	1	.800	.109	.745
	Dentro de grupos	131.750	18	7.319		
	Total	132.550	19			
<b>C/R_12</b>	Entre grupos	7.200	1	7.200	.205	.656
	Dentro de grupos	631.350	18	35.075		
	Total	638.550	19			

**Calculo del CCI:** Utilizando la siguiente fórmula se calculó el valor del Coeficiente de correlación intraclase para cada una de las medidas tanto angulares como lineales

$$CCI = \frac{k * SC_{Entre} - SS_{Total}}{(k - 1) * SS_{Total}}$$

## Coeficientes de correlación intraclase

	MEDIDAS	CCI
ANGULARES	Eje facial	0.888
	Profundidad facial	0.999
	Profundidad maxilar	0.941
	Angulo del plano mandibular	0.982
	Altura de la dentición	0.952
	Arco mandibular	0.836
	Inclinación del incisivo inferior	0.807
	Inclinación del incisivo superior	0.995
	LINEALES	Convexidad facial
Posición del incisivo inferior		0.901
Posición labial inferior		0.988
Posición molar superior		0.977

**Interpretación:** Las medidas del eje facial, arco mandibular e inclinación del incisivo inferior presentaron buena confiabilidad, las demás medidas con valores de CCI mayores a 0.9 presentan muy buena confiabilidad intra-examinador, lo que confirma la concordancia en las mediciones realizadas por el investigador.

## Anexo 6

## Matriz de consistencia

PROBLEMA	OBJETIVOS	HIPÓTESIS	VARIABLE	ESCALA Y TIPO DE VARIABLE	INDICADORES	MÉTODO
<p><b>Problema general:</b></p> <p>¿Cuál es el grado de variación en la reproducibilidad y precisión de las mediciones angulares y lineales entre los trazados cefalométricos manuales y digitales?</p>	<p><b>Objetivo general:</b></p> <p>- Comparar la reproducibilidad y precisión de las medidas angulares y lineales entre los trazados cefalométricos manuales sin plantilla cefalométrica de Ricketts, con plantilla cefalométrica de Ricketts y los trazados cefalométricos digitales usando el programa Radiocef Studio 2.</p> <p><b>Objetivos específicos:</b></p> <p>- Analizar la reproducibilidad y precisión de las medidas angulares del trazado cefalométrico manual sin plantilla cefalométrica de Ricketts y con plantilla cefalométrica de Ricketts.</p> <p>- Analizar la reproducibilidad y precisión de las medidas lineales del trazado cefalométrico manual sin plantilla cefalométrica de Ricketts y con plantilla cefalométrica de Ricketts.</p> <p>- Comparar la reproducibilidad y precisión de las medidas angulares entre los trazados cefalométricos manuales sin plantilla cefalométrica de Ricketts y los trazados cefalométricos digitales usando el programa Radiocef Studio 2.</p>	<p><b>Hipótesis general:</b></p> <p>Existiría diferencia al comparar la reproducibilidad y precisión de las medidas angulares y lineales entre los trazados cefalométricos manuales con plantilla cefalométrica de Ricketts, sin plantilla cefalométrica de Ricketts y los trazados cefalométricos digitales</p>	<p><b>Variable de trabajo</b></p> <p>Reproducibilidad y precisión de las medidas angulares y lineales</p>	<p><b>Escala de variable</b></p> <p>Intervalo</p> <p><b>Tipo de variable</b></p> <p>Cuantitativa continua</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Eje Facial</li> <li>• Profundidad Facial</li> <li>• Ang. Plano Mandibular</li> <li>• Altura Facial Inferior</li> <li>• Arco Mandibular</li> <li>• Profundidad Maxilar</li> <li>• Inc. Inf. A Plano Mandibular</li> </ul>	<p><b>Tipo de investigación:</b></p> <p>Correlacional, Prospectivo, Transversal y Comparativo</p> <p><b>Diseño de investigación:</b></p> <p>: No experimental.</p>

---

<p>- Comparar la reproducibilidad y precisión de las medidas angulares entre los trazados cefalométricos manuales con plantilla cefalométrica de Ricketts y digitales usando el programa Radiocef Studio 2.</p> <p>- Comparar la reproducibilidad y precisión de las medidas lineales entre los trazados cefalométricos manuales sin plantilla cefalométrica de Ricketts y los trazados cefalométricos digitales usando el programa Radiocef Studio 2.</p> <p>- Comparar la reproducibilidad y precisión de las medidas lineales entre los trazados cefalométricos manuales con plantilla cefalométrica de Ricketts y los trazados cefalométricos digitales usando el programa Radiocef Studio 2.</p> <p>- Comparar la reproducibilidad y precisión de las medidas lineales entre los trazados cefalométricos manuales sin plantilla cefalométrica de Ricketts, con plantilla cefalométrica de Ricketts y los trazados cefalométricos digitales usando el programa Radiocef Studio 2.</p> <p>- Comparar la reproducibilidad y precisión de las medidas angulares entre los trazados cefalométricos manuales sin plantilla cefalométrica de Ricketts, con plantilla cefalométrica de Ricketts y los trazados cefalométricos digitales usando el programa Radiocef Studio 2.</p>	<p>usando el programa Radiocef Studio 2.</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Inc. Sup. A BA-NA</li> <li>• Convexidad Facial</li> <li>• Distancia A-Pg</li> <li>• I – A –Pg</li> <li>• Inc. Inf. A Plano Oclusal</li> </ul>
--	--	--

---