



UNIVERSIDAD NACIONAL DE COLOMBIA

**DISCREPANCIAS DE TAMAÑO DENTAL (ÍNDICE DE BOLTON) EN UNA MUESTRA DE MODELOS DIGITALES TRIDIMENSIONALES DE PACIENTES CON OCLUSIÓN IDEAL; VALIDACIÓN DEL MÉTODO Y DESCRIPCIÓN DE HALLAZGOS MÉTRICOS**

**Catalina Jaramillo Arbeláez**

Universidad Nacional de Colombia

Facultad de Odontología

Posgrado de Ortodoncia

Bogotá D.C. Colombia

2015

# **DISCREPANCIAS DE TAMAÑO DENTAL (ÍNDICE DE BOLTON) EN UNA MUESTRA DE MODELOS DIGITALES TRIDIMENSIONALES DE PACIENTES CON OCLUSIÓN IDEAL; VALIDACIÓN DEL MÉTODO Y DESCRIPCIÓN DE HALLAZGOS MÉTRICOS**

**Catalina Jaramillo Arbeláez**

Trabajo de investigación presentado como requisito para optar al título de:  
**Especialista en Ortodoncia y Ortopedia Maxilar**

Director: Dra. Sonia Victoria Guevara Pérez

Línea de Investigación  
Desarrollo Académico en Ortoactiv – Línea biometría

Universidad Nacional de Colombia

Facultad de Odontología.

Posgrado de Ortodoncia

Bogotá D.C. Colombia

2015

*“Lo maravilloso es que el ejercicio moderno de la enseñanza no haya ahogado por completo la sagrada curiosidad por investigar, pues esta delicada plantita, además de estímulo, necesita, esencialmente, de la libertad, sin la cual parece de modo inevitable.”*

*Albert Einstein*



## Resumen

**Introducción:** Los modelos en yeso de los arcos dentales han sido ampliamente estudiados y medidos a lo largo de la historia de la odontología con diferentes propósitos, especialmente para el diagnóstico y la planeación de tratamientos. En años recientes, se ha observado una tendencia creciente hacia el uso de imágenes tridimensionales (3D), sobre todo con el fin de digitalizar dichos modelos en yeso. Lo anterior otorga variados beneficios como la reducción del tiempo de medición, adecuada aproximación, fácil acceso y archivo. El análisis de Bolton fue creado desde 1958 por el Dr. Wayne Bolton y relaciona el ancho mesodistal de los dientes mandibulares en comparación con los maxilares del mismo individuo, como herramienta para el diagnóstico de discrepancias de tamaño. El objetivo del presente documento fue determinar y describir los valores del coeficiente de Bolton encontrados en la totalidad una muestra digitalizada, para establecer un parámetro soportado en pacientes con oclusión ideal de la población colombiana y así mismo, tener un patrón de comparación entre las mediciones a partir de modelos en yeso y en medio digital.

**Materiales y métodos:** La muestra consistió en 61 modelos digitalizados tridimensionalmente con un escaner 3D NextEngine, con tecnología MultiStripe Laser Triangulation (MLT), provenientes de un estudio previo en una población con oclusión ideal sin tratamiento previo de ortodoncia, donde se tomaron impresiones dentales a 73 individuos (50 mujeres y 23 hombres) nacidos y criados en Colombia. Se realizaron mediciones del ancho mesodistal con el software FreeCAD, y se estableció el coeficiente de Bolton total y anterior de la población estudiada. Adicionalmente, se escogieron 15 modelos al azar para establecer el grado de error y repetitividad entre las mediciones digitales y en físico. Por medio del programa PAST V 3.05, se realizó la validación del método mediante las pruebas T de Student de muestras pareadas, test de Dahlberg, ANOVA de dos vías y la medición de coeficientes de correlación. Se utilizó estadística descriptiva.

**Resultados:** Del total de modelos digitales medidos (n:61), se encontró un promedio de 90,72% (DS 1,76%), para el coeficiente de Bolton total con unos resultados mínimos de 86% y máximos de 94%. Para el sector anterior se encontró un promedio de 76,67%, (DS 2,37%), con valores mínimos de 70% y máximos de 82%. En definitiva 42 pacientes (68,85%) tuvieron rangos entre 75,5%-79,5% en coeficiente anterior, 13 pacientes (21,31%) entre 70,5%-75%, y los restantes 6 sujetos (9,83%) tuvieron promedios entre 80%-83%. Tomando en cuenta el índice de Bolton total se encontró que 47 sujetos (77,04%) tuvieron promedios entre 87,5% y 91,5%, 12 pacientes (19,67%) entre 92%-93,5%, y 2 pacientes (3,27%) hubo un promedio entre 86%-87%. Se observó un aumento de las mediciones del ancho mesodistal cuando se realizaron sobre los modelos en yeso (0,5-1,5%). Mientras que en el índice de Bolton el aumento 0,4% en el coeficiente total y 0,5% en el anterior, según los índices de referencia utilizados en la actualidad. Sin embargo el grado de repetitividad entre las mediciones puede considerarse aceptable ya que no se encontraron diferencias estadísticamente significativas. Se consideró un error bajo o aceptable en las pruebas de T-test pareado, Wilcoxon y Dalhberg

**Conclusiones:** Los rangos del coeficiente de Bolton total y anterior usados actualmente sí podrían aplicarse a la población colombiana evaluada, ya que no se encontraron diferencias significativas entre los valores. En cuanto a las diferencias encontradas entre los diferentes métodos de medición (físico y digital) no fueron significativas, lo que indica la utilización del software freeCAD como herramienta adicional para medir modelos es adecuada ya que brinda una adecuada precisión y repetitividad para este tipo de mediciones. Sin embargo, se encontraron valores aumentados cuando la medición se realizó en medio físico. Se encontró que el tamaño mesodistal dental se acompañó entre dientes anteriores y posteriores con el fin de establecer una oclusión ideal.

**Palabras clave:** (Bolton; Modelos en yeso; Digitalización 3D; reproducibilidad, confiabilidad).

## Abstract

**Introduction:** Plaster models have been extensively studied and measured along the history of dentistry for different purposes, especially for diagnosis and treatment planning. In recent years, there has been a growing trend towards the use of three-dimensional images (3D), especially in order to digitize these plaster models. This provides many benefits such as reducing time measurement, adequate approximation, easy access and archiving. Bolton analysis was created in 1958 by Dr. Wayne Bolton and relates the mesiodistal width of lower teeth compared to upper teeth of the same individual, as a diagnostic tool to identify size discrepancies. The purpose of this paper was to determine and describe Bolton coefficient values found in all a digitized sample, to establish a parameter supported in Colombian population with ideal occlusion, also to have a comparison between plaster models measurements and digitals.

**Materials and Methods:** The sample consisted of 61 digitized models (3D) scanned with a 3D NextEngine scanner, MULTISTRIFE technology Laser Triangulation (MLT), from a previous study inside a population with an ideal occlusion and without orthodontic treatment (There were 73 dental impressions taken to 50 women and 23 men born and raised in Colombia). Mesodistal width measurements were taken with the software FreeCAD, and the Bolton's coefficient was established. In addition, 15 models were randomly selected to establish error degree and repeatability between digital and physical measurements. PAST method program through 3.05 V was used for validation using the Student's t test for paired samples, Dahlberg's test, two-way ANOVA and correlation coefficients measurement. Descriptive statistics were used.

**Results:** From total sample of digital models ( $n = 61$ ), there was found an average of 90.72% (SD 1.76%) for the Bolton's overall ratio, with minimum values in 86% and maximum in 94%. About the anterior average there was found an average of 76.67% (DS

2.37%), with minimum values in 70% and maximum in 82%. Finally, 42 patients (68.85%) had ranges between 75.5% -79.5% in anterior coefficient, 13 patients (21.31%) between 70.5% -75%, and the remaining 6 subjects (9.83%) had averages between 80% -83%. Taking into account the Bolton's overall ratio, 47 subjects (77.04%) had averages between 87.5% and 91.5%, 12 patients (19.67%) between 92%-93.5%, and 2 patients (3.27%) were on average between 86%-87%. Increased mesiodistal width was observed when measurements were made on plaster models (0.5-1.5%). While in Bolton's total index the increase was in 0.4% and 0.5% in the total coefficient, according to the parameters of reference used today. However, the degree of repeatability between measurements can be considered acceptable because no statistically significant differences were found. Low or acceptable error was considered in paired t-test, Wilcoxon's and Dahlberg's test.

**Conclusions:** Bolton's total and anterior index currently used around the world could be applied to the Colombian population evaluated in this study, because there were no significant differences between the values found. Differences between the different measurement methods (physical and digital) were not significant, indicating the use of FreeCAD software as an additional tool to measure models; it provides adequate accuracy and repeatability in this type of measurements. However, increased values were found when the measurement is performed in the physical way. It was found that the dental mesodistal width is accompanied between anterior and posterior teeth in order to establish an ideal occlusion.

**Keywords:** Bolton; dental cast; 3D Digitized; reproducibility, accuracy.



# Contenido

	Pág.
<b>Resumen</b> .....	<b>V</b>
<b>1. Introducción</b> .....	<b>4</b>
<b>2. Planteamiento del Problema</b> .....	<b>7</b>
<b>3. Justificación</b> .....	<b>10</b>
<b>4. Objetivos</b> .....	<b>12</b>
4.1 Objetivo general .....	12
4.2 Objetivos específicos.....	12
<b>5. Marco Teórico</b> .....	<b>13</b>
5.1 Impresiones y modelos en yeso .....	13
5.2 Medición de modelos.....	14
5.3 Discrepancias de tamaño y análisis de Bolton.....	15
5.4 Aplicabilidad del análisis de Bolton .....	18
<b>6. Materiales y Métodos</b> .....	<b>21</b>
6.1 Tipo de Estudio .....	21
6.2 Universo .....	21
6.3 Muestra .....	21
6.4 Variables .....	22
6.5 Criterios de Inclusión .....	22
6.6 Criterios de exclusión .....	22
6.7 Error del método y mediciones .....	23
6.8 Procesamiento de datos.....	24
6.9 Consideraciones éticas .....	24
6.10 Recolección de datos .....	25
6.11 Plan de recolección de la información .....	26
6.12 Análisis estadístico .....	27
<b>7. Resultados</b> .....	<b>28</b>
<b>8. Discusión</b> .....	<b>41</b>
<b>9. Conclusiones</b> .....	<b>48</b>
<b>10. Limitantes</b> .....	<b>49</b>
<b>11. Recomendaciones</b> .....	<b>50</b>

<b>Bibliografía .....</b>	<b>51</b>
<b>A. Anexo 1: Primera medición digital en 15 modelos aleatorios .....</b>	<b>55</b>
<b>B. Anexo 2: Segunda medición digital en 15 modelos aleatorios.....</b>	<b>56</b>
<b>C. Anexo: Primera medición en físico sobre 15 modelos en yeso aleatorios .....</b>	<b>57</b>

## Lista de Figuras

<b>Figura 6.1</b>	<b>Comparación de promedios de medición del ancho mesodistal de primer molar a primer molar contralateral superior e inferior, para dos mediciones digitales y una medición en físico.....</b>	<b>25</b>
<b>Figura 6.2</b>	<b>Comparación de promedios de medición del ancho mesodistal de canino a canino contralateral superior e inferior, para dos mediciones digitales y una medición en físico .....</b>	<b>25</b>
<b>Figura 6.3</b>	<b>Comparación de promedios resultantes del análisis de Bolton total en dos mediciones digitales sobre 15 modelos aleatorios y una en medio físico sobre modelos en yeso.....</b>	<b>26</b>
<b>Figura 6.4</b>	<b>Comparación de promedios resultantes del análisis de Bolton anterior en dos mediciones digitales sobre 15 modelos aleatorios y una en medio físico sobre modelos en yeso.....</b>	<b>26</b>
<b>Figura 6.5</b>	<b>Diagrama de cajas con rangos del análisis de Bolton total y anterior.....</b>	<b>27</b>
<b>Tabla 6.1</b>	<b>Datos generales de medición mesodistal de dientes superiores y promedio de análisis de Bolton total y anterior.....</b>	<b>28-29</b>
<b>Tabla 6.2.</b>	<b>Datos generales de medición mesodistal dientes inferiores.....</b>	<b>30-31</b>
<b>Figura 6.6</b>	<b>Histograma comparativo entre valores del índice de Bolton anterior y total.....</b>	<b>32</b>
<b>Figura 6.7</b>	<b>Relación del comportamiento del análisis de Bolton anterior y total.....</b>	<b>33</b>
<b>Figura 6.8</b>	<b>Análisis de regresión relacionando índice de Bolton anterior y total.....</b>	<b>34</b>
<b>Figura 6.9.</b>	<b>Regresión lineal de análisis de Bolton total. Doble medición de 15 modelos digitales aleatorios.....</b>	<b>35</b>
<b>Figura 6.10.</b>	<b>Regresión lineal de análisis de Bolton anterior. Doble medición de 15 modelos digitales aleatorios.....</b>	<b>35</b>

# 1. Introducción

Los modelos en yeso de los arcos dentales han sido ampliamente estudiados y medidos a lo largo de la historia de la odontología con diferentes propósitos y especialmente se convierte en una necesidad para el ortodoncista, en cuanto al diagnóstico y la planeación de tratamientos. Actualmente, se cuenta con una herramienta tecnológica con aplicaciones en informática o softwares especializados que tienen la capacidad de digitalizar dichos moldes en yeso, y facilitan de esta manera la medición y archivo de esta valiosa información del paciente.

En años recientes, hemos sido observadores de una tendencia creciente en la ortodoncia hacia el uso de imágenes tridimensionales (3D) para fines de tratamiento, planificación, fabricación de aparatos y sobre todo para el diagnóstico y recolección de la información del paciente. Por ejemplo, para la realización del análisis de Bolton, medición de diámetros mesodistales, longitud y ancho de arco dental, overjet y overbite entre otros (1) (2). Otorgando variados beneficios como la reducción del tiempo de medición (3), fácil acceso y transmisión de la información del paciente, poca necesidad de espacio físico (4), además de contar con una adecuada aproximación y bajo error (5) (6), así como la facilidad del proceso de medición.

La facultad de Odontología de la Universidad Nacional cuenta en la actualidad con 61 modelos digitalizados tridimensionalmente, provenientes de un estudio previo en una población con oclusión ideal sin tratamiento previo de ortodoncia (7). Donde se tomaron impresiones dentales a 73 individuos (50 mujeres y 23 hombres) nacidos y criados en Colombia, y sobre los cuales se midió la longitud y el ancho del arco.

En el presente estudio de investigación, se realizó la calibración del observador y se establecieron unos puntos de medición sobre los modelos en físico, y los modelos digitales. Finalmente, se determinó y describieron los valores del coeficiente de Bolton encontrados en la totalidad de la muestra digitalizada y se estableció un parámetro soportado en pacientes con oclusión ideal de la población colombiana.



## 2. Planteamiento del Problema

Hoy en día los avances tecnológicos en la ortodoncia han permitido convertir los modelos en yeso, en modelos digitales con formato tridimensional (3D), como una alternativa ideal para la realización de mediciones en el campo de la odontología, pudiendo ser uno de los avances más significativos, ya que las imágenes prácticamente han permanecido en dos dimensiones (2D) por 50 años (8).

El potencial de las imágenes digitales de los modelos claramente trasciende la información de las réplicas en yeso, otorgando variados beneficios como la facilidad y reducción del tiempo de medición (3), fácil acceso y transmisión de la información del paciente, adicionalmente se evita la necesidad de contar con amplios espacios físicos para su almacenamiento (4), además de tener una adecuada aproximación y bajo error de medición (5) (6).

Los modelos digitales fueron introducidos comercialmente en Estados Unidos por OrthoCad TM en el año de 1999 (Cadent, Carlstadt, NJ, USA), y en el año 2001 por Emodels TM; cada uno con tecnología propia: mientras el OrthoCad escaneaba el modelo en tajadas delgadas, Emodels escaneaba la superficie del modelo en yeso. Recientemente, se encuentran ya disponibles tecnologías que permiten incluso el escaneo de las impresiones dentales, para generar un modelo tridimensional virtual o los escáneres intraorales, que permiten realizar una imagen tridimensional a partir de tomas realizadas directamente en la boca del paciente, obviando así la necesidad del modelo en yeso (9).

Con referencia al error del método de medición sobre los modelos digitales, se puede comunicar que tienen una precisión de +/- 0.27 mm; también se puede afirmar que existen variaciones relacionadas con el posicionamiento de los puntos de medición por parte del operador, los cuales oscilan entre 0,02-0,14 mm, siendo mucho menores que las variaciones observadas en las mediciones manuales sobre modelos en yeso, las cuales se encuentran en un rango entre 0,14-0,48 mm (10).

Estudios recientes han corroborado que los softwares digitales reproducen fielmente las características dentales con un alto grado de aproximación (11). Cabe aclarar que existen diversos métodos para la medición de este análisis a partir de modelos en yeso, como por ejemplo con el calibrador de Boley (12), o el de puntas finas, utilizado a menudo para medir la distancia mesodistal de los dientes en el modelo de yeso.

El análisis de Bolton fue creado desde 1958 por el Dr. Wayne Bolton (13), y relaciona el ancho mesodistal de los dientes maxilares en comparación con los mandibulares del mismo individuo. El logro de una adecuada relación de tamaño dental, es la base fundamental para crear una oclusión ideal. En presencia de alguna discrepancia, se hace necesario realizar desgastes en la región interproximal dental con el fin de lograr un adecuado engranaje. Actualmente, se usa este coeficiente de Bolton como herramienta de referencia y de diagnóstico entre los ortodoncistas alrededor del mundo. Sin embargo, es importante aclarar que ese estudio, fue realizado sobre una muestra foránea, y su aplicación en la población colombiana u otras, puede ser reservada o discutible.

Aunque no se encontraron suficientes investigaciones en Colombia donde se analice el índice de Bolton de la población, se puede citar el estudio de Parada y colaboradores (14), cuyo objetivo consistió precisamente en evaluar este índice en 404 modelos de individuos de una población específica, teniendo en cuenta el género del paciente, clasificación esquelética y tipo de maloclusión. Los resultados de este estudio indicaron diferencias significativas respecto a la investigación del Dr. Bolton, siendo mayores las proporciones encontradas en la población colombiana, y especialmente mayor en los hombres con clase I esquelética.



---

Acerca del error del método de medición sobre los modelos digitales, se puede citar un estudio realizado por la Universidad CES en el 2013, cuyo propósito fue evaluar la confiabilidad del índice PAR de los modelos dentales digitales en 3D (OrthoInsight 3D) en el diagnóstico de problemas oclusales, comparado con las mediciones realizadas sobre modelos físicos con un calibrador digital (15). Se encontró que los resultados obtenidos en las mediciones, fueron reproducibles al utilizar tanto técnicas manuales como digitales para la evaluación del índice PAR, demostrando un alto grado de confiabilidad consecuente con 0,98.

Sin embargo, otro estudio similar comparó las medidas de las relaciones oclusales y las longitudes de arco en modelos en yeso y digitales, encontrándose diferencias significativas entre los dos métodos, ya que en ocho de las 16 medidas características, se encontró que los modelos de yeso fueron más reproducibles que los digitales. Indicando que la copia de estos últimos no fue realmente de 1:1. En conclusión, se resuelve que las diferencias encontradas entre los métodos no tuvieron la magnitud tal, como para tener significancia clínica (16).

Similar al hallazgo descubierto por Abizadeh y colaboradores (16), fue el encontrado por Jacquet y colaboradores (17), en su estudio, cuyo objetivo fue explorar la metodología de medición en modelos digitales 3D, encontrando que las mediciones hechas en modelos de yeso pueden diferir significativamente de las obtenidas a través del medio digital. Estas diferencias resultan ser clínicamente relevantes, aunque se indica que la estandarización y calibración de los observadores da como resultado una mejora y fiabilidad de las mediciones digitales.

Teniendo en cuenta lo anteriormente mencionado, con el presente trabajo de grado se pretendió tener una mirada global al sistema de medición de discrepancias de tamaño dental del Dr. Bolton en el año 1958 en una muestra foránea, y se validó el método en una población local colombiana.

Adicionalmente y aprovechando las herramientas tecnológicas de la informática, con este estudio se buscó tener un patrón de comparación entre las mediciones a partir de modelos en yeso y en medio digital, calculando el rango de diferencia entre ambos métodos.

### 3. Justificación

Durante las últimas décadas se ha observado un desarrollo significativo en términos de tecnología y computación en torno al sector de la salud, y la ortodoncia no es una excepción, se han venido desarrollando herramientas cada vez más útiles para el diagnóstico y planeación del tratamiento. Tal es el caso del empleo de fotos y radiografías digitales, programas de análisis cefalométrico y hasta proyección e ilustración de planes de tratamiento.

Los modelos en yeso utilizados cotidianamente en la práctica ortodóntica pueden ser digitalizados en dos y tres dimensiones, con el fin de facilitar el acceso a la información y eliminar las limitaciones que presentan los modelos en físico en cuanto al espacio para su archivo y mantenimiento. Mediante las mediciones obtenidas a partir de los modelos digitalizados, se establece una herramienta reconocida y confiable para realizar diferentes análisis. Tal es el caso del coeficiente de Bolton, el cual, se valoró en el presente estudio sobre una muestra de la población local colombiana.

Con la realización del presente estudio se quiso invitar a los profesionales en ortodoncia y odontología en general, a utilizar las herramientas digitales en tres dimensiones (3D), con el fin de utilizarlas como un medio para el diagnóstico, planeación y evolución del plan de tratamiento, por su alto grado de aproximación frente a los modelos en yeso. Adicionalmente, se obtuvo un documento que evidenció los tamaños dentales de referencia en una muestra local colombiana, a partir del cual se encontró un porcentaje de referencia para el análisis de Bolton de esta población, ya que no existían parámetros,

ni suficientes estudios anteriores a este, que indicaran cual era el tamaño dental, ni las proporciones ideales en esta población.

Es por los anteriores motivos que el presente estudio sometió a prueba un método de medición a partir de modelos digitales en 3D mediante el uso de un Software, y por medio de un calibrador de puntas finas para los modelos en yeso, que permitió la medición de la distancia mesodistal de las piezas dentales. Finalmente, se estableció el coeficiente de Bolton de cada uno de los modelos tanto en yeso como digitales, logrando identificar los parámetros estándar de la población local colombiana.

De la misma manera, se resolvió la pregunta de investigación planteada para el estudio: ¿Cuál es la confiabilidad de la medición de la discrepancia de tamaño dental de Bolton en modelos digitalizados tridimensionalmente y cuál es el comportamiento de éste índice en una población con oclusión ideal?. Con el resultado final de este estudio se argumentó respecto a las principales controversias en cuanto a la precisión, confiabilidad y aproximación de las mediciones sobre modelos digitales.

## **4. Objetivos**

### **4.1 Objetivo general**

Calcular el error del método en términos de repetitividad y confiabilidad del análisis de discrepancias de tamaño dental de Bolton, en una muestra de modelos digitalizados tridimensionalmente provenientes de una población con oclusión ideal.

### **4.2 Objetivos específicos**

1. Describir los resultados métricos del análisis de Bolton obtenidos en la muestra con oclusión ideal.
2. Comparar los hallazgos encontrados en la muestra, con las tablas de referencia utilizadas hoy en día como parámetros estándar, y evaluar las diferencias.
3. Evaluar si existe alguna diferencia con respecto al método de medición y los hallazgos encontrados.

## 5. Marco Teórico

### 5.1 Impresiones y modelos en yeso

Los modelos de estudio de las arcadas dentales han sido ampliamente utilizados en la práctica odontológica, ya que proporcionan un registro fiel en forma tridimensional de la morfología dentaria del paciente, donde se logran evaluar las relaciones intermaxilares y las condiciones oclusales de cada individuo. En el campo de la ortodoncia este registro se convierte en una necesidad vital a la hora de indicar un diagnóstico y plan de tratamiento.

Se entiende por oclusión normal: “Aquella que se da cuando los 28 dientes están bien dispuestos sobre los arcos superiores e inferiores y están en armonía con todas las fuerzas estáticas y dinámicas que actúan sobre ellos, es decir la oclusión normal es estable, sana y atractiva estéticamente. Sin embargo, muchos factores influyen en la relación interoclusal correcta, incluida la proporcionalidad del tamaño de los dientes” (18)

El procedimiento de tomar impresiones dentales en el oficio de la odontología se remonta desde comienzos de 1700, donde Philipp Pfaff (19) describió por primera vez mediante el calentamiento de cera la obtención de un registro negativo que representara los arcos dentales, y que luego se utilizaría para verter yeso y de esta manera obtener unos moldes. Posteriormente, a mediados del siglo 19 otros materiales se introdujeron al mercado. Por ejemplo el yeso de Paris, la gutapercha, el compuesto para modelar,

mientras que el hidrocoloide irreversible más conocido como alginato, tuvo cabida a comienzos del año 1900 (20).

En años posteriores materiales de impresión más precisos aparecieron en el sector, siendo más estables dimensionalmente tales como el polieter elástico y el polovinilsiloxano, aunque el alginato sigue siendo aún en la actualidad el material de elección para la toma de impresiones en ortodoncia, y posterior vaciado en yeso tipo II o III, aunque esto tiene varias desventajas ya que su archivo se torna complicado debido a su gran tamaño, deterioro o posibilidad de ruptura, así como también la dificultad para su organización (21). Es por esta razón, que cada vez más los profesionales en ortodoncia optan por la digitalización de los modelos para obtener un archivo más duradero e igualmente reproducible a los modelos en yeso.

## **5.2 Medición de modelos**

Sobre el método de medición de los arcos dentales se tienen referencias que desde el año de 1850 se empezaron a crear aparatos para dicho fin, sin embargo, se puede citar a Daniel Hardwood, quien en el año de 1950 (22) ideó un artefacto que terminaba con unos brazos móviles con puntas anguladas, con el objetivo de establecer la forma y tamaño del arco. También se puede mencionar a Van Der Linden (23) y Moorrees (24) quienes midieron las dimensiones de anchura del arco de diferentes maneras, en especial este último, para evaluar los cambios durante el crecimiento, donde resolvió que la manera ideal era realizar la medición desde el vértice de las cúspides linguales.

Según Vargas (7) en su documento, referencia la investigación de Howes en 1957, donde por medio de la utilización de medidas dentales y cefalométricas, llegó a la conclusión que los pacientes con apiñamiento presentaban algún tipo de discrepancia de tamaño dental, siendo estos de mayor tamaño, mientras la anchura del arco por el contrario disminuía a nivel de premolares. Sin embargo, también se indica que Howe en

---

su estudio en 1983 evaluó dos grupos, uno con apiñamiento y otro con poco o ningún apiñamiento. Encontrando como resultado que no existía relación entre el apiñamiento y el diámetro mesodistal de las piezas dentales, aunque si lo encontró respecto a las dimensiones del arco.

Generalmente las mediciones son realizadas sobre los modelos en yeso, aunque diversas alternativas, algunas más útiles y efectivas que otras, se han desarrollado a lo largo del tiempo, tales como fotocopias, fotos digitales, el sistema holográfico (25), estereofotogrametría (26) (27), y en la ortodoncia contemporánea las imágenes en tres dimensiones (3D) (28). Estas últimas brindan grandes ventajas, como por ejemplo menos requerimiento de espacio físico para su almacenamiento, tiempo reducido para la medición, fácil manipulación y acceso a la información, además de reproducir fielmente los modelos en yeso, los cuales se pueden deteriorar fácilmente con el paso de los años. Actualmente, existen compañías en Estados Unidos, Nuevo México, Polonia y Turkia especializadas en la digitalización de modelos (5).

En el año 1992, Champagne (29) por medio de fotocopias de los modelos de yeso obtuvo imágenes a partir de las cuales realizó las mediciones respectivas del análisis de Bolton. Sin embargo encontró en su estudio que los datos discrepaban cuando se comparaban las medias manuales sobre los modelos y aquellas sobre las fotocopias. A finales de 1999, OrthoCad (Cadent, Carlstadt, NJ) desarrolló y lanzó al mercado los modelos dentales digitales virtuales. Luego, a principios de 2001, Emodels (GeoDigm, Chanhassen, Minn) llegaron al mercado (6).

### **5.3 Discrepancias de tamaño y análisis de Bolton**

La relación entre el ancho mesodistal de los dientes maxilares, respecto a los mandibulares fue descrita y calculada por primera vez en el año 1958 por el Dr. Bolton (13). El cual en su estudio tomó 55 pacientes con una oclusión considerablemente satisfactoria y sobre los cuales realizó ciertas mediciones. Sumó los anchos mesodistales de doce dientes inferiores (de primer molar hasta primer molar

contralateral), los dividió entre los mismos doce dientes superiores, y su resultado lo multiplicó por 100 para obtener una proporción total.

Este estudio mencionado encontró como resultado una proporción media de 91,3, la cual indica que el ancho meso distal de los dientes inferiores ocupan el 91,3% del total de espacio que ocupan los superiores dentro de la arcada. A su vez, el estudio del Dr. Bolton también evaluó las proporciones anteriores realizando la misma fórmula, pero midiendo únicamente los seis dientes anteriores superiores e inferiores de canino a canino, para los cuales se encontró una proporción media de 77.2. Se definió en conclusión que si los valores de esta medición aumentan, los dientes inferiores ocupan un mayor espacio respecto a los superiores, indicando esto una discrepancia de tamaño dental por exceso de masa dental inferior; y sugiriendo lo contrario en caso de que los valores del análisis disminuyeran.

Una adecuada relación dental intermaxilar es fundamental para lograr una perfecta oclusión, teniendo en cuenta que dicha oclusión debe carecer de malposiciones y/o diastemas, así como contar con un apropiado overjet, overbite y clase I canina y molar (5). El calibrador de Boley o de puntas divididas, son a menudo los medios utilizados para la medición de dicho análisis de Bolton.

Un estudio reciente realizado por Nalcaci y colaboradores (5) comparó el análisis de Bolton, obtenido a partir de modelos en yeso y de modelos digitales, con el sistema O3DM de una compañía en Polonia (Ortho 3D Models, ORTHOLAB), en el cual se seleccionaron 20 pacientes que presentaban una morfología dental normal, sin restauraciones, caries, ni defectos en el esmalte y sobre los cuales se tomaron impresiones en alginato para realizar modelos en yeso y digitales. Los resultados del estudio anteriormente mencionado apoyan la validez y fiabilidad de los resultados del coeficiente de Bolton encontrados en los modelos digitales. No se encontró diferencia estadísticamente significativa (0,27-0,30mm) en las proporciones de Bolton encontradas entre los dos métodos de medición.

Sin embargo, estudios previos como el de Santoro y colaboradores (30), han informado que las mediciones obtenidas sobre modelos digitales fueron menores que las obtenidas



---

utilizando modelos de yeso. En el estudio de Mullen (31) se utilizó el sistema de computación Quick Ceph para calcular el coeficiente de Bolton sobre modelos digitalizados, y compararlos con los resultados obtenidos manualmente sobre modelos en yeso; en conclusión no se encontraron diferencias significativas entre los dos métodos, la media estuvo entre  $0,05 \pm 1,87\text{mm}$ .

Un estudio más reciente, realizado por Radeke y colaboradores en el año 2014 (32), indica que las mediciones realizadas con el calibrador de puntas finas, están asociadas a un mejor valor de reproducibilidad que las mediciones realizadas a partir de modelos digitales en softwares. Las desviaciones estándar asociadas con los dos procesos caen dentro de la aceptabilidad clínica, oscilando entre  $\pm 0,5\text{ mm}$  de diferencia.

Otra investigación relacionada con el análisis de Bolton fue la realizada por Stevens y colaboradores (6), donde se compararon modelos en yeso versus su homólogo digital hecho con un Emodel software (version 6.0, GeoDigm, Chanhassen, Minn). Se analizaron los tamaños dentales (Bolton) y las relaciones oclusales (Índice de PAR). Las mediciones sobre los modelos en yeso fueron realizadas con un calibrador digital, y a su vez los modelos digitalizados se midieron por medio del software.

En los resultados del anterior estudio se encontró una reproducibilidad y repetitividad muy buena de los modelos digitales en la mayoría de los casos. Aunque se encontraron algunas diferencias estas no alcanzan a tener significancia clínica (rango entre 0.01-0.16 mm) según la categoría 8 del American Board of Orthodontics (6). El coeficiente de Bolton encontrado en la región anterior y total entre los modelos de yeso y digitales no tuvieron grandes discrepancias ( $P=0,790$  y  $P=0,084$  respectivamente).

Whetten y colaboradores en el 2006 (33), investigaron la diferencia entre los modelos en yeso y los tridimensionales (E-model), en la planeación del tratamiento en pacientes clase II. Ellos concluyeron que los modelos digitales ortodónticos fueron una alternativa válida en comparación a los tradicionales modelos en yeso. Lo cual concuerda con lo encontrado en otros estudios (28), donde los resultados de las mediciones del ancho, longitud y el perímetro del arco de modelos tridimensionales eran bastante aproximados en comparación con dichos modelos en yeso.

## 5.4 Aplicabilidad del análisis de Bolton

En la actualidad existen diversos métodos para el diagnóstico de discrepancias de tamaño dental donde se incluyen los de Kesling's setup, promedio de Howes, y el coeficiente anterior de Neff. Sin embargo, el índice de Bolton es la herramienta más comúnmente usada por los ortodoncistas a nivel mundial (34), según Sheridan (35) el 91% de estos especialistas la utilizan en el análisis del tamaño.

El método desarrollado por el Doctor Wayne Bolton en el año 1958 (13), es considerado como una herramienta muy eficaz y sencilla para identificar discrepancias de tamaño dental en la dentición permanente. Como ya se había especificado anteriormente en este texto, se entiende por índice total cuando se relaciona, la suma de los diámetros mesodistales desde el primer molar de un lado (inferior o superior), hasta el primer molar del lado contralateral, tomando entonces en cuenta la relación entre 12 dientes en cada maxilar. Adicionalmente, se comprende por índice de Bolton anterior a la proporción relacionada con la suma de los anchos mesodistales de los seis dientes anteriores (tanto superiores e inferiores). Finalmente, Con los resultados obtenidos en proporción (multiplicando por 100) se podrá determinar si existe una discrepancia de tamaño localizada en el sector anterior o en general.

Bolton en su artículo original, indica que el promedio de la proporción total debe ser de 91,3% (+/- 1,91%). Mientras que la proporción anterior debe ser de 77,2% (+/- 1,65%). Adicionalmente, determinó que solo el 5% de la población tiene una discrepancia de tamaño dental (13).

Se entiende por tamaño mesodistal a la máxima distancia entre los puntos de contacto interproximal, medidas en ángulo recto con el eje longitudinal de la corona del diente y paralelo al plano oclusal, en otras palabras tomándose la superficie más mesial y más distal del diente correspondiente (7).

Se ha relacionado según resultados de estudios anteriores, que el exceso de masa dental a nivel de los dientes inferiores concuerda con pacientes clase III, y por el contrario si el exceso se localiza en el sector superior se relaciona con pacientes clase II (36) (37) (38). En contraste, otros estudios como el de Crosby y colaboradores (39), no encontraron diferencias estadísticamente significativas entre los diferentes tipos de maloclusiones.

El desarrollo dental se relaciona tanto con factores genéticos como ambientales. Al igual que con otras características físicas de los seres humanos, los dientes varían de tamaño entre géneros y/o individuos de diferentes regiones geográficas. Diversos estudios han investigado sobre las diferencias entre grupos étnicos, géneros (40) (41) (42) (43) y su relación con las proporciones dentales (44). La aplicabilidad del análisis de Bolton en todas las poblaciones se mantiene aún en reserva, y es tema de investigaciones en la actualidad, más adelante en el presente texto se discuten algunos de esos hallazgos encontrados en otros estudios.



## **6. Materiales y Métodos**

### **6.1 Tipo de Estudio**

Estudio descriptivo de corte transversal.

### **6.2 Universo**

En este proyecto se incluyeron los modelos digitalizados de individuos con oclusión ideal, los cuales hicieron parte de una muestra utilizada en un estudio previo del Posgrado de Ortodoncia de la Universidad Nacional de Colombia (7). Esta contó con el consentimiento informado de los pacientes y fue donada por su autora para la realización de futuros trabajos de investigación en la Facultad de Odontología.

### **6.3 Muestra**

Hizo referencia a 61 modelos óptimamente digitalizados de individuos con oclusión ideal, tomados de una muestra de modelos en yeso, de un estudio previo realizado en la Facultad de Odontología. Se tomó la población total de modelos digitalizados, pero el muestreo fue intencional.

## 6.4 Variables

- Tamaños mesodistales de los 12 dientes permanentes superiores e inferiores desde primeros molares
- Índice de discrepancia de tamaño dental anterior
- Índice de discrepancia de tamaño dental total

## 6.5 Criterios de Inclusión

- Modelos de pacientes con dentición permanente de primer molar hasta el primer molar contralateral.
- Modelos de pacientes con relaciones molares de clase I.
- Modelos con apiñamiento leve < de 8mm repartidos en todo el arco.
- Modelos en yeso sin fracturas y en adecuado estado.
- Modelos de pacientes fielmente digitalizados.

## 6.6 Criterios de exclusión

- Modelos de pacientes con ausencia o fractura de alguna pieza dental que involucre desde el primer molar, hasta el primer molar contralateral.
- Modelos de pacientes sin relaciones molares de clase I.
- Modelos con apiñamiento moderado o severo > de 8mm repartidos en todo el arco.
- Modelos en yeso digitalizados inadecuadamente.

## 6.7 Error del método y mediciones

Se realizaron mediciones sobre 61 modelos en yeso digitalizados tridimensionalmente, con el software FreeCAD, se relacionó el ancho meso distal de los incisivos superiores e inferiores (Bolton anterior), y se continuó con la medición desde primer molar hasta primer molar contralateral, tanto superior como inferior (Bolton total). Se entiende como diámetro meso distal a la máxima distancia entre los puntos de contacto interproximal, medidas en ángulo recto con el eje longitudinal de la corona del diente y paralelo al plano oclusal, es decir tomándose la superficie más mesial y más distal del diente correspondiente. (7)

Igualmente se realizaron mediciones directamente sobre 15 modelos de yeso escogidos al azar y los mismos de manera digital, para calcular los respectivos índices de Bolton anterior y total. Cada medición digital se realizó dos veces en dos momentos diferentes separados por al menos 7 días. Las medidas realizadas sobre modelos en yeso se llevaron a cabo una vez, con un calibrador digital deslizante de puntas finas que puede medir hasta 0,05mm de espesor. Todas las mediciones se tomaron sobre el mismo sitio, en las horas de la mañana y con buenas condiciones de luz.

En el presente estudio de investigación, se realizó la calibración del observador y se establecieron los puntos de medición sobre los modelos en físico, y los modelos digitales para realizar el análisis de Bolton.

Una vez calibrado el observador, se continuó con la medición de todos los 61 modelos digitalizados por medio del software FreeCAD, donde se midieron los anchos mesodistales de los seis incisivos, premolares y primeros molares (superiores e inferiores). Una vez se tuvieron estos valores, se sumó cada uno de los anchos dentales inferiores (tanto anterior como total) y se dividió por la suma de los correspondientes anchos superiores, posteriormente este resultado se multiplicó por 100 para obtener el coeficiente de Bolton. Los datos encontrados en las mediciones fueron consignados en tablas para recolección de la información (Excel), y posteriormente se realizó el cálculo

de las proporciones anteriores/totales y el debido análisis estadístico. Se determinó el rango de error entre las mediciones de los 15 modelos escogidos al azar y se evaluó su repetitividad.

Con lo anterior, se determinaron y describieron los valores del coeficiente de Bolton encontrados en la muestra en físico y digital de los modelos y se estableció un parámetro sobre la población colombiana con oclusión ideal, que involucró pacientes sin ortodoncia.

## **6.8 Procesamiento de datos**

**REGISTRO DE LA INFORMACIÓN:** Se realizó la consignación de los datos en el instrumento de registro de información diseñado para este estudio.

**PRESENTACIÓN DE RESULTADOS:** Los resultados obtenidos sobre las mediciones de las imágenes digitales de los modelos fueron almacenados mediante tablas en archivos digitales con el programa Excel, para procesar estadísticamente los resultados.

**ANÁLISIS ESTADÍSTICO DE LOS RESULTADOS:** Por medio del programa PAST V 3.05, se realizó la validación del método mediante las pruebas T de Student de muestras pareadas, test de Dahlberg, ANOVA de dos vías y la medición de coeficientes de correlación. Se utilizó estadística descriptiva.

## **6.9 Consideraciones éticas**

Este proyecto hizo parte de la línea de Biometría del grupo de Investigación Ortoactiv, desarrollada en el posgrado de ortodoncia de la Facultad de Odontología de la Universidad Nacional de Colombia (FOUN). La presente investigación fue presentada al comité de posgrados de la FOUN, como proyecto individual del trabajo de grado de la estudiante Catalina Jaramillo Arbeláez, posteriormente se presentó ante el Comité de Ética de la FOUN para su correspondiente aprobación, según la norma (Resolución



8430 de 1993, CIOMS 2002). La muestra utilizada en el presente estudio fue facilitada por la Dra. Clemencia Vargas Vergara, a la Facultad de Odontología para realizar futuras investigaciones de este tipo.

Según la resolución No. 008430 de 1993 del Ministerio de Salud, los pacientes involucrados en este estudio no presentaron ningún riesgo, ya que se midieron sus modelos digitalizados previamente y no se tuvo ningún tipo de contacto con los paciente a la hora de realizar este estudio.

Una vez se entregue el informe final, la FOUN guardará de manera segura y confidencial esta información, que será igualmente disponible para futuras investigaciones que mantengan los mismos criterios.

## **6.10 Recolección de datos**

Para la elaboración de este estudio descriptivo de correlación, se tomaron modelos digitalizados tridimensionalmente, provenientes de un estudio previo en una población con oclusión ideal (7). En el anterior se tomaron impresiones dentales de 73 individuos (50 mujeres y 23 hombres) nacidos y criados en Colombia, y sobre los cuales se midió la longitud y el ancho del arco.

Del total de la muestra (n:73) anteriormente mencionada, se incluyeron para este estudio 61 modelos (83,56%) digitalizados tridimensionalmente que cumplieron con los criterios de inclusión, y sobre los cuales se realizaron las mediciones del ancho mesodistal de las piezas dentales en cuestión.

El instrumento para la recolección de los datos consistió en una planilla en Excel, sobre la cual se consignaron los siguientes datos y variables: Número de la muestra, sumatoria de ancho mesodistal de dientes del sector anterior y total, resultado análisis de Bolton anterior y total.

## 6.11 Plan de recolección de la información

### *PROCEDIMIENTOS:*

1. **MODELOS DE DIAGNÓSTICO DIGITALIZADOS:** Los modelos de diagnóstico fueron previamente tomados a partir de una impresión en alginato de los pacientes, y posteriormente digitalizados mediante un escaner 3D NextEngine, con tecnología MultiStripe Laser Triangulation (MLT), láseres de estado sólido con óptica personalizada (longitud de onda de 650nm). Sensores de imagen CMOS RGB de 3.0 Megapixel. Servoposicionador rotacional de alta precisión (capacidad de 20lb). La capacidad para escanear con densidad de puntos sobre la superficie es de 200DPI. La precisión espacial es de  $\pm 0.127\text{mm}$  en Macro Mode y  $\pm 0.381\text{mm}$  en Wide Mode, y 50.000puntos/s de procesamiento, para su conversión en imagen tridimensional.
2. **VERIFICACIÓN DE LOS CRITERIOS:** Se verificó si los modelos cumplieron con los criterios de inclusión y/o exclusión, mencionados anteriormente.
3. **MEDICIÓN:** Se realizaron las mediciones con el software FreeCAD, relacionando el ancho meso distal de los incisivos superiores e inferiores (Bolton anterior), y se continuó con la medición desde primer molar hasta primer molar contralateral tanto superior como inferior (Bolton total). Igualmente se realizaron las mediciones directamente sobre 15 modelos al azar en yeso y digital para calcular los respectivos índices de Bolton anterior y total. Cada medición digital se realizó dos veces en dos momentos diferentes separados por al menos 7 días, y la medición en físico se realizó una vez para comparar de esta manera los rango de error.
4. **REGISTRO DE LA INFORMACIÓN:** Se realizó la consignación de los datos en el instrumento de registro de información diseñado para este estudio.
5. **PRESENTACIÓN DE RESULTADOS:** Los resultados obtenidos sobre las mediciones de las imágenes digitales fueron almacenados mediante tablas utilizando el programa Excel, para procesar estadísticamente los resultados.
6. **ANÁLISIS ESTADÍSTICO DE LOS RESULTADOS:** la validación del método se hizo mediante las pruebas T de Student de muestras pareadas, test de Dahlberg,

prueba de ANOVA de dos vías y medición de coeficientes de correlación. Se utilizó estadística descriptiva.

7. Elaboración del documento escrito.

## **6.12 Análisis estadístico**

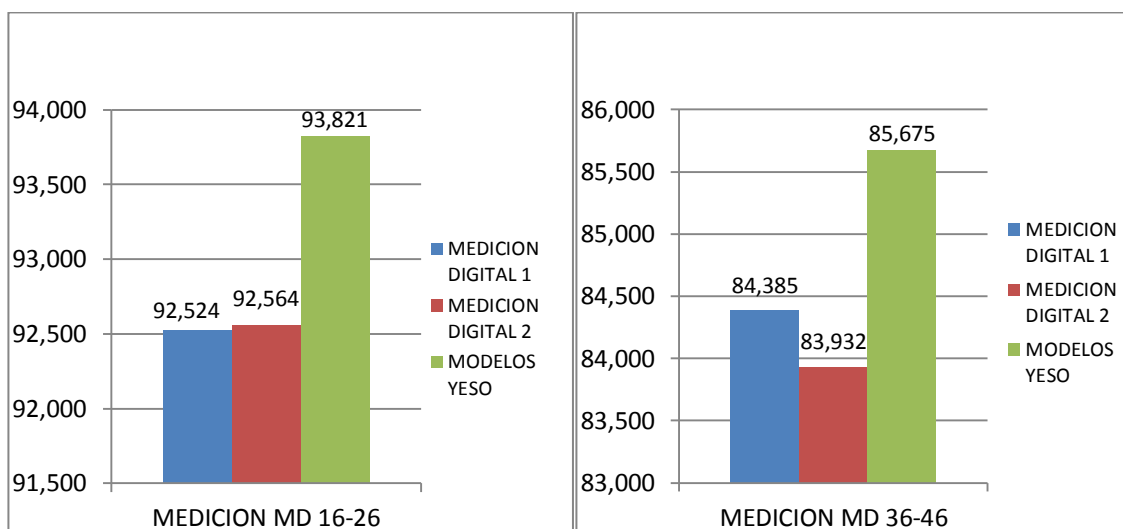
Las variables del presente estudio fueron resumidas a través de estadística descriptiva. Por medio del programa PAST V 3.05, se realizó la validación por medio de la fórmula de Dalhberg, la prueba del T-test pareado y de Wilcoxon para medir la concordancia y evaluar el grado de error intraexaminador. En el análisis estadístico descriptivo se tabuló y graficó el comportamiento de las variables cuantitativas.

## 7. Resultados

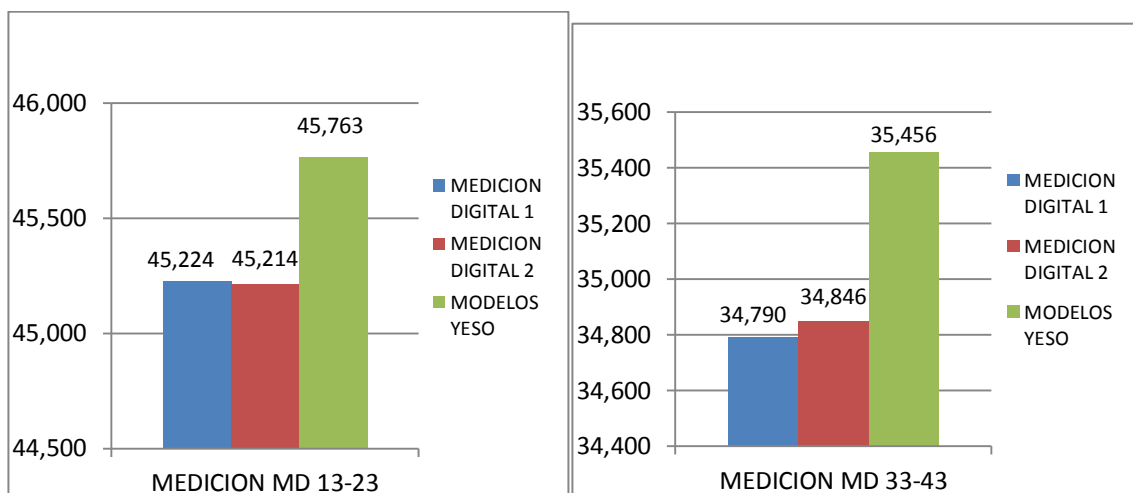
En el presente estudio de investigación se analizaron los resultados obtenidos de las mediciones de 61 modelos en yeso digitalizados, de los cuales 15 fueron escogidos al azar para establecer el grado de error de medición. Las gráficas que aparecen a continuación resumen los hallazgos encontrados.

En la figura 6.1 se observan los promedios de las sumas de las mediciones mesodistales dentales totales, tanto superiores como inferiores de los 15 modelos escogidos aleatoriamente con el fin de comparar los diferentes resultados entre los métodos. Se realizaron dos mediciones digitales y una medición en físico de los mismos modelos pero en yeso. En definitiva no se observó diferencia significativa entre una medida y otra, aunque vale recalcar que las mediciones digitales se aproximaron más entre sí, mientras que la medición en yeso tuvo una ligera tendencia al incremento. En el caso del maxilar superior se observó un aumento del 1,27%, mientras que en el maxilar inferior del 1,51%.

Situación similar se observó en el promedio de las mediciones mesodistales anteriores (figura 6.2). En el caso de los dientes superiores se incrementó la medición en un 0,54% cuando se realizó directamente sobre los modelos en yeso y un 0,63% en el maxilar inferior.



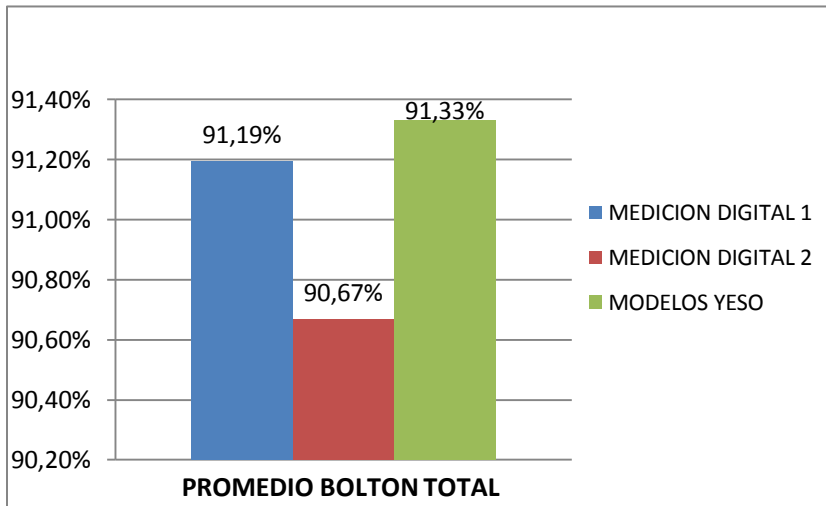
**Figura 6.1** Comparación de promedios de medición del ancho mesodistal de primer molar a primer molar contralateral superior e inferior, para dos mediciones digitales y una medición en físico



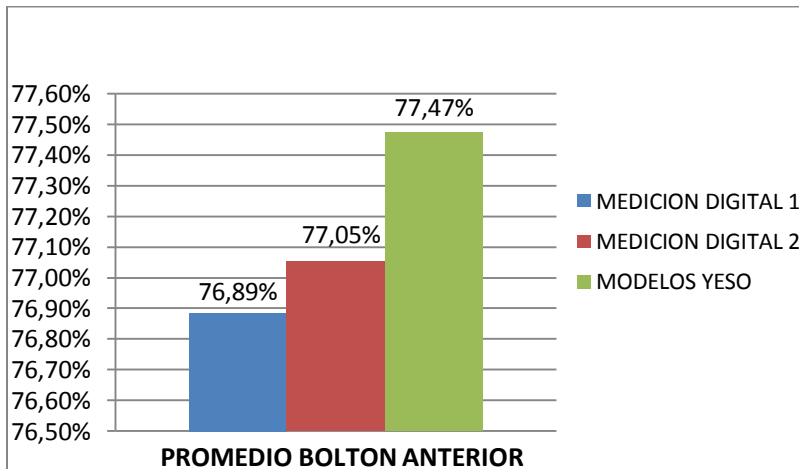
**Figura 6.2** Comparación de promedios de medición del ancho mesodistal de canino a canino contralateral superior e inferior, para dos mediciones digitales y una medición en físico

Tomando en cuenta los promedios del análisis de Bolton resultante de las mediciones digitales y en yeso evidenciado en las figuras 6.3 y 6.4, se notó una diferencia poco significativa entre estos valores. Sin embargo, se observó una ligera tendencia al

incremento del promedio cuando las mediciones se realizaron directamente sobre los modelos en yeso. En el índice de Bolton total hubo un aumento de 0,4% y en el anterior de 0,5%. Estos rangos de diferencia entre las mediciones anteriormente descritas pueden considerarse aceptables.



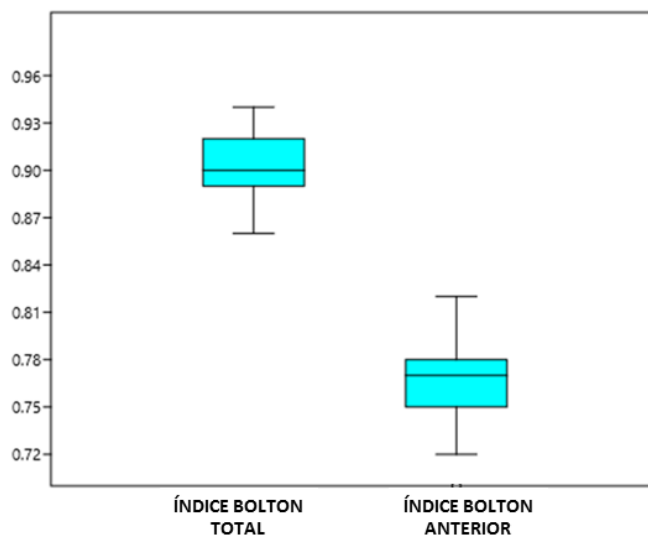
**Figura 6.3 Comparación de promedios resultantes del análisis de Bolton total en dos mediciones digitales sobre 15 modelos aleatorios y una en medio físico sobre modelos en yeso.**



**Figura 6.4 Comparación de promedios resultantes del análisis de Bolton anterior en dos mediciones digitales sobre 15 modelos aleatorios y una en medio físico sobre modelos en yeso.**

En el presente proyecto de investigación, se midió por medio digital el ancho mesodistal de cada uno de los dientes involucrados para el análisis de Bolton. La figura 6.5 corresponde a un diagrama de cajas que indica que en total se midieron 61 pares de modelos, donde se encontró un promedio de 90,72% (DS 1,76%) para el coeficiente de Bolton total con unos resultados mínimos de 86% y máximos de 94%. Adicionalmente, se encontró para el sector anterior un promedio de 76,67%, (DS 2,37%) con valores mínimos de 70% y máximos de 82%. Los datos de las mediciones mesodistales de los dientes superiores e inferiores, así como los promedios del coeficiente de Bolton total y anterior, se encuentran especificados en las tablas 6.1 y 6.2.

Se encontró una media equivalente de 90% para el índice de Bolton total, con percentil 25 de 89% y de 75 en 92%. Mientras que para el sector anterior la media fue de 77%, el percentil 25 y 75 fue de 75% y 78% respectivamente.



**Figura 6.5 Diagrama de cajas con rangos del análisis de Bolton total y anterior**

DIENTE	16	15	14	13	12	11	21	22	23	24	25	26	SUMA TOTAL M.D	SUMA ANTERIOR	BOLTON TOTAL	BOLTON ANTERIOR
MUESTRA																
1	9,914	6,128	6,779	7,516	6,697	7,397	7,788	6,749	7,273	6,654	6,331	9,49	88,716	43,42	91,13%	74,94%
2	9,263	6,597	6,943	6,999	6,685	8,182	8,287	6,41	7,057	6,851	6,365	9,7	89,339	43,62	89,71%	77,96%
3	10,94	6,799	7,533	8,579	7,273	7,887	7,791	7,549	8,113	7,252	6,646	10,916	97,278	47,192	90,17%	77,47%
4	10,136	6,969	7,657	7,494	6,509	8,272	8,158	6,83	7,357	7,763	7,139	10,203	94,487	44,62	89,20%	76,16%
5	9,913	6,869	7,13	8,447	8,209	8,918	8,835	8,387	8,484	7,222	6,853	9,842	99,109	51,28	89,61%	74,32%
6	10,67	7,064	7,691	8,47	6,788	8,672	8,716	6,553	8,353	7,571	7,136	10,748	98,432	47,552	90,37%	82,15%
7	9,688	6,967	6,938	7,611	6,604	8,64	8,473	6,954	7,712	6,992	6,822	9,84	93,241	45,994	93,37%	80,73%
8	10,177	6,49	6,828	7,719	6,728	8,473	8,505	6,99	7,38	6,873	6,304	10,268	92,735	45,995	88,86%	74,07%
9	10,07	5,984	6,504	7,858	6,422	7,743	7,836	6,717	7,709	6,478	5,882	10,099	89,302	44,285	91,96%	78,00%
10	10,403	6,887	7,564	7,688	7,037	8,115	8,188	7,062	7,718	7,445	6,813	10,589	95,509	45,808	92,77%	77,61%
11	11,973	7,495	8,197	8,669	8,107	9,079	9,475	8,168	8,603	8,116	7,297	11,706	106,885	52,101	90,30%	77,61%
12	9,98	6,884	7,027	7,932	7,087	8,002	8,198	7,001	7,814	7,435	6,988	9,981	94,329	46,034	89,54%	77,61%
13	9,788	6,313	7,104	7,281	6,199	8,175	8,113	6,209	7,192	7,027	6,353	10,103	89,857	43,169	91,53%	77,67%
14	9,977	6,792	7,467	7,917	7,326	8,902	8,991	7,216	8,038	7,34	6,725	9,971	96,662	48,39	93,67%	78,52%
15	10,725	6,116	7,152	7,65	7,28	8,466	8,537	7,298	7,813	7,047	6,212	10,62	94,916	47,044	94,35%	77,27%
16	9,834	6,998	7,338	7,572	6,718	8,316	8,244	6,775	7,65	7,562	6,969	9,875	93,851	45,275	90,73%	77,88%
17	9,872	6,675	6,787	7,829	6,869	7,903	7,984	6,975	7,789	6,818	6,627	9,92	92,048	45,549	88,90%	77,02%
18	9,599	6,314	6,925	7,646	6,684	8,447	8,352	6,638	7,483	7,108	6,278	9,457	90,931	45,25	89,49%	78,39%
19	9,597	6,625	7,459	8,189	6,638	7,783	7,752	6,893	8,116	7,392	6,745	9,335	92,524	45,371	89,29%	72,52%
20	9,555	6,455	6,412	7,197	5,888	7,299	7,39	5,603	7,096	6,324	6,362	9,383	84,964	40,473	89,00%	75,64%
21	10,213	6,414	6,632	7,329	6,241	7,92	7,868	6,032	7,199	6,797	6,515	9,925	89,085	42,389	91,67%	77,74%
22	10,491	7,031	6,936	8,081	6,456	8,736	8,976	6,573	8,039	6,916	7,325	10,844	96,404	46,861	92,76%	78,17%
23	10,272	7,118	7,149	7,331	7,205	8,73	8,526	7,18	7,455	7,437	6,975	10,63	96,008	46,427	89,09%	77,22%
24	9,859	7,085	7,396	7,952	7,11	8,761	8,754	7,008	7,707	7,378	7,3	10,067	96,377	47,292	90,28%	79,95%
25	10,807	7,615	7,886	8,281	8,077	9,578	9,522	8,074	8,343	7,887	7,804	10,295	104,169	51,875	90,29%	75,42%
26	10,459	6,688	7,005	7,855	7,357	8,214	8,834	7,392	7,372	6,992	6,613	10,232	95,013	47,024	88,11%	72,77%
27	11,056	6,716	6,904	8,273	7,421	8,952	8,968	5,985	8,396	7,044	6,584	11,1	97,399	47,995	92,21%	77,30%

Tabla 6.1 Datos generales de medición mesodistal de dientes superiores y promedio de análisis de Bolton total y anterior



DIENTE	16	15	14	13	12	11	21	22	23	24	25	26	SUMA TOTAL	SUMA ANTERIOF	BOLTON TOTAL	BOLTON ANTERIOR	
MUESTRA																	
28	10,329	7,334	7,504	7,518	6,375	8,459	8,23	6,749	7,747	7,552	7,215	10,852	95,864	45,078	91,02%	77,52%	
29	9,373	6,881	7,323	7,947	7,583	8,719	8,742	7,553	7,965	7,363	6,959	9,268	95,676	48,509	93,04%	78,47%	
30	10,826	6,873	6,964	7,813	7,08	9,046	9,093	7,259	7,534	7,079	6,931	10,376	96,874	47,825	91,70%	78,46%	
31	10,818	6,148	7,035	8,491	7,427	8,681	8,898	7,024	8,599	6,63	6,386	10,526	96,663	49,12	90,38%	73,91%	
32	10,226	6,877	7,035	8,084	7,042	8,593	8,621	7,097	8,224	6,815	6,749	10,369	95,732	47,661	92,67%	77,52%	
33	10,505	6,724	6,393	7,812	6,641	7,7	7,913	6,55	7,884	6,63	7,002	10,262	92,016	44,5	91,95%	76,24%	
34	9,74	6,279	6,892	6,887	5,975	8,528	8,575	6,246	7,351	6,766	6,25	9,772	89,261	43,562	88,70%	72,01%	
35	10,058	6,72	6,709	7,73	6,868	8,512	8,59	6,881	7,882	6,991	6,733	10,123	93,777	46,443	93,02%	77,20%	
36	9,223	6,791	6,97	7,775	7,009	8,323	8,598	6,824	7,522	7,174	6,693	9,372	92,274	46,051	93,24%	77,28%	
37	10,511	6,838	7,144	8,332	7,718	8,834	9,084	7,434	8,201	7,26	6,757	10,615	99,328	49,603	89,71%	73,47%	
38	10,44	6,996	6,821	8,187	7,061	8,038	8,112	7,033	7,978	6,94	7,045	10,734	95,385	46,409	88,99%	76,25%	
40	10,328	7	7,541	7,906	7,083	9,067	8,919	6,178	7,988	7,398	7,15	10,217	96,775	47,141	89,14%	75,69%	
41	10,106	6,533	7,419	7,468	6,789	8,663	8,645	6,95	7,857	7,549	6,72	10,19	94,889	46,372	90,89%	76,68%	
42	10,86	6,716	6,706	7,598	7,277	9,065	8,951	7,652	7,507	6,826	6,604	11,072	96,834	48,05	92,66%	79,65%	
43	10,157	6,411	7,033	7,72	7,356	8,175	8,269	7,05	7,649	6,952	6,388	10,228	93,408	46,239	93,72%	78,19%	
44	10,341	7,171	7,287	7,87	6,872	8,477	8,471	6,582	7,648	7,137	7,314	10,351	95,521	45,92	87,41%	72,93%	
45	10,296	6,818	7,146	8,359	6,999	8,578	8,693	7,024	8,586	7,051	6,768	10,376	96,694	48,239	90,92%	74,00%	
47	10,541	6,686	7,934	7,688	7,14	8,567	8,34	7,271	7,776	7,327	6,853	10,859	96,982	46,782	89,83%	74,09%	
48	10,962	7,145	7,44	8,165	7,081	8,915	8,701	7,006	8,014	7,202	7,171	11,147	98,949	47,882	89,67%	76,78%	
49	10,421	6,502	6,919	7,895	6,687	8,743	8,627	6,623	8,016	6,637	6,835	10,593	94,498	46,591	90,46%	75,68%	
50	10,265	6,338	6,49	8,163	7,04	8,289	8,394	7,147	8,296	6,686	6,492	10,397	93,997	47,329	88,61%	70,17%	
51	10,146	6,75	7,227	8,211	7,17	7,986	7,838	7,336	8,169	7,24	6,962	10,254	95,289	46,71	91,64%	76,52%	
52	10,425	6,588	6,943	8,459	7,41	8,923	8,965	7,671	8,452	6,741	6,873	10,581	98,031	49,88	89,54%	75,61%	
53	10,611	6,532	7,026	7,662	6,765	7,754	7,88	6,602	7,866	7,426	6,796	10,913	93,833	44,529	92,63%	81,47%	
54	9,847	6,249	6,88	7,154	6,588	7,788	7,743	6,793	6,944	6,814	6,616	9,722	89,138	43,01	90,70%	76,13%	
55	10,837	6,589	6,909	7,657	6,256	8,214	8,231	6,117	7,579	6,762	6,437	10,549	92,137	44,054	88,65%	75,33%	
56	10,244	6,89	6,76	7,841	6,562	8,68	8,605	6,415	7,928	6,929	6,94	10,336	94,13	46,031	91,73%	82,12%	
57	10,86	6,602	7,695	8,048	6,803	8,397	8,684	6,653	7,92	7,541	6,862	10,916	96,981	46,505	86,03%	73,72%	
58	9,734	6,311	6,618	7,83	6,36	7,831	7,838	6,516	7,55	6,377	6,452	9,527	88,944	43,925	90,55%	76,33%	
59	9,9	6,445	6,761	7,619	6,484	8,149	8,248	6,618	7,824	6,967	6,242	9,885	91,142	44,942	92,43%	79,23%	
60	10,701	7,321	7,281	8,365	7,338	8,487	8,604	7,237	8,371	7,582	7,396	10,74	99,423	48,402	91,97%	77,09%	
61	10,808	7,668	7,454	8,571	7,476	9,492	9,572	7,262	8,38	7,566	7,528	10,638	102,415	50,753	89,86%	76,76%	
61	10,22	6,687	6,334	7,68	7,23	8,184	8,259	7,094	7,655	6,736	6,739	10,181	92,999	46,102	89,50%	73,55%	
62	10,754	6,79	7,233	8,728	7,314	8,946	8,932	7,642	8,777	7,327	6,983	10,646	100,072	50,339	89,56%	77,51%	
													PROME	94,844	46,534	90,67%	76,65%
													DS	3,881	2,290	1,72%	2,39%

Tabla 6.1 Continuación datos generales de medición mesodistal dientes superiores y promedio de análisis de Bolton total y anterior

MUESTRA	46	45	44	43	42	41	31	32	33	34	35	36	SUMA TOTAL M-D	SUMA ANTERIOR
1	10,89	6,706	6,675	6,809	5,178	4,505	4,426	5,193	6,427	6,581	6,567	10,892	80,849	32,538
2	10,297	6,475	6,521	6,457	5,643	5,139	4,97	5,434	6,364	6,49	6,343	10,016	80,149	34,007
3	10,643	7,777	7,272	6,811	6,276	5,163	5,329	6,015	6,968	7,238	7,595	10,628	87,715	36,562
4	10,552	7,337	7,072	6,625	5,755	4,762	4,5	5,87	6,472	7,264	7,4	10,672	84,281	33,984
5	10,894	7,364	7,315	7,381	6,176	5,424	5,536	6,307	7,289	7,073	7,217	10,9	88,816	38,113
6	11,475	6,848	6,63	7,093	6,821	5,793	5,581	6,549	7,225	6,973	6,565	11,397	88,95	39,062
7	10,796	7,35	6,774	7,217	6,061	5,428	5,316	6,075	7,036	6,953	7,434	10,619	87,059	37,133
8	10,334	7,087	6,729	6,632	5,455	4,724	4,884	5,678	6,549	6,935	7,069	10,332	82,408	33,922
9	10,062	6,817	6,798	6,471	5,624	5,037	5,17	5,835	6,405	6,991	6,908	10,008	82,126	34,542
10	11,923	7,425	7,36	6,718	5,985	5,224	5,263	5,952	6,408	7,219	7,298	11,833	88,608	35,55
11	12,245	7,934	7,795	8,163	6,524	5,511	5,693	6,449	8,097	7,732	7,934	12,44	96,517	40,437
12	10,65	6,92	6,748	6,887	6,096	4,943	5,032	6,054	6,716	6,949	6,982	10,486	84,463	35,728
13	10,317	6,951	7,272	6,332	5,502	4,957	5	5,458	6,279	7,142	6,693	10,34	82,243	33,528
14	11,077	7,643	7,692	7,213	6,023	5,746	5,695	6,098	7,219	7,654	7,437	11,048	90,545	37,994
15	12,229	7,195	7,03	7,398	5,877	5,038	5,016	5,755	7,267	7,126	7,282	12,336	89,549	36,351
16	10,227	7,299	7,267	6,997	5,64	4,887	4,975	5,764	6,999	7,368	7,314	10,413	85,15	35,262
17	10,305	6,772	6,338	6,627	5,92	5,016	5,12	5,708	6,539	6,481	6,506	10,503	81,835	34,93
18	9,645	6,323	6,895	6,783	5,619	5,474	5,408	5,579	6,609	6,97	6,295	9,776	81,376	35,472
19	10,455	7,151	7,191	6,516	5,143	4,859	4,667	5,081	6,638	7,163	7,29	10,464	82,618	32,904
20	9,617	6,761	6,111	5,944	4,926	4,368	4,529	4,987	5,858	6,391	6,618	9,511	75,621	30,612
21	10,758	6,718	6,836	6,203	5,24	4,988	5,107	5,375	6,195	6,905	6,47	10,868	81,663	33,108
22	11,43	7,723	7,26	6,938	5,687	5,551	5,651	5,604	7,199	7,198	7,522	11,658	89,421	36,63
23	10,664	7,09	6,94	6,348	6,301	5,416	5,194	6,178	6,414	7,212	6,987	10,787	85,531	35,851
24	10,774	7,183	7,039	7,17	6,079	5,63	5,249	6,412	7,27	6,964	7,002	10,235	87,007	37,81
25	11,517	8,246	7,911	7,016	6,713	5,702	5,898	6,477	7,32	7,664	8,534	11,058	94,056	39,126
26	10,708	6,707	7,063	7,218	5,38	4,482	4,724	5,216	7,201	7,344	6,959	10,716	83,718	34,221
27	12,05	7,003	7,196	6,731	6,113	5,654	5,611	6,123	6,869	7,287	7,11	12,06	89,807	37,101

Tabla 6.2. Datos generales de medición mesodistal dientes inferiores

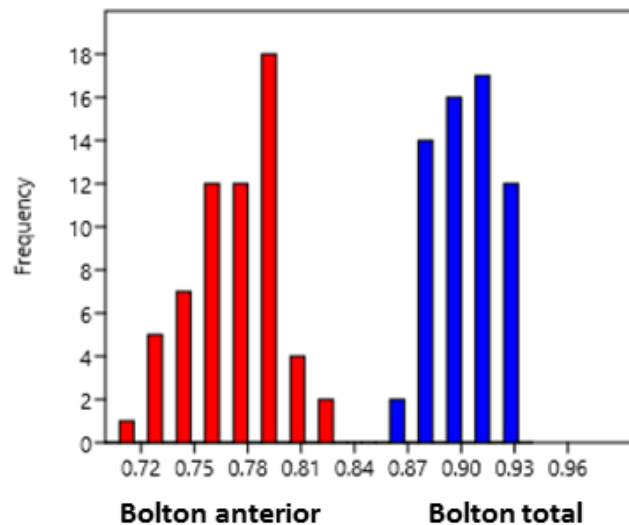


	46	45	44	43	42	41	31	32	33	34	35	36	SUMA TOTAL	SUMA ANTERIOR
<b>MUESTRA</b>														
28	10,994	7,604	7,665	7,058	5,366	4,929	5,116	5,638	6,807	7,607	7,659	10,763	87,258	34,946
29	10,869	7,417	7,274	7,106	6,469	5,695	5,651	6,188	6,957	7,465	7,651	10,271	89,013	38,066
30	11,029	7,544	7,155	6,962	5,992	5,884	5,856	5,716	7,093	7,249	7,063	11,25	88,833	37,523
31	11,17	7,01	7,106	6,848	5,948	5,243	5,556	5,834	6,875	7,265	7,388	11,099	87,362	36,304
32	11,206	7,311	7,196	7,344	6,035	5,038	5,095	6,071	7,366	7,16	7,2	11,695	88,717	36,949
33	11,173	6,799	6,984	6,291	5,725	4,991	4,929	5,646	6,345	7,081	7,02	11,623	84,607	33,927
34	10,886	6,452	6,439	5,831	5,167	4,837	4,933	4,939	5,642	6,668	6,538	10,826	79,178	31,369
35	10,613	7,397	7,496	6,894	5,904	5,245	4,982	5,964	6,865	7,79	7,139	10,942	87,231	35,854
36	10,755	7,297	6,931	6,912	6,024	5,133	5,062	5,714	6,742	6,995	7,373	11,101	86,039	35,587
37	11,276	7,633	7,548	7,044	5,672	5,369	5,188	5,985	7,185	7,599	7,446	11,163	89,108	36,443
38	10,843	7,203	6,67	6,8	5,95	4,917	5,082	5,582	7,056	6,741	7,325	10,712	84,881	35,387
40	10,746	7,329	7,099	6,791	6,16	4,821	5,055	6,008	6,848	7,308	7,395	10,705	86,265	35,683
41	10,749	7,27	7,208	6,853	5,586	5,321	5,359	5,78	6,66	7,454	7,07	10,939	86,249	35,559
42	11,553	7,139	6,875	6,964	6,333	5,863	5,719	6,335	7,057	7,021	7,116	11,749	89,724	38,271
43	11,601	7,35	6,865	6,835	5,929	5,245	5,416	6,014	6,713	6,942	7,283	11,552	87,545	36,152
44	11,312	7,099	6,653	6,636	5,32	4,94	4,94	5,302	6,352	6,843	7,094	11,007	83,498	33,49
45	11,256	7,263	7,107	6,993	5,64	5,105	5,123	5,856	6,978	7,346	7,516	11,729	87,912	35,695
47	11,102	7,522	7,468	6,667	5,45	5,398	5,055	5,63	6,442	7,616	7,515	11,218	87,123	34,662
48	11,175	7,706	7,099	7,167	5,869	5,327	5,545	5,842	7,016	7,113	7,563	11,31	88,732	36,766
49	11,752	6,686	6,453	6,714	5,685	5,057	4,952	5,911	6,96	6,587	6,908	11,835	85,48	35,259
50	11,633	6,658	6,649	6,412	5,349	4,945	4,823	5,436	6,248	6,778	6,944	11,412	83,287	33,213
51	11,195	7,28	7,529	7,141	5,542	5,005	5,122	5,662	7,272	7,602	7,059	10,916	87,325	35,744
52	10,548	7,058	7,368	7,407	5,938	5,42	5,607	5,828	7,513	7,02	7,443	10,611	87,781	37,713
53	11,171	7,028	7,046	7,203	5,59	5,11	5,376	5,725	7,272	7,057	7,085	11,257	86,92	36,276
54	9,622	7,314	7,076	6,504	5,225	4,542	4,724	5,388	6,361	6,932	7,522	9,638	80,848	32,744
55	10,872	6,904	6,363	6,641	5,359	4,795	4,557	5,139	6,693	6,455	6,985	10,915	81,678	33,184
56	10,484	6,821	6,856	7,212	5,998	5,71	5,424	5,984	7,472	6,92	7,175	10,288	86,344	37,8
57	10,649	6,841	6,993	6,429	5,503	5,09	5,139	5,63	6,493	6,948	6,793	10,929	83,437	34,284
58	10,2	6,569	6,646	6,329	5,311	5,05	4,996	5,271	6,572	6,754	6,675	10,164	80,537	33,529
59	10,537	6,69	7,05	7,102	5,806	5,065	4,819	5,749	7,066	7,012	6,628	10,719	84,243	35,607
60	11,409	7,899	7,706	7,308	6,365	5,067	5,035	6,134	7,403	7,92	7,971	11,223	91,44	37,312
61	10,891	8,111	7,676	7,755	6,215	5,521	5,605	6,168	7,696	7,47	8,015	10,902	92,025	38,96
61	10,945	6,952	6,735	6,351	5,772	4,811	4,739	5,819	6,418	6,69	6,927	11,073	83,232	33,91
62	11,093	7,112	7,126	7,956	6,5	5,278	5,228	6,265	7,791	7,174	6,916	11,185	89,624	39,018
													<b>PROME</b>	<b>85,993</b>
													<b>DS</b>	<b>3,793</b>
														<b>2,033</b>

Tabla 6.2 Continuación datos generales de medición mesodistal dientes inferiores

En la figura 6.6 se observa un histograma que compara los valores del índice de Bolton anterior y total resultante versus la cantidad de muestras que obtuvieron dicho valor. En definitiva 42 pacientes (68,85%) tuvieron rangos entre 75,5%-79,5% en coeficiente anterior, 13 pacientes (21,31%) entre 70,5%-75%, y los restantes 6 sujetos (9,83%) tuvieron promedios entre 80%-83%.

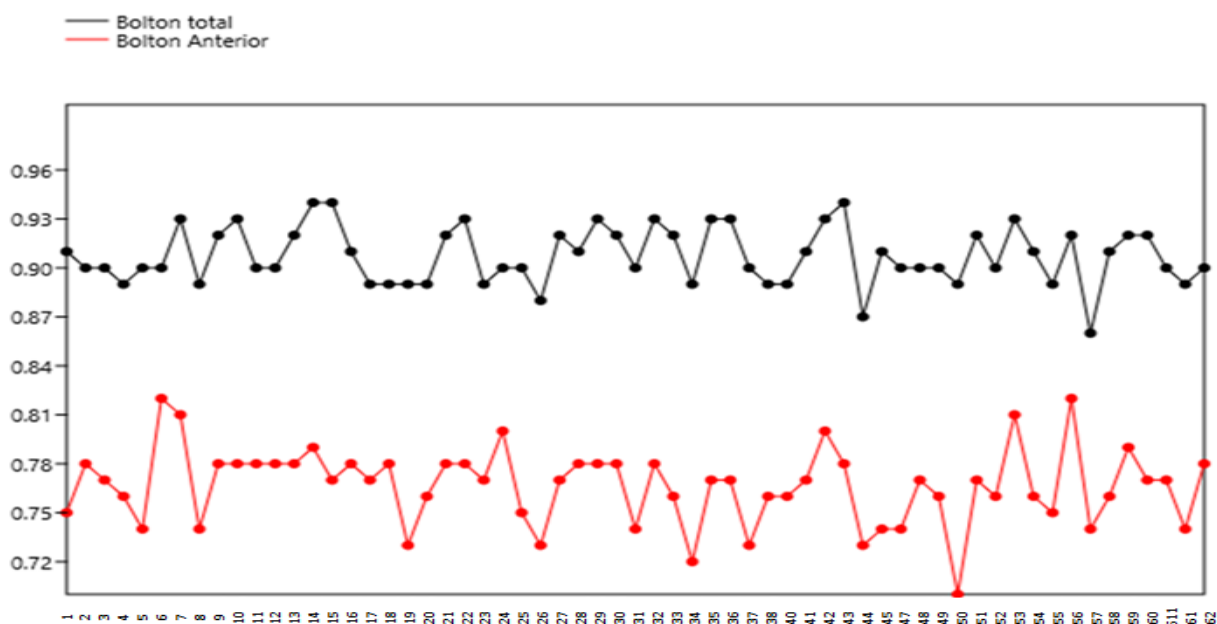
Tomando en cuenta el índice de Bolton total se encontró que 47 sujetos (77,04%) tuvieron promedios entre 87,5% y 91,5%, otros 12 pacientes (19,67%) entre 92%-93,5%, y solo en 2 pares de modelos de pacientes (3,27%) hubo un promedio entre 86%-87%.



**Figura 6.6 Histograma comparativo entre valores del índice de Bolton anterior y total**

En la figura 6.7 que aparece a continuación, se observa el comportamiento de la muestra y la relación encontrada entre los valores del índice anterior y total de Bolton. Esta imagen indica que el tamaño mesodistal se acompaña o es proporcional entre dientes anteriores y posteriores, por ejemplo, las muestras con porcentajes bajos en el análisis de Bolton anterior, a su vez, se encontraron disminuidos los resultados para los índices totales.

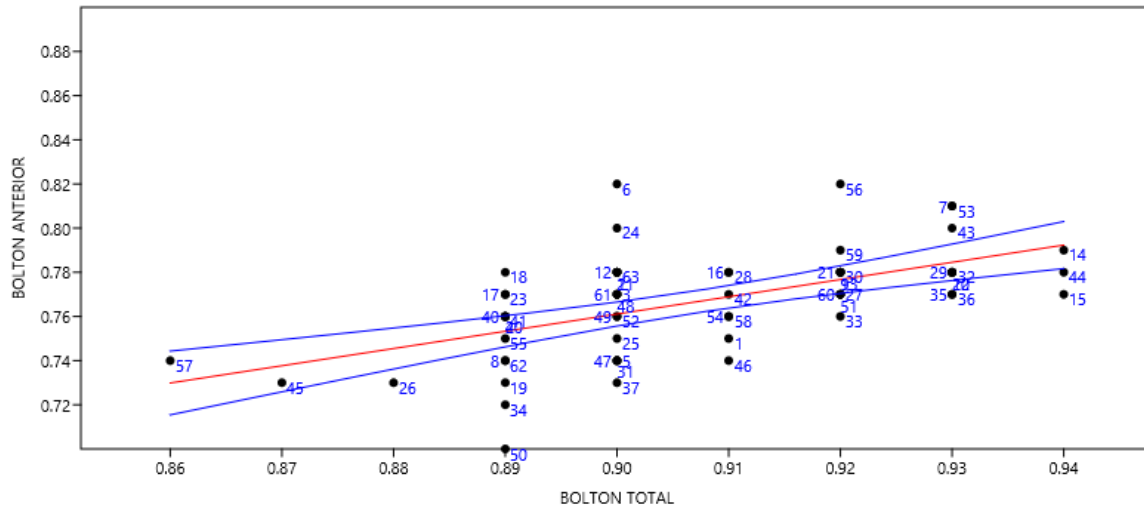
Particularmente se observaron índices bajos acompañados entre sí, en las muestras 5,8,19,26,34,44,57,61 y sobretodo en la muestra 50, donde se mostró el índice anterior más bajo de todos. En contraste, se observan aumentados los resultados del análisis de Bolton en las muestras 7,14,21,22,42,43,53,56 y 59. La tendencia revelada en esta gráfica indica que si el paciente tiene dientes anteriores de menor tamaño, los posteriores también serán pequeños, y así se acompañarán para obtener una oclusión estable o ideal sin mayores discrepancias de tamaño.



**Figura 6.7 Relación del comportamiento del análisis de Bolton anterior y total.**

En el análisis lineal de la figura 6.8, se observa que la mayoría las muestras tuvieron un índice de Bolton total aproximado de 89% y 90%, mientras que los valores del índice anterior para estos mismos rangos totales, fueron bastante variables, oscilaron entre 70%-78% para el primero, y entre 73%-82% para el segundo.

Se observa adicionalmente, que algunos pacientes (correspondientes a las muestras 57,45,26) obtuvieron valores aislados del promedio, por ejemplo para la primer muestra un Bolton total de 86% y anterior de 74%, para el segundo caso de 87% y 73%, y para el tercero 88% y 73% respectivamente. Así mismo las muestras 14,44 y 15 tuvieron un índice total de 94% y el anterior de 79%, 78% y 77% en ese mismo orden.



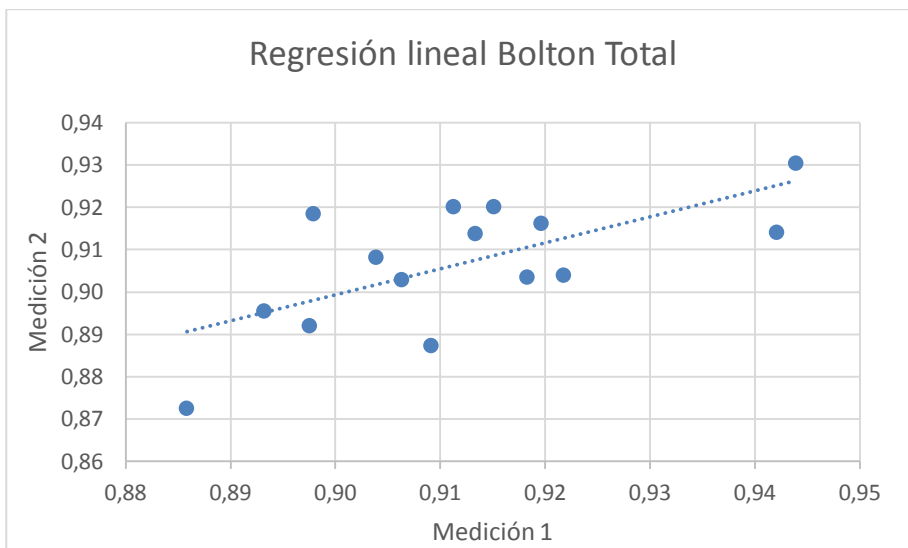
**Figura 6.8** Análisis de regresión relacionando índice de Bolton anterior y total

En el presente estudio se tomaron 15 pares de modelos al azar sobre los cuales se realizaron dos mediciones digitales por medio del software (FreeCAD), y una directamente sobre los modelos en yeso. Ambas con el fin de establecer el índice de Bolton anterior y total en cada uno de los casos, y relacionarlos entre sí para comparar el grado de error entre las mediciones.

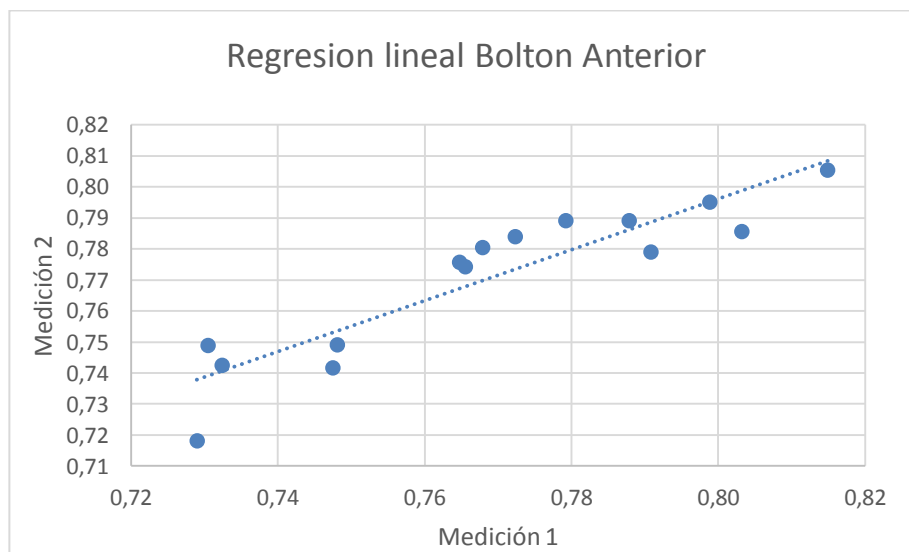
Teniendo en cuenta las dos primeras mediciones digitales se encontró como resultado un grado de error según la fórmula de Dalhberg no mayor del 1%, específicamente 0,96% para el Bolton total y de 0,76% para el anterior. Lo cual se considera un error bajo o aceptable. Adicionalmente, se realizaron las pruebas de T-test pareado y de Wilcoxon, encontrándose para el primero un valor de  $p:0,18$  en el análisis total y en el anterior de  $p:0,46$  (nivel de confianza del 95%). Así mismo, valores de  $p:0,15$  y  $p:0,30$  respectivamente para el test de Wilcoxon. Sin embargo la probabilidad de igualdad fue mayor de 0,05.

Según las figuras 6.9 y 6.10 de regresión lineal del análisis de Bolton total y anterior respectivamente, se asume que los resultados de las 15 mediciones dobles aleatorias de

la muestra digital para establecer el error, tuvieron una distribución normal y no difiere de manera significativa cuando se realizó una segunda medición.



**Figura 6.9. Regresión lineal de análisis de Bolton total. Doble medición de 15 modelos digitales aleatorios.**



**Figura 6.10. Regresión lineal de análisis de Bolton anterior. Doble medición de 15 modelos digitales aleatorios.**

Tomando en cuenta la relación de concordancia entre las mediciones digitales y directamente sobre los modelos en yeso, se encontró un grado de error entre estas, según la fórmula de Dalhberg de 1,04% para el Bolton total, y de 1,49% para el Bolton anterior, lo cual se considera aceptable para este estudio.



## 8. Discusión

En el presente proyecto de investigación se midió el ancho mesodistal dental de 61 modelos en yeso digitalizados de una muestra con oclusión ideal utilizada anteriormente en otro estudio (7). Se escogieron al azar 15 modelos para establecer el grado de error intraobservador y la diferencia entre las mediciones digitales y en físico directamente desde los modelos en yeso. Bajo esta metodología se encontró en los resultados que entre las mediciones digitales hubo un grado de confianza del 95%, donde según la fórmula de Dalhberg el rango de error no fue mayor de 1% (específicamente 0,96% para el Bolton total y de 0,76% para el anterior), esto se considera un grado bajo o aceptable. Adicionalmente, se realizaron las pruebas de T-test pareado ( $p < 0,5$ ) y de Wilcoxon ( $p < 0,3$ ), las cuales ratifican que no hubo diferencias significativas entre una medición digital y otra de la misma índole. Se indica entonces que para el T-test, se encontró un nivel de confianza del 95%, lo que apoya que los datos encontrados son lo suficientemente adecuados para generar una conclusión aceptable de confianza, existiendo una probabilidad de 1 en 20 de equivocación en la medición.

Sin embargo, teniendo en cuenta el gráfico 9 y 10 sobre la regresión lineal de los valores encontrados entre las mediciones digitales, se observó mayor dispersión en los datos de Bolton total, es decir que los valores anteriores fueron más aproximados entre las mediciones. Lo anterior pudo haber ocurrido debido a que los dientes anteriores pudieron haber sido más fáciles de medir digitalmente, o porque en el Bolton total se deben medir más dientes (variables) que pudieron haber alterado el resultado. Sin

embargo, las diferencias no fueron tan significativas como para indicar algún tipo de sesgo.

Según Bailey (45), el análisis de Bolton en la práctica clínica ortodóntica tiene resultados relativos, ya que en el caso de diagnosticarse alguna discrepancia de tamaño puede deberse al exceso de masa dental de un maxilar o a la deficiencia misma del otro, de esta manera cualquier arco puede ser escogido para comparación.

Tomassetti y colaboradores (1) realizaron un estudio en el 2001, cuyo objetivo era determinar la precisión y proximidad entre las mediciones dentales mesodistales manuales con el calibrador de vernier y digitales con tres softwares diferentes (OrthoCad, Hamilton Arch Tooth System -HATS, QuickCeph). En dicho estudio se realizó el análisis de Bolton en tres ocasiones sobre la totalidad de los modelos en yeso (n:22), y una medición con cada uno de los métodos digitales, con al menos 2 semanas de diferencia entre las mediciones. En conclusión, no se encontró diferencia estadísticamente significativa entre los métodos usados para comparar el análisis de Bolton. Sin embargo, una diferencia clínica significativa (>1,5mm) fue evidente para todos los métodos. Comparando la medición manual con la digital y el programa HATS, se encontraron resultados similares, mientras que con el OrthoCad y el QuickCeph se encontró menos correlación.

Respecto a las diferencias encontradas entre las mediciones digitales y en yeso, se encontró un grado de error según la fórmula de Dalhberg de 1,04% para el Bolton total, y de 1,49% para el Bolton anterior. Partiendo de este hecho, se observó un comportamiento contrario al encontrado sobre las mediciones netamente digitales, ya que en estas hubo más proximidad en los resultados del análisis de Bolton anterior que en el total. Sin embargo, las diferencias tampoco fueron significativas, lo que indica que la utilización de este software (freeCAD) como herramienta adicional para medir modelos en yeso digitalizados, puede ser empleada y brinda una adecuada precisión y repetitividad para este tipo de mediciones.

---

En contraste, se observó una tendencia al incremento de los valores cuando las mediciones se realizaron en físico a partir de los modelos de yeso, en comparación con el medio digital. En la sumatoria del ancho mesodistal desde el primer molar hasta su contralateral, se observó un aumento del 1,27% en el maxilar superior y de 1,51% en el inferior. A su vez en la sumatoria de los dientes anteriores el incremento fue de 0,54% para los superiores y de 0,63% para los inferiores. Adicionalmente, en el análisis de Bolton hubo un ligero aumento de 0,4% en el índice total y de 0,5% en el anterior; estos últimos resultados tuvieron una diferencia poco significativa, debido a que el aumento fue proporcionado en cada una de las mediciones dentales, y no deberían esperarse grandes cambios al consolidar los resultados finales del análisis de Bolton. Es decir, la diferencia fue únicamente en el método utilizado para medir los modelos.

Estos rangos de diferencia entre las mediciones anteriormente descritos pueden considerarse aceptables. Se puede sugerir entonces el uso del software freeCAD para realizar las mediciones y reemplazar el archivo físico de los modelos en yeso, para contar con uno en medio digital que facilite su almacenamiento y a su vez sea una herramienta confiable y reproducible para el diagnóstico de discrepancias de tamaño dental en ortodoncia.

Estudios como el de Santoro y colaboradores (30) han informado que las mediciones obtenidas sobre modelos digitales fueron menores que las obtenidas utilizando modelos de yeso. También en el estudio de Mullen (31), donde se utilizó el sistema de computación Quick Ceph para calcular el coeficiente de Bolton sobre modelos digitalizados y compararlos con los resultados obtenidos manualmente sobre modelos en yeso, encontraron valores menores; aunque en conclusión no se evidencian diferencias significativas entre los dos métodos. La media estuvo entre  $0,05 \pm 1,87\text{mm}$ .

Lavelle y colaboradores (46) encontraron en una muestra de 160 sujetos que los pacientes con maloclusión clase III presentaban coeficientes de Bolton con niveles elevados. Sin embargo, en el estudio de Bolton no se especificó el género de los pacientes, lo que implica un potencial sesgo. Además las variaciones se subestimaron ya que la muestra consistía en oclusión perfecta de clase I (44).

Sobre los resultados del análisis de Bolton de toda la muestra evaluada (n:61), se encontró en definitiva que 42 pacientes (68,85%) tuvieron rangos entre 75,5%-79,5% en análisis anterior, 13 pacientes (21,31%) entre 70,5%-75%, y los restantes 6 sujetos (9,83%) tuvieron rangos entre 80%-83%. Tomando en cuenta en índice de Bolton total se encontró que 47 sujetos (77,04%) tuvieron promedios entre 87,5% y 91,5%, otros 12 pacientes (19,67%) entre 92%-93,5%, y solo en 2 (3,27%) pares de modelos de pacientes hubo un promedio entre 86%-87%.

Con este estudio se definió que la población colombiana con oclusión ideal, sobre la que se realizó el presente estudio, obtuvo un promedio de 90,72% (DS 1,76%) para el Bolton total con unos resultados mínimos de 86% y máximos de 94%; y para el sector anterior un promedio de 76,67% (DS 2,37%), con valores mínimos de 70% y máximos de 82%. En el estudio original de Bolton una correcta oclusión anterior debe tener un índice de 77.2% (DS 1.65%), y el índice total debe ser de 91.3% (DS 1.91%). El autor sugiere que desviaciones mayores a 1DS indican una posible necesidad de tratamiento.

En el presente estudio de investigación se encontró una ligera disminución de los índices de Bolton actualmente estipulados para el diagnóstico de las discrepancias de tamaño. Sin embargo esta diferencia no fue significativa, se encontró que el índice total fue 0,58% menos, mientras que el anterior 0,53%.

Relacionando los hallazgos encontrados por Bolton y el presente estudio se encuentra que el índice total y anterior sí podrían aplicarse a esta población colombiana evaluada. Bolton (47) sugiere en su reporte, que las desviaciones mayores a 1DS deben ser consideradas. En contraste, otros autores (48) (39) las definen significativas si son mayores de 2DS. Lo anterior aún no está del todo claro y continúa sin resolverse (41).

La norma calculada por el Dr. Bolton (13) fue utilizando 55 modelos con oclusión perfecta de clase I de los cuales 44 pacientes fueron tratados ortodónticamente y 11 no lo fueron, la variación fue subestimada ya que solo se utilizaron pacientes con oclusión ideal. Adicionalmente, el tipo de población y el género de los sujetos no fueron especificados. El estudio de Bolton puede ser comparable con el presente, debido a que también se incluyeron pacientes con oclusión ideal, sin embargo ninguno fue tratado

---

ortodónticamente. A diferencia del estudio de Bolton donde del total de la muestra, el 80% tuvieron tratamiento previo.

En el estudio de Akyalcin y colaboradores (44), se tomó una muestra de 152 paciente clase I esquelética con diferentes clases de Angle, en definitiva se encontró que el grupo clase I (48 sujetos), tuvo un Bolton anterior de 78,15% (DS 3,42), para el clase II (60 personas) fue de 78,44% (DS 4,11), y para el grupo de clase III (44 pacientes) fue de 78,03% (DS 3,66). De la misma manera se encontró un Bolton total para clase I de 91,34% (DS 2,32), clase II 90,75% (DS 2,92), y clase III 90,81% (DS 2,59). Tomando en cuenta los resultados del anterior estudio se encontró un índice anterior de Bolton ligeramente mayor a la norma ( $77 \pm 1,6$ ), según el estudio debido a las diferencias morfológicas del ancho de los incisivos superiores, aunque la diferencia no fue estadísticamente significativa. Tampoco se encontró que las discrepancias de tamaño estuvieran directamente relacionadas con el tipo de maloclusión como lo indicó el estudio de Lavelle (46). Sin embargo, en varios estudios se encontró que la prevalencia de discrepancias de tamaño intermaxilar fue estadísticamente mayor en pacientes clase III y la desviación de la línea media si se relacionó con estas discrepancias del Bolton anterior. (37) (36).

Con relación al análisis de Bolton y la aplicabilidad en las poblaciones, se realizó un estudio con pacientes japoneses donde no se observó diferencia significativa con relación al tipo de maloclusión y género en cuanto al índice total y anterior, lo que indica que este análisis puede ser aplicado a dicha población (49). Mientras que Paredes y colaboradores (50) en su estudio, observaron una diferencia entre la población española y los valores normales del coeficiente de Bolton. En contraste, Sanchez y colaboradores (51) indican que el índice anterior de Bolton si puede aplicarse en la población cubana.

En el estudio de Akyalcin (44) anteriormente mencionado, se relacionó una muestra de 154 individuos de los cuales el 55,8% tuvieron una discrepancia de tamaño anterior, y el 48% tuvieron una total. Richardson y colaboradores (52) también mostraron hallazgos similares, encontrando una discrepancia en el 33,7% de sus pacientes. Así mismo Araujo y Souki (37), encontraron altos porcentajes de discrepancias de tamaño en su muestra de una población Brasileira.

El estudio realizado en una población española por Paredes y colaboradores (50), encontró que el índice de Bolton total fue de 91.97% (+/-1.95%), y anterior de 78.32% (+/-2.45%). Esta investigación se realizó en 100 individuos clase I con oclusión ideal de la región. Se encontró que el 21% de la muestra, tuvieron una discrepancia en el índice de Bolton anterior mayor a 2 DS, mientras que el 5% lo fue para el índice total. Se concluye una diferencia significativa entre los valores promedio encontrados en la muestra española y el índice de Bolton, por tanto este no debería aplicarse como medida estándar en dicha población. Adicionalmente Fernandez y colaboradores (53) en su estudio sobre una población también española encontraron una proporción de 80,62% en el análisis de Bolton anterior, y de 93,39% para el total.

Según el estudio de Crosby y Alexander (39) en una población de americanos blancos, el índice anterior fue de 77,5%, mientras que el índice total fue de 91,4%. Estos resultados fueron bastante cercanos a los encontrados en el estudio de Bolton, y a su vez, al presente trabajo de investigación.

Un estudio realizado sobre una población peruana (41) donde se tomó un total de 321 sujetos entre 12 y 16 años de edad, sin tratamiento de ortodoncia y con diferentes tipos de maloclusiones, encontró que el 20,5% de la muestra tuvieron un índice anterior de Bolton mayor a 2DS, de los cuales el 16,5% fue mayor a +2DS, y el 4% fue mayor de -2DS. Mientras que para el índice total de Bolton solo el 5% de la muestra discrepó, ya que el 2,5% fue mayor a -2DS y el restante 2,5% estuvo mayor a +2 DS.

Otro estudio realizado por Smith y colaboradores (34) sobre 180 pacientes sin tratamiento de ortodoncia sobre tres poblaciones (afroamericano, hispano y blanco). Reportó que el análisis de Bolton total con promedios más bajos se encontró en la población blanca (92,3%), seguido de la hispana (93,1%) y por último la afroamericana (93,4%). Se mostró que las diferencias encontradas se debió al tamaño mesodistal de los siguientes dientes en este orden de relevancia: segundo premolar inferior, lateral superior, segundo premolares superiores y el incisivo central inferior. Se concluye en el anterior artículo que las relaciones del tamaño dental son específicas para cada población, solamente se encontró aplicabilidad del análisis de Bolton en las mujeres blancas.

Se concluye que la población colombiana con oclusión ideal, sobre la que se realizó el presente estudio, obtuvo un promedio de 90,72% (DS 1,76%) para el Bolton total y para el sector anterior uno de 76,67%, (DS 2,37%). Relacionando los hallazgos encontrados por el Dr. Bolton y el presente estudio se encuentra que el índice total y anterior sí podrían aplicarse a esta población colombiana evaluada, ya que no se encontraron diferencias significativas.

## 9. Conclusiones

- Los valores del coeficiente de Bolton total y anterior sí podrían aplicarse a esta población colombiana evaluada, ya que no se encontraron diferencias significativas entre las mediciones.
- No se encontraron diferencias estadísticamente significativas entre las mediciones realizadas en el medio digital con la utilización del software freeCAD y las realizadas en físico directamente desde los modelos en yeso, concluyéndose que la herramienta digital empleada es una opción bastante valida, confiable y con alta reproducibilidad.
- Mediante la utilización del software freeCAD para realizar las mediciones, se observó que las medidas registradas fueron de una magnitud menor a las obtenidas en los modelos en yeso a través del calibrador de puntas finas. En la sumatoria del ancho mesodistal desde el primer molar hasta su contralateral, se observó una disminución del 1,27% en el maxilar superior y de 1,51% en el inferior. A su vez en la sumatoria de los dientes anteriores se redujo un 0,54% para los superiores y de 0,63% para los inferiores. Sin embargo las diferencias no fueron significativas.
- Se encontró que el tamaño mesodistal dental se acompañó entre dientes anteriores y posteriores con el fin de establecer una oclusión ideal y siendo aceptable estéticamente hablando.



## 10. Limitantes

- El presente estudio se realizó sobre un software no especializado para obtener resultados de índices de Bolton, éste es empleado en el área de ingeniería para medir distancias entre otras.
- Del total de la muestra de modelos en yeso que estaba disponible del estudio anteriormente realizado en la Facultad de Odontología de la Universidad Nacional, solo se digitalizaron adecuadamente 61 de ellos, reduciéndose el tamaño muestra.

## 11. Recomendaciones

- Repetir este estudio utilizando un tamaño de muestra mayor.
- Realizar nuevas mediciones utilizando otros softwares empleados comúnmente en el campo de la odontología y de la ortodoncia específicamente.
- Realizar este mismo proyecto de investigación en otras poblaciones del país, y medir modelos de pacientes con diferentes maloclusiones.

---

## Bibliografía

1. Tomassetti JJ, Taloumis LJ, Denny JM, Fischer JR. A comparison of 3 computerized Bolton tooth-size analyses with a commonly used method. *Angle Orthod* 2001;71:351-7.
2. Zilberman O, Huggare JA, Parikakis KA. Evaluation of the validity of tooth size and arch width measurements using conventional and three-dimensional virtual orthodontic models. *Angle Orthod* 2003;73:301-6.
3. Proffit WR. *Contemporary Orthodontics*. 3rd ed. St. Louis, MO: Mosby. 2000.p 160-170
4. Vieira SM, Cossetin VE, Janson G, Garib D, Pinzan A. Accuracy and reproducibility of 3- dimensional digital model measurements. *Am J Orthod Dentofacial Orthop* 2012;142:269-73.
5. Nalcaci R, Topcuoglu T, Ozturk F. Comparison of Bolton analysis and tooth size measurements obtained using conventional and three-dimensional orthodontic models. *Eur J Dent* 2013;7:66-70.
6. Stevens DR, Flores-Mir C, Nebbe B, Raboud DW, Heo G, Major PW. Validity, reliability, and reproducibility of plaster vs digital study models: Comparison of peer assessment rating and Bolton analysis and their constituent measurements. *Am J Orthod Dentofacial Orthop* 2013;143:269-73.
7. Vargas Vergara C. Asociaciones dentomaxilares en una muestra con oclusión aceptable. Tesis posgrado de Ortodoncia. Bogotá Universidad Nacional de Colombia, 1990.
8. Garino F, Garino G.B. Comparison of Dental Arch Measurements Between Stone and Digital Casts. *World Journal of Orthodontics*. 2002;3:1-5.
9. Fleming PS, Marinho V, Johal A. Orthodontic measurements on digital study models compared with plaster models: a systematic review. *Orthod Craniofac Res* 2011; 14:1–16.
10. Hajeer MY, Millett DT, Ayoub AF, Siebert JP. Applications of 3D imaging in orthodontics: part II. *J Orthod*. 2004; 31:154-162.
11. Keim RG, Gottlieb EL, Nelson AH, Vogels DS. Study of orthodontic diagnosis and treatment procedures, part 1: results and trends. *J Clin Orthod* 2008;42:625–40.
12. Shellhart WC, Lange DW, Kluemper GT, Hicks EP, Kaplan AL. Reliability of the Bolton tooth-size analysis when applied to crowded dentitions. *Angle Orthod* 1995; 65:327-34.

13. Bolton WA. Disharmony in tooth size and its relation to the analysis and treatment of malocclusion. *Angle Orthod* 1958; 28:113-30.
14. Parada SS, Mayorga C, Rodríguez MA, Reyes G. Análisis del comportamiento de la proporción dentaria de Bolton. *Revista Odontología Universidad Nacional*. 1993;17:2-5.
15. Mejía Rodríguez AM, Álvarez E, Roldan SI. Evaluación de la confiabilidad del índice PAR en modelos de estudio físicos y digitales. *Rev. CES Odont* 2013; 26:49-58.
16. Abizadeh N, Moles DR, O'Neill J, Noar JH. Digital versus plaster study models: How accurate and reproducible are they? *Journal of Orthodontics*. 2012;39:151–159.
17. Jacquet W, Nyssen E, Ibel G, Vande VB. On the augmented reproducibility in measurements on 3D orthodontic digital dental models and the definition of feature points. *Aust Orthod J* 2013;28-33, 29:.
18. De la Coleta Pizzol, K.E et al. Bolton analysis: an alternative proposal for simplification of its use. *Dental Press J Orthod*. 2011;16(6):69-61.
19. Matthew JP, Stuart DJ, Sam WL, Brian JL. Digital Models: An Introduction. *Semin Orthod* 2004;10:226-238.
20. Glenner RA: Dental impressions. *J Hist Dent* 1997;45:127-130.
21. Paredes V, Gandia JL, Cibrián R. Registros diagnósticos digitales en ortodoncia. *Med Oral Patol Oral. Cir Bucal*. 2006;11:88-93.
22. Company., Weinberger WB. *Orthodontics. An historical review of its origin and evolution*. 1926. C.V. Mosby.
23. Van Der Linden. A new method to determine tooth positions and dental arch dimensions. *J.Dent.Res.* 1972; 41(4).
24. Moorrees C. *The dentition of the growing child*. 1959. Harvard University Press. Cambridge, Massachusetts.
25. Mårtensson B, Rydén H. The holodent system, a new technique for measurement and storage of dental casts. *Am J Orthod Dentofacial Orthop* 1992;102:113-9.
26. Ayoub AF, Wray D, Moos KF, Jin J, Niblett TB, Urquhart C, et al. A three-dimensional imaging system for archiving dental study casts: A preliminary report. *Int J Adult Orthodon Orthognath Surg* 1997;12:79-84.
27. Bell A, Ayoub AF, Siebert P. Assessment of the accuracy of a three-dimensional imaging system for archiving dental study models. *J Orthod* 2003; 30:219–223.

- 
28. El-Zanaty HM, El-Beialy AR, Abou EM, Hazem AK, Ragab EA, Ahmed M. Three-dimensional dental measurements: An alternative to plaster models. *Am J Orthod Dentofacial Orthop* 2010;137:259-65.
  29. Champagne M. Reliability of measurements from photocopies of study models. *J Clin Orthod* 1992;26:648-50.
  30. Santoro M, Galkin S, Teredesai M, Nicolay OF, Cangialosi TJ. Comparison of measurements made on digital and plaster models. *Am J Orthod Dentofacial Orthop* 2003;124:101-5.
  31. Mullen SR, Martin CA, Ngan P, Gladwin M. Accuracy of space analysis with emodels and plaster models. *Am J Orthod Dentofacial Orthop* 2007;132:346-52.
  32. Radeke J, Von der Wense C, Lapatki BG. Comparison of orthodontic measurements on dental plaster casts and 3D scans. *J Orofac Orthop* 2014;75:264–274.
  33. Whetten JL, Williamson PC, Heo G, Varnhagen C, Major PW. Variations in orthodontic treatment planning decisions of Class II patients between virtual 3-dimensional models and traditional plaster study models. *Am J Orthod Dentofacial Orthop* 2006;130:48.
  34. Smith SS, Buschang PH, Watanabe E. Interarch tooth size relationships of 3 populations: “does Bolton’s analysis apply?” *Am J Orthod Dentofacial Orthop* 2000;117:169-74.
  35. Sheridan JJ. The Readers’ Corner. *J Clin Orthod*. 2000;34:593–597.
  36. Ta TA, Ling JYK, Hagg U. Tooth-size discrepancies among different occlusion groups of southern Chinese children. *Am J Orthod Dentofacial Orthop*. 2001;120:556-558.
  37. Araujo E, Souki M. Bolton anterior tooth size discrepancies among different malocclusion groups. *Angle Orthod*. 2003; 73(3) 307-313
  38. Johe R, Steinhart T., Sado N., Greenberg B., Jimg S. Intermaxillary tooth size discrepancies in different sexes, malocclusion groups, and ethnicities. *Am J orthod Dentofacial Orthop*, 2010;138:599-607.
  39. Crosby DR, Alexander CG. The occurrence of tooth size discrepancies among different malocclusion groups. *Am J Orthod Dentofacial Orthop* 1989;95:457-61.
  40. Yamanda E. The anthropological study of the Japanese teeth. *J Nippon Dent Assoc*. 1932;25:15-46.
  41. Bernabe E, Major PW, Flores-Mir C. Tooth-width ratio discrepancies in a sample of Peruvian adolescents. *Am J Orthod Dentofacial Orthop*. 2004;43:306-307.

42. Garn SM, Lewis AB, Kerewsy RS. Sex difference in tooth size. *J Dent Res.* 1964;43:306-307.
43. Arya BS, Savara BS, Thomas D, Clarkson Q. Relation of sex and occlusion to mesiodistal tooth size. *Am J Orthod.* 1974;66:479-486.
44. Akyalcin S, Dogan S, Dincer B. Bolton tooth size discrepancies in skeletal class I individuals presenting with different dental angle classifications. *Angle Orthodontist* 2006; 76(4):637-643.
45. Bailey LA. The Bolton analysis revisited. Thesis. Edmonton, Alberta, Canada: University of Alberta and 1998.
46. Lavelle CL. Maxillary and mandibular tooth size in different racial groups and in different occlusal categories. *Am J Orthod.* 1975;68:157-164.
47. Bolton WA. The clinical application of tooth-size analysis. *Am J Orthod* 1962;48:504-29.
48. Freeman JE, Maskeroni AJ, Lorton L. Frequency of Bolton tooth-size discrepancies among orthodontic patients. *Am J Orthod Dentofacial Orthop* 1996;110:24-7.
49. Endo T, Abe R, Kuroki H, Shimooka S. Tooth size discrepancies among different malocclusions in a Japanese orthodontic population. *Angle Orthod.* 2008;78(6):994-9.
50. Paredes V, Gandia JL, Cibrian R. Do Bolton's ratios apply to a Spanish population?. *Am J Orthod Dentofacial Orthop.* 2006;129(3):428-30.
51. Sánchez Torres, Pérez García LM, Álvarez Román CI, Machado Martínez M, Blázquez Casanovas M. Estudio biométrico de 49 oclusiones normales mediante el índice anterior de Bolton. *Rev Cubana Ortod.* 1999;14(2):100-2.
52. Richardson ER, Malhotra SK. Mesiodistal crown dimension of the permanent dentition of American Negroes. *Am J Orthod.* 1975;68:1157-164.
53. Fernández P, Suárez D, Otero JL. Análisis odontométrico de una población maloclusiva: índice de Bolton. *Rev Esp Ortod* 1995;25:119-26.

## A. Anexo 1: Primera medición digital en 15 modelos aleatorios

DEBTE	16	15	14	13	12	11	21	22	23	24	25	26	SUMA TOTAL M-D	SUMA ANTERIOR	BOLTON TOTAL	BOLTON ANTERIOR
MUESTRA																
3	10,72	6,374	7,062	7,835	7,005	8,203	7,856	7,257	7,899	7,061	6,707	10,747	94,726	46,055	94,21%	81,49%
10	10,791	6,772	7,735	7,752	6,386	8,609	8,602	7,218	7,618	7,848	6,375	10,722	96,428	46,185	90,39%	74,81%
34	9,484	6,125	6,741	6,883	6,2	8,34	8,103	6,489	7,109	6,822	6,194	9,989	88,465	43,13	88,75%	73,24%
62	10,596	6,497	6,884	8,556	7,398	8,768	9,112	7,502	8,232	6,972	6,807	10,743	98,407	50,108	91,13%	77,23%
14	10,296	6,813	7,119	7,892	7,886	8,868	8,805	7,273	8,005	7,466	6,173	11,065	96,011	48,679	91,51%	78,79%
17	9,859	5,875	6,666	7,199	6,586	8,06	7,582	6,548	7,689	6,482	6,023	10,106	88,617	43,604	91,34%	77,92%
1	10,139	6,47	6,377	7,237	6,256	7,249	7,721	6,873	7,375	6,084	6,245	9,777	87,48	42,711	88,79%	73,05%
30	10,31	6,648	7,015	7,856	6,92	8,495	8,833	7,047	7,349	6,854	6,357	10,194	93,878	46,5	91,96%	79,08%
42	10,609	6,206	6,348	7,697	6,883	8,933	9,039	6,768	7,354	6,755	6,12	10,878	93,39	46,474	94,39%	80,32%
55	10,592	6,626	6,347	7,978	6,814	7,951	7,937	6,219	7,183	6,276	6,683	10,566	91,182	44,092	88,58%	72,90%
60	10,875	6,745	7,63	7,588	7,387	8,429	8,655	7,463	7,852	7,11	7,644	11,093	98,651	47,554	89,32%	74,75%
4	10,255	6,715	7,266	7,413	6,835	8,12	7,982	6,392	7,515	7,463	6,584	10,465	92,785	44,037	91,83%	76,79%
12	9,359	6,411	6,598	7,751	6,556	7,511	7,88	6,452	7,028	6,428	6,541	9,882	88,397	43,178	90,91%	76,55%
21	10,327	6,167	7,014	7,011	6,526	7,8	7,943	6,582	7,025	6,331	6,233	10,222	89,161	42,867	90,63%	76,47%
59	9,584	5,949	6,442	7,386	6,784	7,386	7,791	6,368	7,478	7,056	6,177	9,874	88,275	43,193	92,17%	79,89%
												<b>PROMEDI</b>	<b>92,524</b>	<b>45,224</b>	<b>91,19%</b>	<b>76,89%</b>
MUESTRA	46	45	44	43	42	41	31	32	33	34	35	36	SUMA TOTAL M-D	SUMA ANTERIOR		
3	10,572	7,986	7,166	6,859	6,186	5,646	5,296	6,471	7,074	7,209	8,086	10,677	89,238	37,532		
10	11,771	7,24	7,268	6,617	5,652	5,168	5,188	5,812	6,115	7,381	7,29	11,658	87,16	34,552		
34	10,709	6,621	6,391	5,164	5,416	4,85	4,933	5,164	6,06	6,471	6,548	11,073	79,4	31,587		
62	11,183	7,291	6,812	7,423	6,201	5,335	5,384	6,543	7,633	7,226	7,238	11,228	89,677	38,699		
14	10,882	7,438	6,973	7,354	6,184	5,534	5,427	6,614	7,241	7,746	7,433	10,855	89,691	38,354		
17	10,089	6,584	6,776	6,438	5,809	5,026	4,916	4,358	6,431	6,479	6,408	10,626	80,94	33,978		
1	10,828	6,525	6,537	6,339	4,803	4,755	4,343	4,927	6,033	6,527	6,212	10,716	78,547	31,2		
30	10,829	7,187	6,812	6,159	6,019	5,663	6,042	5,959	6,931	6,688	7,229	10,753	86,332	36,773		
42	11,151	7,105	7,439	6,219	6,117	5,994	5,935	6,078	6,984	6,622	7,03	11,481	88,155	37,327		
55	10,761	6,819	6,649	6,319	4,929	4,605	4,497	4,816	6,976	7,031	7,022	10,546	80,77	32,142		
60	10,488	8,009	7,594	6,989	5,739	5,377	5,033	5,537	6,871	7,594	7,935	10,961	88,117	35,546		
4	10,748	7,331	7,754	6,811	5,969	5,072	4,602	5,249	6,513	7,555	7,515	10,483	85,202	33,816		
12	10,356	6,561	6,611	6,431	5,395	4,782	4,774	5,205	6,466	7,156	6,449	10,178	80,384	33,053		
21	10,588	6,512	7,1	6,417	5,351	4,851	4,702	5,212	6,249	7,025	6,47	10,332	80,809	32,782		
59	10,225	5,789	6,964	6,429	5,46	5,35	5,232	5,449	6,585	7,215	6,276	10,382	81,366	34,505		
												<b>PROMEDI</b>	<b>84,385</b>	<b>34,790</b>		





