



FACULTAD DE MEDICINA Y ODONTOLOGIA
UNIVERSITAT DE VALÈNCIA

TITULO:
ESTUDIO COMPARATIVO DE LA VALIDEZ Y REPRODUCIBILIDAD EN LA
MEDICIÓN DE LOS TAMAÑOS MESIODISTALES DE LOS DIENTES Y DE
LA ARCADA DENTARIA CON EL ESCÁNER INTRAORAL ITERO™ Y EL
MÉTODO TRADICIONAL

PROGRAMA DE DOCTORADO EN ODONTOLOGÍA

DOCTORANDO:
IGNACIO FAUS MATOSES

DIRECTORES TESIS DOCTORAL:
JOSE LUIS GANDIA FRANCO
VANESSA PAREDES GALLARDO
CARLOS BELLOT ARCÍS



**FACULTAD DE MEDICINA Y ODONTOLOGÍA. UNIDAD DOCENTE DE
ORTODONCIA, DEPARTAMENTO DE ESTOMATOLOGÍA**

D. Jose Luis Gandia Franco, Profesor Titular del Departamento de Estomatología de la Facultad de Medicina y Odontología de la Universitat de València,

Dña. Vanessa Paredes Gallardo, Profesora Contratado Doctor del Departamento de Estomatología de la Facultad de Medicina y Odontología de la Universitat de València,

D. Carlos Bellot Arcís, Profesor Asociado del Departamento de Estomatología de la Facultad de Medicina y Odontología de la Universitat de València,

CERTIFICAN QUE: D. Ignacio Faus Matoses, ha realizado bajo nuestra dirección el presente trabajo titulado: **“Estudio comparativo de la validez y reproducibilidad en la medición de los tamaños mesiodistales de los dientes y de la arcada dentaria con el escáner intraoral iTero™ y el método tradicional”**, y reúne, en nuestro criterio, los requisitos y méritos suficientes para optar, mediante el mismo, al Grado de Doctor en Odontología por la Universitat de València.

Fdo. José Luis Gandia

Fdo. Vanessa Paredes

Fdo. Carlos Bellot

AGRADECIMIENTOS

En primer lugar, y antes de comenzar con el desarrollo de esta tesis doctoral, me gustaría agradecer a todas las personas que de una u otra forma me han ayudado en la realización de este trabajo.

A mis directores de tesis, el Dr. **José Luis Gandía**, por haberme dado la oportunidad de formarme como ortodoncista junto a muchos de los mejores ortodoncistas del país, en uno de los posgrados con más tradición de España y poder formar parte del mismo.

A la **Dra. Vanessa Paredes**, por sus ánimos en los momentos de dificultad, su trabajo incansable e inestimable ayuda para la finalización de esta tesis doctoral.

Al **Dr. Carlos Bellot**, por su ejemplo como joven investigador y trabajo universitario en el campo de la Ortodoncia.

A mis **compañeros de Posgrado**, mayores y pequeños, que me han ayudado en la toma de impresiones y confección de modelos, especialmente a Ana Mora, como operadora interexaminador.

A toda la **Unidad Docente de Ortodoncia**, profesores colaboradores y personal auxiliar, porque de una forma u otra este trabajo es en parte fruto de su esfuerzo y dedicación diarios.

A mis padres, Vicente y M^a José, por su ayuda infinita, en los momentos buenos y no tan buenos, algo que nunca seré capaz de poderles agradecer de manera suficiente.

A mi hermano, Tito, por su ejemplo de esfuerzo y trabajo, su ayuda personal y profesional en todo momento y el placer que es formar parte de este “tándem”.

A Andrea, por todo el tiempo que le roba mi dedicación a esta profesión, por todas las cosas que hemos vivido juntos y las que nos quedan por disfrutar.

A mi **familia y amigos**, que hacen de esta mundo un lugar donde merece la pena estar.

0

ÍNDICE

1. INTRODUCCIÓN	13
2. REVISIÓN DE LA LITERATURA	19
2.1.- Dimensiones dentarias	
2.2.- Dimensiones de la Arcada Dentaria	
2.3.- Evolución en las mediciones dentarias	
2.4.- Ventajas y limitaciones del escáner intraoral frente al método manual	
2.5.- Estudios previos de validez y reproducibilidad del escáner intraoral para medidas dentales	
3. HIPÓTESIS Y OBJETIVOS	75
4. MATERIAL Y MÉTODOS	79
4.1.- Datos de la muestra	
4.2.- Metodología	
5. RESULTADOS	111
5.1.- Reproducibilidad intraexaminador del método escáner	
5.2.- Reproducibilidad interexaminador del método escáner	
5.3.- Reproducibilidad intraexaminador del método manual	
5.4.- Reproducibilidad interexaminador del método manual	
5.5.- Análisis comparativo de la reproducibilidad entre el método manual y el método escáner	
5.6.- Análisis de la validez de la técnica escáner frente a la técnica manual	
6. DISCUSIÓN	151
6.1.- Ventajas y limitaciones del método escáner	
6.2.- Validez del método escáner	
6.3.- Reproducibilidad del método escáner	
6.4.- Comparación de la reproducibilidad en los dos métodos de medida en la determinación de las medidas directas e indirectas	
6.5.- Limitaciones del estudio	
7. CONCLUSIONES	179
8. BIBLIOGRAFÍA	183
9. ANEXOS	197
9.1.- Comité de ética	
9.2.- Documento de información para el paciente	
9.3.- Compromiso de confidencialidad	
9.4.- Consentimiento informado	
10. TRABAJOS RELACIONADOS CON LA TESIS	205

1

INTRODUCCIÓN

Los avances tecnológicos, han cambiado nuestra forma de hacer y relacionarnos con el mundo en prácticamente todos los ámbitos, la Odontología no está al margen de esta evolución. La Odontología digital lleva años en marcha, evolucionando y cambiando la forma de hacer las cosas, tanto a nivel clínico como académico.

El diagnóstico clínico, como base del tratamiento odontológico también se ha visto afectado por estos cambios, dado que los registros iniciales que tomamos como punto de partida para la elaboración de dicho diagnóstico, han sufrido una revolución con la aparición y desarrollo de la Tomografía Computarizada de Haz Cónico (TCHC), lo mismo está ocurriendo actualmente con otros tipo de registros como los modelos dentales, gracias a los escáneres intraorales.

La aparición, desarrollo y evolución del escáner intraoral para la captación de registros intraorales del paciente ha sido uno de los avances más relevantes, y si continúa la tendencia actual, acabará cambiando por completo la práctica diaria en las consultas dentales.

Los modelos de estudio vaciados en escayola, usados desde hace años en Ortodoncia, son una pieza clave de los registros ortodóncicos de cara a la realización de un diagnóstico y elaboración de un plan de tratamiento, de la misma forma que son usados para contrastar la

calidad del resultado final del tratamiento, como en el caso del “American Board Orthodontics” (ABO).

Dichos modelos permiten trabajar de manera más sencilla, extraoralmente, para poder realizar mediciones y comprobaciones que de manera intraoral serían mucho más complicadas de llevar a cabo.

A nivel intraarcada, los modelos de estudio, permiten evaluar la forma, tamaño y posición tal, así como la forma de arcada, calcular también mediciones indirectas como la discrepancia óseo dentaria o el Índice de Bolton.

También son válidos en estudios interarcada, permitiendo evaluar más fácil y de manera más exacta la clase molar y canina de Angle, resalte, sobremordida y realización de estudios oclusales, en las tres dimensiones del espacio.

Tradicionalmente, aunque los modelos físicos han sido considerados como de referencia, no es menos cierto que presentan algunos problemas que pueden ser subsanados con los modelos digitales, tales como los problemas de almacenamiento, costes y tiempos de envío y recepción, problemas de pérdidas y fracturas y/o dificultad de transporte por su peso.

Todos los problemas nombrados anteriormente, parecen ser corregidos con la utilización de modelos digitales en 3D, cuya manera de obtención, generalmente, hasta la fecha es mediante barrido con un escáner de sobremesa, ya sea de la impresión tomada o del propio modelo físico.

Los escáneres intraorales y los modelos digitales, todavía en continuo desarrollo, parecen ser ya una alternativa fiable y el sustituto lógico de las actuales impresiones y modelos confeccionados en escayola, pero existe aún un desconocimiento por falta de experiencia clínica y de estudios independientes acerca de su óptimo funcionamiento para sustituir a las técnicas actuales.

2

***REVISIÓN DE LA
LITERATURA***

La base para la realización adecuada de cualquier tratamiento de Ortodoncia es un correcto diagnóstico, el cual comprende varios aspectos claramente diferenciados pero complementarios entre sí.

Por un lado, la exploración clínica y por otro, los datos obtenidos con los diferentes registros como las radiografías, las fotografías y los modelos de estudio. La unión de ambas fuentes de información sirve de base para la planificación y la realización de un tratamiento individualizado para cada paciente.

Según Bravo y Plasencia (1998), el diagnóstico ortodóncico incluye aquellos procedimientos que permiten describir, analizar y medir el problema óseo y dentario en sus aspectos morfológicos y funcionales mediante acciones clínicas que se realizan sobre el paciente de forma directa e indirecta con la ayuda de algunos elementos complementarios.

Por lo tanto, diferenciaremos entre métodos directos e indirectos para realizar un estudio clínico completo:

Métodos directos

Son los procedimientos como la historia clínica, anamnesis, la exploración visual y la palpación tanto facial como bucodental de forma manual y con el instrumental adecuado.

Métodos indirectos

Son los estudios que se realizan sobre las distintas fotografías, radiografías y los modelos de estudio del paciente, sobre los que se realizan mediciones, observaciones y registros.

Muchas de estas mediciones, observaciones y registros asociados con estos métodos indirectos se usan para cuantificar determinados aspectos de una población, recurriendo a menudo a la utilización de instrumentos de medida.

La dificultad y laboriosidad que, a veces, tiene la realización de dichas mediciones limita su utilización en la práctica clínica, por lo que la incorporación de Métodos Digitales de medida que permitan una mayor facilidad y exactitud en la obtención de estas determinaciones favorecerán su realización en la rutina clínica.

Por otro lado, a partir de las mediciones primarias es posible calcular otras magnitudes de interés diagnóstico tales como la discrepancia oseodentaria, la determinación de asimetrías, diferentes relaciones entre tamaños de estructuras dentarias . algunos índices ortodóncicos, siendo uno de los más conocidos y utilizados en este campo el índice de Bolton.

2.1- DIMENSIONES DENTARIAS

2.1.1- MEDICIÓN DE LOS TAMAÑOS DENTARIOS

El tamaño dental de un diente, es definido por Moorrees et al. (1957), como la distancia lineal máxima entre los puntos de contacto mesial y distal de un diente, aunque este método únicamente era útil cuando los dientes estaban completamente alineados, en el caso de no ser así, tomaban como referencia el punto anatómico, mesial y distal, donde cada diente debería contactar con su homónimo vecino.

Aunque parezca obvia la manera de definir los tamaños dentales desde el punto de vista mesio-distal, es de capital importancia para asentar unas bases claras de cara a no cometer errores durante la medición de los tamaños dentales con uno u otro método.

2.1.1.1- PUNTO DE CONTACTO ANATÓMICO

El punto de contacto anatómico, lo podríamos definir como la relación que se establece entre dos dientes vecinos mediante sus caras proximales. Éste ,aisladamente, no es más que el área de contacto entre la superficie de la cara mesial de un diente y la superficie de la cara distal del diente vecino.

El punto de contacto, anatómicamente, es un espacio importante para la conservación del diente, ya que su ausencia o modificación inadecuada, puede determinar con carácter definitivo, modificaciones en los tejidos de soporte del diente.

Cada punto de contacto dental, ayuda a estabilizar a sus vecinos adyacente y antagonistas, asegurando la estabilidad de la posición de éstos en sentido horizontal y vertical, repartiendo de manera homogénea las fuerzas oclusales entre todos los dientes del sistema.

2.1.1.2- MODIFICACIONES PUNTO DE CONTACTO ANATÓMICO.

La masticación y las fuerzas que ésta libera, hace que los dientes tenga cierta movilidad dentro del alveolo debido a la libertad que otorga a éstos el ligamento periodontal, dicha movilidad, produce generalmente movimientos de intrusión del diente sobre su propio alveolo.

Esta movilidad es mayor en mujeres que en hombres y también mayor en dientes en erupción, por lo tanto mayor en niños que en adultos.

Con el paso del tiempo y debido a estos movimientos intrusivos y extrusivos continuados durante la masticación, los puntos de contacto de los dientes, van friccionando entre sí, produciéndose pequeños desgastes que con el paso del tiempo convierten dichos puntos de contacto en áreas más o menos extensas.

Existen una serie de factores no fisiológicos que impiden el establecimiento de un correcto punto de contacto, como por ejemplo, las anomalías en la forma o tamaño y alteraciones en la posición de los mismos (presencia de apiñamiento ó diastemas) son algunos de estos factores que hacen que el punto de contacto se localice en un sitio diferente, recibiendo el nombre de punto de contacto clínico y no anatómico.

Con los datos anteriormente expuestos, por tanto, se puede diferenciar entre dos entidades:

- el punto de contacto anatómico, que es el punto más sobresaliente de cada diente, a nivel mesial y distal, y que se da cuando los dientes adyacentes se encuentran perfectamente alineados.
- El punto de contacto clínico, por otro lado, se da generalmente en arcadas mal alineadas, ya que los dientes no contactan en su punto de mayor prominencia mesial o distal, si no que lo hacen en cualquier otra zona de la superficie coronal dental.

2.1.1.3- LOCALIZACIÓN PUNTO DE CONTACTO ANATÓMICO.

La posición en la que se localiza el punto de contacto entre dos dientes contiguos, depende de dos factores que derivan de la forma dentaria y de la convergencia de sus caras proximales.

2.1.1.4- CONVERGENCIA CARAS PROXIMALES HACIA CERVICAL.

Permite determinar la posición en sentido incisocervical u oclusocervical de las partes más prominentes de las caras proximales, que se corresponden con el máximo diámetro mesiodistal y que en casi todos los dientes se encuentra situado muy cerca de incisal u oclusal.

En ambas arcadas, los incisivos son los dientes que presentan esta convexidad más cerca del borde incisal, luego va alejándose progresivamente hasta llegar a los molares, pero sin abandonar nunca el tercio incisal.

Se explica esto, ya que los incisivos presentan el borde cortante con una sola dirección, de modo que los ángulos que forman con las caras proximales están muy cerca del punto extremo del mismo.

En los caninos, la aparición de las dos vertientes hace que esos mismos ángulos aparezcan bastante alejados del vértice que éstas determinan. Igual ocurre con los premolares y molares, en correspondencia con las oblicuidades de las aristas longitudinales de las cúspides vestibulares.

2.1.1.5- CONVERGENCIA CARAS PROXIMALES HACIA PALATINO.

Las caras proximales de los dientes se disponen siguiendo los radios que engendran las curvas que pasan por las caras libres.

Por ello, la máxima dimensión mesiodistal de la corona y las prominencias de las caras proximales se hallan situadas más cerca de vestibular que de lingual ó palatino.

Una excepción a esta regla, es el primer molar superior, el cual, presenta mayor diámetro mesiodistal en palatino que en vestibular, lo que dependerá del tamaño de la cúspide distopalatina.

Esto también determina que el punto de contacto entre el primer y segundo molar superior está desplazado hacia palatino.

En resumen diremos que, los puntos de contacto anatómicos de los dientes, se hallan situados hacia vestibular y oclusal de las caras que participan en su formación y que desde los incisivos a los molares sufren una leve migración hacia cervical y palatino o lingual.

Una vez los puntos de contacto de los dientes están correctamente localizados, es el momento de comenzar con el Método Escáner para la medición de tamaños dentarios.

2.2- DIMENSIONES DE LA ARCADA DENTARIA.

Las dimensiones de la arcada que hemos estudiado son: La anchura intercanina, la intermolar y la longitud de arcada.

Para valorar la anchura de las arcadas se toma como referencia las distancias entre dientes homólogos derechos e izquierdos, aunque el punto exacto donde se coloca el instrumento de medición sobre el diente varía según los autores consultados.

2.2.1- ANCHURA INTERCANINA.

La anchura intercanina es considerada por la mayoría de los autores como Mills (1964), Ward et al. (2006), Lanuza (1990), Paredes (2003) o Paulino et al. (2009), como la distancia lineal entre las cúspides de los caninos contralaterales. En caso de existir facetas de desgaste sobre dichos caninos, se toma como punto de referencia el centro de dichas superficies de desgaste.

2.2.2- ANCHURA INTERMOLAR.

A diferencia de la anchura intercanina que todos los autores la miden de la misma forma, la anchura intermolar es uno de los parámetros que más variaciones ofrece a la hora de realizar su medición.

Estas mediciones pueden realizarse de distintas formas:

Moorrees (1959) o Shapiro (1974) consideraron la anchura intermolar como la distancia entre los vértices de las cúspides mesiolinguales de los molares. Lavelle, Flinn y Foster (1971) en sus respectivos estudios, utilizaron la distancia entre los centros de los dientes homólogos, ofreciendo problemas de medición en los casos que los molares presenten grandes obturaciones que no respeten la anatomía del molar y donde la fosa está desaparecida. Lavelle, Flinn y Foster (1971) y Lanuza (1990) consideraron la anchura intermolar como la media entre la mínima y la máxima distancia entre los dos dientes.

Knott (1972), Dekock (1972), Paredes (2003) y Paulino (2009) midieron la anchura intermolar como la máxima distancia lineal entre los puntos más salientes y alejados de los molares medidos en sus caras vestibulares. Esta anchura se puede ver influenciada por el diámetro bucolingual del propio molar. Geran et al. (2006) utilizó la mínima distancia lineal entre los puntos medidos en la unión de la cara lingual del molar con la encía del paciente.

2.2.3- LONGITUD DE LA ARCADA.

Uno de los puntos de mayor interés clínico del análisis de las arcadas dentarias es la longitud de arcada, ya que la falta de espacio en la arcada dentaria ha sido una de las primeras preocupaciones del ortodoncista y lo sigue siendo hasta hoy en día.

En primer lugar, vamos a definir el término longitud de arcada ya que cada autor realiza una medición de la arcada dentaria de manera diferente. Cohen en 1940, midió la distancia desde mesial del canino a distal del segundo premolar. Lavelle, Flinn y Foster (1971) diferenciaron una longitud directa que medían como la suma de las distancias entre los centros de todas las piezas consecutivas de una hemiarcada y una medición oblicua que se desglosaba en tres: desde mesial del incisivo central a distal del canino, desde mesial del canino a distal del primer molar y desde mesial del incisivo central a distal del primer molar, pero tan solo para una sola hemiarcada. Lanuza (1990) también valoraba la longitud de arcada por hemiarcadas, habiendo en cada una de ellas una zona anterior (de mesial del incisivo central de ese lado y la cara mesial del canino, reflejando la longitud de una línea tangente a esos dos puntos) y una posterior (de mesial del canino a distal del primer molar permanente o segundo premolar inferior si no está. Erupcionado el primer molar).

Canut (2001) denominaba “longitud de arcada clínica” como la distancia geométrica medida sobre los puntos de contacto de los dientes posteriores y los bordes incisales de los dientes anteriores, desde el punto mesial del primer molar permanente de un lado hasta el punto mesial del primer molar permanente del lado contralateral, distancia que expresaba el espacio disponible para albergar los diez dientes anteriores. Mills (1964), Shapiro (1974), Sinclair y Little (1983) y Eslambolchi, Woodside, Rossouw (2008) medían la longitud de arcada sumando las líneas rectas desde mesial del punto de contacto anatómico del primer molar derecho hasta el punto mesial del incisivo central derecho. Y desde mesial del punto de contacto anatómico del primer molar izquierdo al punto medio mesial del incisivo central izquierdo.

Existen diferentes técnicas para la medición de la longitud de arcada, pero las más utilizadas son básicamente dos:

- La primera y más utilizada consiste en dividir la arcada dentaria en cuatro segmentos lineales que puedan medirse como tramos rectos, (Proffit 1994). Los dos segmentos posteriores abarcan desde mesial del primer molar a distal del incisivo de cada uno de los lados y los dos anteriores desde distal del incisivo a la línea media interincisiva.

Estos segmentos deben medirse con un instrumento de medición puntiagudo, bien con un compás de puntas afiladas o con un calibre de puntas finas especial para la medición de dientes. Se trata de una técnica muy fiable pero laboriosa de realizar.

- La segunda, consiste en la utilización de un alambre de latón que se adapta a la forma de la arcada desde mesial del primer molar de un lado hasta el lado contralateral (Nance 1947). Reenderezando el alambre, su dimensión rectilínea representa la longitud de arcada.

Otra tercera técnica, no muy utilizada, es la descrita por Musich y Ackerman en 1973, con el uso de una cadeneta colgante de un calibrador especial denominado “catenámetro”, el cual, una vez colocado sobre la arcada del paciente, establece una curva catenaria sobre la forma del arco. Se trataba de un método rápido y fiable para establecer la longitud de arcada denominado “método de la cadeneta colgante”. Por último, otro procedimiento poco usado es el descrito por Beazley 1971, en el cual se utilizaba una forma de arco ideal para cada paciente con sus puntos de contacto. A esta línea de arcada ideal, se trasladaba una medición hecha con un compás y se observaba la discrepancia entre la forma de la arcada ideal y la real.

2.2.4- ÍNDICE DE BOLTON

Son muchos los autores que han definido el término “índice” ya que son diversos los que se usan en Odontología y en concreto en Ortodoncia.

La Real Academia Española define “índice”, como una expresión numérica de una relación entre dos cantidades.

Generalmente, los índices son proporciones ó cocientes entre magnitudes medidas directamente, que sirven como indicadores de la prevalencia con la que se presentan determinadas características en una comunidad; pueden incluir una indicación del grado de esta situación.

Según Shaw, Richmond y Oalbrien 1995, los índices pueden clasificarse en: índices diagnósticos, epidemiológicos, de necesidad y prioridad de tratamiento, de evaluación de resultados y de complejidad de tratamiento.

El índice de Bolton, sería según esta clasificación, un índice de diagnóstico.

El índice de Bolton está directamente relacionado con la consecución de una correcta oclusión dentaria, que es uno de los objetivos

esenciales desde el punto de vista ortodóncico en la finalización del tratamiento de cualquier maloclusión.

Para ello, debemos conseguir que una vez finalizado el tratamiento de Ortodoncia, en máxima intercuspidad, se produzca una situación de respeto de los puntos de contacto entre dientes vecinos, a la par que unas relaciones molares, caninas y de incisivos dentro de los límites que exige el equilibrio oclusal.

Todo ello hace estrictamente necesario que exista también una adecuada proporción entre el tamaño intraarcada de los dientes respecto a sus bases óseas que condicionará la existencia de un buen alineamiento, de diastemas y de apiñamiento dentario.

En Ortodoncia, el conocimiento de los tamaños de los dientes, expresado por su diámetro mesiodistal, nos permite saber el espacio que necesita cada uno de ellos para poder alinearse correctamente en su arcada.

La discrepancia entre el espacio disponible y el tamaño de los dientes es probablemente una de las estimaciones más difíciles e importantes dentro del diagnóstico ortodóncico, un error por parte nuestro en su predicción, puede producir alteraciones básicas en el curso del tratamiento de Ortodoncia.

Según Nance 1947, no todos los individuos presentan un tamaño de arcada proporcional al tamaño mesiodistal de los dientes, motivo por el cual aparecen ciertas discrepancias oseodentarias en determinados pacientes.

También tiene gran importancia la relación interarcada, entre los tamaños de los dientes superiores e inferiores tanto a nivel anterior como posterior.

Las discrepancias de tamaños dentarios entre los dientes de distintas arcadas, determinarán una modificación en la interdigitación, el resalte, la sobremordida y discrepancias de las líneas medias interincisivas.

Muy frecuentemente, estas discrepancias de los tamaños dentarios que afectan a la oclusión, pasan desapercibidas al comienzo del tratamiento de ortodoncia y no se ponen de manifiesto hasta las últimas fases de finalización del mismo, imposibilitando con ello el logro de una correcta relación interoclusal, especialmente la relación molar y canina, así como la corrección del resalte y/o sobremordida según los casos.

Las discrepancias de tamaños dentarios son relativamente frecuentes tanto entre la población general como entre la ortodóncica.

Bolton en 1962, detectó en una muestra de 100 individuos, cómo 29 (29%) de ellos presentaban alteraciones del índice de Bolton anterior.

De igual modo, Crosby y Alexander 1989, hallaron sobre 109 pacientes ortodóncicos con distintas maloclusiones, un 22,9% de ellos con discrepancias en los tamaños mesiodistales de los dientes a nivel anterior independientemente de la maloclusión que tuvieran.

Proffit 1994, afirmó que aproximadamente un 5% de la población general presentaba algún tipo de alteración en el tamaño dentario. Proffit propuso, que para comprobar de manera rápida la existencia o no de discrepancias a nivel de los dientes anteriores, se debía comparar el tamaño de los incisivos laterales superiores con los incisivos laterales inferiores.

A menos que los superiores fueran mayores, existiría una discrepancia segura en el tamaño dentario. Años después, Freeman, Maskeroni y Lorton en 1996, realizaron un estudio sobre los registros ortodóncicos de 157 pacientes, detectando un porcentaje mayor que los autores anteriores; 30,6% de estos pacientes presentaban alteraciones en los tamaños dentarios a nivel anterior, mientras que un 13,5% de los mismos las tenían a nivel posterior, es decir de primer molar a primer molar.

Estudios más recientes (Santoro, Pardi y Cangialosi, en 2000), hallan una discrepancia en los tamaños dentarios a nivel posterior de un 11% y a nivel anterior de un 28% de la muestra estudiada por ellos.

2.3- EVOLUCIÓN DE LAS MEDICIONES DENTARIAS

2.3.1- MÉTODO DE MEDIDA MANUAL

Hay varias maneras de realizar la medición de los tamaños dentarios y como consecuencia diferentes métodos para la localización de las discrepancias comentadas anteriormente.

En muchos casos los profesionales, debido a la inversión de tiempo y complejidad en la realización de estas mediciones, no son llevadas a cabo de manera rutinaria. Esto provoca que en multitud de ocasiones, tales mediciones sean pasadas por alto durante la planificación del tratamiento. Generalmente y como nos muestran los estudios de consultados en la literatura (Sanin y Savara 1971, Keene 1979, Lysell 1982, Lanuza 1990) los incisivos laterales son los dientes que mayores variaciones sufren en su forma y tamaño, por lo que generalmente son los únicos a los que se les presta una especial atención con respecto a sus posibles alteraciones.

Esta falta de planificación en algunos casos, fue constatada por John Sheridan, a principios de los años 2000, en una encuesta vía internet realizada a ortodoncistas en Estados Unidos.

Las encuestas fueron publicadas y corroboraron la hipótesis de que la gran parte de los ortodoncistas no utilizaban ningún tipo de medición

de los tamaños dentarios, previa al inicio del tratamiento, aún así el 47% de los encuestados, afirmaron utilizar el índice de Bolton en la mayoría de los casos. En nuestro país, se realizó un estudio similar, diseñado y elaborado en la Unidad de Ortodoncia de la Facultad de Medicina y Odontología de Valencia. Fue dirigido a ortodoncistas de toda España, formados en diferentes escuelas y con diferentes años de experiencia profesional.

En este caso, únicamente el 27% de los encuestados reconoció utilizar siempre el índice de Bolton, un 9% declaró hacerlo antes de finalizar el tratamiento de ortodoncia mientras que un 13% afirmó que nunca lo usaba. La enorme mayoría de la muestra, un 49%, afirmaron medirlo tan solo en casos de sospecha de posibles discrepancias en los tamaños dentarios.

En lo que a la medición de la discrepancia óseo dentaria se refiere, un 7% de los encuestados nunca la median, el 41% la media siempre, mientras que un 50% únicamente lo hacían en casos donde tenían dudas, y se planteaban la opción de un tratamiento con extracciones o sin ellas.

Actualmente, aupados por las nuevas tecnologías, existen cada vez más sistemas de digitalización para la toma de registros tanto intraorales o extraorales, como radiográficos.

Las cámaras de fotografía, han sido el primer registro en digitalizarse, con la incorporación de pequeñas cámaras de formas diferentes y tamaños diminutos para realizar fotografías intrabucales que se transmitían de manera automática a programas informáticos específicos. Estas cámaras han llegado a ser de alta resolución y sensibilidad.

La radiografía fue la siguiente en digitalizarse; pasando de una radiografía convencional a la radiografía digital y posteriormente a la radiovisiografía.

A continuación, aparecieron las simulaciones virtuales en el mundo de la cirugía ortognática y por último, el análisis de los modelos digitalizados, pilar fundamental de nuestro trabajo.

Los modelos de estudio en ortodoncia han tenido desde siempre una gran importancia, ya que se trata de un registro diagnóstico que proporciona información en los tres planos del espacio: anteroposterior, vertical y transversal, para realizar un correcto diagnóstico y plan de tratamiento del paciente ortodóncico. La aplicación del análisis de imagen en dos dimensiones (2D) al estudio de las arcadas dentarias, permite, tras una adecuada digitalización de éstas, obtener toda la información relacionada tanto con los tamaños mesiodistales de los dientes, como con las distintas longitudes de la

arcada dentaria, as. como de otra serie de mediciones asociadas a estas dos últimas. El desarrollo de un programa informático ligado a este procedimiento de medida nos facilita la determinación automática de determinados parámetros de interés clínico como el índice de Bolton anterior y total, la discrepancia oseodentaria y la localización de asimetrías en los tamaños de los dientes de distintas hemiarquadas.

Para la puesta en marcha del Método Escáner es fundamental el conocimiento previo de las relaciones que guardan los dientes entre si, para de esta manera no cometer errores en la localización de los puntos de contacto dentarios ajenos al Método Escáner.

Por lo tanto, definiremos las relaciones interproximales que se establecen entre dos dientes vecinos de una misma arcada, como la relación que existe entre la cara mesial de un diente y la cara distal del diente contiguo. La única excepción a esta norma es la relación que guardan los incisivos centrales de ambas arcadas, los cuales se relacionan entre sí por sus caras mesiales.

2.3.2- MÉTODO ESCÁNER INTRAORAL

Los modelos digitales pueden obtenerse mediante un método directo a un método indirecto (Viñas y Pie de Hierro, 2014):

- El método directo: consiste en la adquisición del modelo digital a partir de una impresión digital obtenida mediante un escáner intraoral.
- El método indirecto: consiste en la obtención del modelo digital a partir de una impresión o de un modelo de escayola físico del paciente mediante la utilización de un escáner óptico o de luz estructurada. Este método requiere de la toma de una impresión convencional previa.

Existen dos tipos de escáneres en función de la capacidad del sistema de compartir datos: cerrados y abiertos.

Los sistemas cerrados ofrecen todos los procedimientos CAD-CAM, incluyendo la adquisición de datos, diseño virtual, y la fabricación de la restauración. Todos los pasos están integrados en un único sistema. No hay posibilidad de canjeo de datos entre diferentes sistemas.

Por su parte, los sistemas abiertos, permiten la adaptación de los datos digitales originales por otros sistemas de diseño y fabricación.

Algunos sistemas necesitan de una capa de polvo sobre la superficie dental para evitar reflejos, la cual, si no está aplicada de manera uniforme, puede desfigurar ligeramente la anatomía dental. A pesar de esto, el mayor de los problemas de los escáner intraorales es el desplazamiento de los mismos durante el proceso de escaneado, lo que puede afectar considerablemente la exactitud del escaneado.

2.3.2.1 PROCESAMIENTO DE DATOS

Los principales escáneres (Ting-Shu y Jian, 2015) disponibles a día de hoy en el mercado son: CEREC[®], Lavas C.O.S system[®], iTero[®], E4D[®] y TRIOS[®].

Difieren considerablemente entre ellos en sus características principales, así como en sus principios de funcionamiento, sus fuentes lumínicas, la necesidad o no de aplicación de polvo, procesos operativos y sus formatos informáticos de trabajo.

ESCÁNER CEREC®

El escáner CEREC® 1 (Sirona®, Bensheim, Germany) se comercializó en 1987 y fue el primer escáner intraoral en lanzarse al mercado. Este sistema se basaba en el principio de “triangulación de la luz”, mediante el cual, la intersección de tres haces de luz determinaban un punto tridimensional en el espacio. Las superficies con una gran refracción de la luz, reduce la exactitud de este escáner, por lo que es necesario la aplicación de una capa de polvo de dióxido de titanio para producir un dispersión de luz uniforme incrementando así la exactitud del escáner. Las superficies dentales que presentan una dispersión de la luz reducen la exactitud del escaneado intraoral, siendo necesaria por tanto la aplicación de una fina capa de dióxido de titanio para evitar estos reflejos y aumentar así la exactitud del escaneado.



Figura 2.1. Escáner intraoral CEREC® Bluecam

Actualmente, el escáner CEREC® más utilizado es la cuarta generación del producto, conocido como CEREC® AC Bluecam. El método de captura de este escáner difiere de su antecesor, ya que utiliza una fuente de luz de diodo LED azul. El escáner CEREC® AC Bluecam puede capturar un cuadrante de la impresión digital en un minuto y su antagonista en unos pocos segundos, según el fabricante.

El sistema CEREC® más novedoso es el CEREC® AC Omnicam, sacado al mercado en el año 2012. El sistema de captura de CEREC® Omnicam es de imagen continua, donde la adquisición ininterrumpida de datos genera un modelo 3D, a diferencia del CEREC® Bluecam que registra únicamente una imagen individual. El CEREC® Omnicam puede ser usado tanto para la impresión de un diente individual, de un cuadrante o de una arcada completa, a diferencia del CEREC® Bluecam que únicamente puede ser usado para un diente o un cuadrante. Otras de las características importantes del CEREC® Omnicam son: tecnología de captación en color natural del diente y escaneado libre de polvo, lo cual le confiere unos beneficios particulares para el escaneado de grandes áreas (Birnbbaum et al., 2009).

Cuando se realiza un escaneado intraoral, el odontólogo sujeta el escáner y lo dirige hacia el área de escaneado. La punta de la cámara

debe estar a varios milímetros de la superficie del diente o tocándola incluso ligeramente, además el escaneado puede ser detenido y/o reanudado en cualquier momento por el operador. Una nueva tecnología de detección de movimiento ha sido introducida en el sistema CEREC® Omnicam, para asegurar así que el proceso de captación y la exactitud del escaneado sea el adecuado, el sistema deja de captar imágenes cuando detecta que la cámara esta temblando o con movimientos inadecuados para aportar una exactitud correcta en el escaneado (Galhano et al., 2012).



Figura2.2. Escáner intraoral CEREC® Omnicam

ESCÁNER LAVA® C.O.S

El escáner Lava C.O.S® (Chairside Oral Scanner; 3M® Espe, Seefeld, Alemania) es un escáner intraoral inventado en 2006 y comercializado en 2008 que funciona mediante el principio de muestreo activo de frente de onda. El sistema utiliza tres sensores que capturan imágenes clínicas desde diferentes puntos de vista simultáneamente y genera unos “parches” que se procesan con la ayuda de un algoritmo, dando como resultado la visualización de un modelo tridimensional virtual. Veinte imágenes son capturadas por segundo en este sistema, englobando así unos 10.000 puntos de información en cada escaneado. La gran cantidad de datos obtenidos nos permite por tanto, con este sistema y gracias a los algoritmos, superponer gran cantidad de imágenes con la finalidad de obtener una imagen de gran calidad y exactitud (Syrek et al., 2010).

El escáner Lava C.O.S® tiene la punta de captación más pequeña (Galhano et al., 2012) dentro de los escáneres que hay en el mercado, con solo 13.2mm de anchura. El escáner funciona con una fuente de luz azul visible y un ordenador móvil acoplado a una pantalla táctil de gran facilidad de manejo.

De la misma forma que el sistema CEREC® AC Bluecam, el Lava C.O.S® requiere también de la ayuda de un polvo de dióxido de

titanio pulverizado sobre el diente para poder de esta forma escanear adecuadamente la superficie dental.

El proceso de escaneado es por tanto el siguiente: (Birnbaum et al., 2008; 2009) después de limpiar y secar adecuadamente la boca del paciente, se aplica una fina capa de polvo sobre la superficie dental de manera homogénea. Durante el proceso de escaneado se ha mover el captador desde los dientes posteriores hacia adelante asegurándonos de captar correctamente tanto la superficie bucal como lingual de los dientes. El escáner Lava C.O.S[®] puede al mismo tiempo que se va escaneando la boca, ir viendo exactamente las áreas captadas, para poder en caso que fuera necesario realizar otro barrido de la misma área. Si por cualquier motivo, tras observar lo que se ha escaneado, necesitamos añadir una mayor área, el dentista únicamente ha de seguir con el escaneado y el propio software unirá las diferentes impresiones que hemos tomado automáticamente.



Figura 2.3. Escáner intraoral Lava C.O.S.®

Es entonces cuando se debe escanear la arcada opuesta de la misma manera y posteriormente hacer que el paciente ocluya para de esta forma tomar un nuevo registro de la articulación entre la arcada superior e inferior y unir oclusalmente ambas arcadas.

El escáner Lava C.O.S.® podríamos decir que se trata de un sistema de tratamiento de datos semiabierto (Galhano et al., 2012), ya que aunque cuenta con sus propios archivos a la hora de trabajar, también es compatible con otros sistemas diferentes.

ESCÁNER iTERO®

La empresa Cadent Inc® (Carstadt, NJ) introdujo en el mercado este sistema en el año 2007, aunque posteriormente fue adquirido por la Norte-Americana Align Technologies® en 2014. Este escáner adquiere la información superficial del diente con la ayuda de un escaneado óptico y láser basados en el principio del escaneado paralelo confocal (Garg, 2008).

Durante un escaneado, y según lo publicado por Kachalia y Geissberger en 2010, se pueden obtener hasta 100.000 puntos de luz láser a 300 profundidades focales diferentes del diente. Estas profundidades son separadas aproximadamente a un nivel de 50 micras de diferencia entre cada una de ellas, permitiendo al sistema obtener información precisa de la topografía superficial.



Figura 2.4. Escáner intraoral iTero®

El escáner iTero®, gracias a su tecnología de captación puede escanear las estructuras intraorales sin necesidad de una capa de polvo de recubrimiento, tal y como publicaron Galhano et al., 2012.

Aunque inicialmente, como describieron Birnbaum y Aaronson en el año 2008, este aparato constaba de una fuente de captación de luz roja, un ordenador, ratón, teclado, pantalla y el escáner o capturador propiamente dicho.

Recientemente, en la última de sus versiones, este hardware se ha renovado, reduciendo su tamaño y facilitando su uso al eliminar el teclado, incorporándolo a la pantalla táctil, de la misma forma que el pedal.

Una vez pasamos al escaneado con el sistema iTero®, y según describió, Glassman en el año 2009, se ha de tener en cuenta tomar una fotografía de cada área del diente a escanear desde diferentes puntos de vista, oclusal, vestibular, lingual y los puntos interproximales de los dientes adyacentes, si se detecta cualquier movimiento brusco, el sistema requerirá un reescaneo de la zona. Posteriormente han de ser tomadas imágenes en 45º de las superficies bucales y linguales también de los dientes antagonistas y si fuera necesario un registro de mordida del paciente con el escáner

posicionado en la superficie vestibular con las arcadas en oclusión, así el escáner ocluirá ambas arcadas de manera inmediata.

iTero® es un sistema abierto ya que genera archivos en formato STL* (Standard Triangle Language), este archivo es el tipo de archivo estándar cuando queremos trabajar con modelos en 3D, ya sea en odontología, arquitectura o ingeniería.

ESCÁNER E4D®

Este escáner intraoral fue desarrollado por la empresa D4D Technologies® (Richardson, TX) y funciona bajo el principio de tomografía de coherencia óptica y microscopía confocal. Usa un láser rojo como fuente de luz y sus microcristales vibran 20.000 veces por segundo.



Figura 2.5. Escáner intraoral E4D®

La tecnología láser atrapa imágenes desde todos los ángulos creando una biblioteca de imágenes que posteriormente son procesadas por el software dando un modelo virtual en 3D en cuestión de segundos. Además el sistema de escaneado E4D® funciona sin necesidad de polvo. El equipo además del captador intraoral de escaneado incluye un pedal, ordenador y un monitor.

Para el escaneado, el operador ha de mantener el captador sobre el diente mientras presiona el pedal, una vez la imagen ha aparecido en la pantalla podemos de dejar de presionar el pedal y pasar a escanear el área siguiente. El escáner ha de guardar una cierta distancia siempre con el diente a captar, por lo que para ello son muy útiles unas puntas de goma que se colocan en la punta de captador y nos ayudan a mantenerla siempre a la misma distancia del diente apoyándonos sobre éste. De esta forma podemos conseguir una serie de imágenes adecuadas desde diferentes puntos de vista que serán transformadas automáticamente en un modelo digital.

A diferencia del resto de sistemas expuestos anteriormente, en este caso las relaciones oclusales no se toman realizando una fotografía desde una vista vestibular con las arcadas en oclusión, sino que realiza mediante un material de impresión colocado sobre los dientes a ocluir y escaneado posteriormente. El escáner de esta forma detecta el material de impresión y los dientes adyacentes a esta

zona, configurando de esta manera una oclusión de los modelos adquiridos digitalmente.

Los datos de los modelos obtenidos pueden exportarse en archivos con un formato propio del sistema o en formato STL “abierto”, aunque para poder conseguir este formato, sea necesario el pago de una cuota anual de datos.

ESCÁNER TRIOS®

En el año 2010, 3D Shape® (Copenhagen, Denmark) lanzó un nuevo sistema de digital de impresión intraoral, el sistema TRIOS®, el cual fue distribuido a partir de 2011. Este sistema funciona bajo el principio de seccionamiento óptico ultrarrápido y microscopio confocal. Se generan unas 3000 imágenes por segundo que reducen la influencia del movimiento relativo entre la punta del escáner y el diente. Analizando todas las fotografías obtenidas, el sistema crea un modelo digital 3D instantáneamente que refleja las formas y colores de la encía y el diente. De la misma forma que el escáner iTero® y el escáner E4D®, el escáner TRIOS® no necesita de polvo para el proceso de escaneado.



Figura 2.6. Escáner intraoral TRIOS®

El sistema TRIOS® es relativamente sencillo a la hora de funcionar, el odontólogo ha de mantener la punta del escáner a un rango de distancia hasta el diente en cuestión de 2-3cm. Los modelos 3D tanto del diente como de la encía son generados de manera instantánea mientras el operador va desplazando el escáner sobre estas superficies. Una vez ambas arcadas están escaneadas, un escaneo del paciente en oclusión desde la vista bucal es necesario para que el sistema adapte ambas arcadas de manera coordinada haciéndolas coincidir la una con la otra.

El escáner TRIOS® incluye dos partes bien diferenciadas: el TRIOS Cart® y el TRIOS Pod®. El TRIOS Pod® ofrece mejor movilidad y flexibilidad debido a su escáner transportable y compatible con otros ordenadores incluso con un iPad®. Para ambos casos, el TRIOS Pod®

y el TRIOS Cart[®], el clínico puede elegir entre la versión estándar o la versión a todo color del sistema.

El escáner TRIOS[®] es un sistema abierto que puede generar modelos 3D desde archivos STL* hasta los propios archivos del sistema.

2.3.2.2- CAPTACIÓN Y PROCESADO DE IMÁGENES

En la actualidad, existen gran variedad de escáneres digitales intraorales, que podríamos dividir en función de la tecnología utilizada para la captación de imagen, ya que cada escáner utiliza diferente método de trabajo para la captación del modelo digital, basada en la toma de fotos múltiples o vídeo mediante láser, láser rojo o luz azul.

Pueden precisar el uso de polvo de óxido de titanio para eliminar los brillos que impedirían los registros, como en el caso del sistema de 3M[®] o el sistema Bluecam de Cerec[®], y pueden ser sistemas cerrados, en los cuales solo se puede seguir el flujo de trabajo a través de la propia casa comercial, o abiertos, generando un archivo en formato .STL* que se puede procesar con cualquier programa de diseño por ordenador.

MUESTREO ACTIVO DE FRENTES DE ONDA, TECNOLOGÍA DE VÍDEO CONTINUO, LUZ AZUL (ESCÁNER LAVA™ COS)

El principio de muestreo activo de frentes de onda consiste en una única lente que contiene 3 sensores que capturan lo que se pretende registrar desde perspectivas diferentes. Con esas imágenes de vídeo se generan áreas de superficie 3D a tiempo real mediante unos algoritmos procesadores de imágenes. Es decir, al mismo tiempo que se va captando la imagen, obtenemos un modelo digital en la pantalla del sistema.

El sistema requiere de una ligera capa de polvo de dióxido de titanio. Los puntos de polvo ayudan al sistema a interrelacionar las imágenes de vídeo de los sensores de una forma más rápida.

La punta de la cámara mide 13,2mm de ancho y pesa 390 gramos. La cámara captura imágenes en un rango de distancia que oscila entre 5 y 15mm. cuando la distancia sobrepasa este rango, entonces el sistema descarta las imágenes de baja calidad. La captación de las imágenes es en forma de vídeo continuo en movimiento.

El modelo digital se procesa a tiempo real, obteniendo un feedback inmediato de las áreas registradas y las áreas pendientes de registrar.

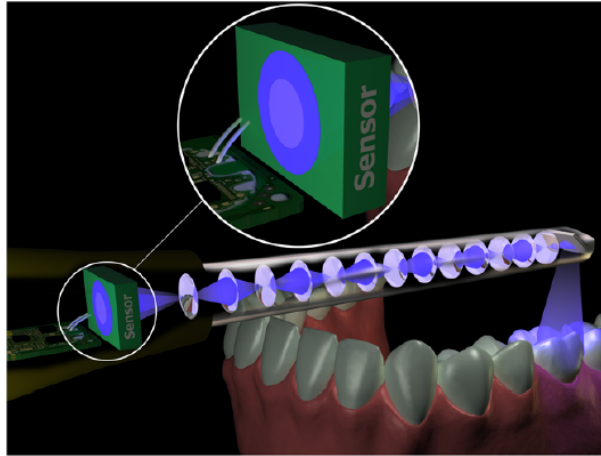


Figura 2.7. Escáner de captación por luz azul mediante tecnología de vídeo continuo

SISTEMA PARALELO CONFOCAL, LÁSER ROJO, FOTOGRAMAS SECUENCIALES (ITERO®)

El sistema emite haces de luz paralelos a través de un pequeño orificio y varios componentes ópticos antes de llegar al objeto a registrar. Los haces que chocan con el objeto en la profundidad focal ideal rebotan y pasan a través del orificio. Por último, esa luz es recibida por el sensor que convierte la luz en información digital.

El escáner iTero® captura todo tipo de imágenes y materiales sin necesidad de aplicar polvo a la superficie. La cámara pesa 700 gramos aproximadamente, se puede apoyar en la superficie dentaria y es necesario que no haya movimiento para que la cámara capture los fotogramas. Para la adquisición de cada fotograma es necesaria la presión sobre un pedal, que en opinión del autor resulta un poco

engorroso especialmente durante la curva de aprendizaje. Una vez capturadas las imágenes necesarias, el modelo se procesa a posteriori solapando el conjunto de imágenes para formar el modelo digital final.

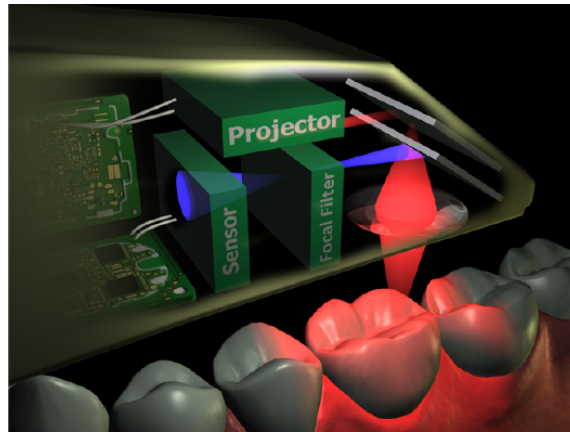


Figura 2.8. Escáner de captación de láser rojo mediante sistema paralelo confocal y tecnología de fotogramas secuenciales

MICROSCOPIA CONFOCAL COMBINADA CON TRIANGULACIÓN, LUZ AZUL (CEREC®)

Existen diferentes sistemas Cerec®, pero en este caso expondremos únicamente la versión Cerec® AC con Bluecam.

El sistema emite luz azul sobre el objeto, dicha luz rebota en un ángulo ligeramente distinto y es capturada por el sistema y transformada en información digital. El haz de luz que utiliza es telecéntrico, lo que permite capturar la información esencial de todas las superficies del diente tallado en una única visión.

Cerec® Bluecam requiere la utilización de una capa de polvo de óxido de titanio que cubra toda la superficie para realizar el escaneado y evitar así los brillos que harían que perdiéramos información.

La cámara pesa 280 gramos, registra automáticamente las imágenes cuando la cámara está quieta sin necesidad de pisar un pedal. El sistema procesa a posteriori el conjunto de imágenes para obtener el modelo digital final.

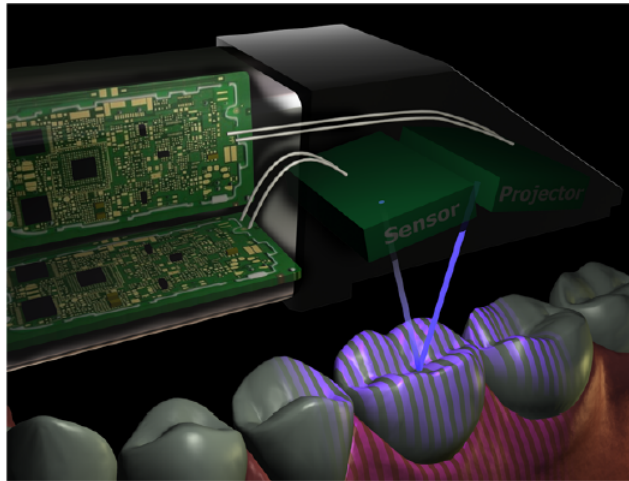


Figura 2.9. Escaneado mediante luz azul con tecnología de microscopía confocal combinada con triangulación

TOMOGRAFÍA DE COHERENCIA ÓPTICA O SENSOR CONFOCAL LÁSER, LUZ AZUL (E4D®)

El digitalizador incluye una fuente láser combinada con cable de fibra óptica, un adaptador y un detector. El adaptador divide la fuente de luz en dos partes, y cada una de las partes es desviada a un camino distinto. En un camino la luz pasa por la óptica, llega al objeto y se captura de vuelta, generando una nube de puntos 3D. En el otro camino, la luz recorre un tramo con una longitud de recorrido óptico conocida, se sitúan las lentes de una forma especial, para evitar distorsiones de luz, y se utilizan los datos como referencia. Los datos obtenidos de las dos vías, por un lado los mapas 3D y por otro las referencias, se adaptan y ajustan.

El escáner E4D® no requiere la utilización de polvo de óxido de titanio en general para escanear, pero en determinadas situaciones, como en zonas de esmalte o materiales que reflejan gran cantidad de luz, necesita la aplicación de un líquido que viene con el sistema.

Para obtener la profundidad de campo ideal, el sistema proporciona un botón de goma que sirve para parar, que permite apoyarse en los dientes para mantener la cámara quieta y a la distancia idónea para capturar las imágenes. El sistema, al igual que el escáner Lava® COS, procesa las imágenes aportando el modelo final a tiempo real. Según se van capturando los fotogramas, el sistema proporciona un

feedback inmediato, marcando incluso con un cambio de color las áreas aún no capturadas.

Existen algunos sistemas de los ya nombrado, como el escáner TrueDefinition® de 3M®, con un tiempo máximo de escaneado por arcada, que especialmente antes de superar la curva de aprendizaje, puede ser complejo de utilizar y llevarnos a una demora para la toma de la impresión.

Algo también importante y se ha de tener en cuenta cuando se usa el captador de imagen es intentar mantener una distancia constante con las estructuras que se quieren registrar y realizar movimientos suaves y lentos para que el captador recoja la mayor información posible. Para este fin es de gran ayuda observar la pantalla del ordenador en lugar de mirar al paciente y confirmar que se van captando las estructuras necesarias.

Por otro lado, es importante destacar dos características de todos los sistemas de impresiones digitales intraorales: la posibilidad de corregir errores sin tener que empezar de nuevo y de rellenar espacios no registrados a partir de los ya tomados.

También existen conexiones de los distintos sistemas con programas de ortodoncia, que importan los modelos digitales y permiten hacer

una planificación del tratamiento y mediciones de la evolución de dichos tratamientos.

Características	iTero®	Lava C.O.S®	Cerec® AC
Tecnología óptica	Confocal Paralelo / Telecéntrico	Tecnología frentes de onda	Confocal triangulación
Polvo	No	Si	Si
Profundidad focal	13,5mm 1:1 foco exacto	Rango 5-15mm	Rango 5-15mm

Tabla 2.1. Características principales de los diferentes escáneres intraorales

Disponible igualmente está la opción de conectar los archivos STL* obtenidos de la impresión digital con determinados ficheros DICOM* (Digital Imaging and Communication in Medicine) adquiridos de una Tomografía Computarizada de Haz Cónico (TCHC) que se le realiza al paciente; esto nos permite por ejemplo la creación de férulas de posicionamiento para cirugía ortognática creadas mediante un flujo totalmente digital.

2.4- VENTAJAS Y LIMITACIONES DEL ESCÁNER INTRAORAL FRENTE AL MÉTODO MANUAL

El proceso de impresión convencional puede constituir un proceso poco predecible por diferentes motivos, como es:

- la inexperiencia del operador
- la sensibilidad a la técnica
- la supeditación a un número considerable de factores.

La llegada de los innovadores sistemas de impresión digital basados en nuevas tecnologías ha generado un cambio en el concepto de impresiones en la Odontología.

Poco a poco vemos como va cambiando el sistema de toma de impresiones, sustituyendo los materiales de impresión y las cubetas por escáneres intraorales y herramientas informáticas.

A pesar de estos cambios, el objetivo seguirá siendo el mismo, la obtención de un modelo fiel y exacto de la posición dental y sus tejidos circundantes en las tres dimensiones del espacio.

Las impresiones digitales tienen una serie de ventajas frente a las convencionales. Aunque sabemos que con estas últimas obtenemos grandes resultados en cuanto a precisión y ajuste, -siempre y cuando la experiencia del operador y la técnica utilizada sea la adecuada- las posibilidades de cometer errores también lo son, y

podrían verse reflejadas en el resultado final del modelo de estudio/trabajo.

El empleo de una técnica inadecuada, una mala selección de la cubeta, de la técnica de impresión o de la mezcla del material, los cambios dimensionales de éstos, sumado a los errores que pueden producirse en la obtención del modelo por un error en la técnica de vaciado y la expansión de fraguado de la escayola, entre otros, pueden hacernos pensar que debería ser necesario introducir una técnica que eliminara todos estos errores; esta podría ser el empleo de escáneres intraorales.

Lee y et al., publicaron en el año 2013, diversas investigaciones en las que comparaban la dificultad de la toma de impresiones entre el método manual, impresiones de silicona, y el digital, mediante escáner intraoral iTero[®], utilizando a clínicos experimentados en la toma de impresiones con técnicas convencionales y a alumnos 2º año de universidad que todavía no tenían habilidades clínicas en una u otra técnica de impresión. Los resultados del estudio, mostraron que en aquellos operadores no experimentados, la técnica digital mediante escáner intraoral era más sencilla de usar y obtenía mejores resultados clínicos en menor tiempo, y por lo tanto más eficiente.

Otros autores como Burhardt et al., en 2016 encontraron que aunque los pacientes prefieren las técnicas de escaneado intraoral como técnica de impresión, las impresiones de alginato requieren menor tiempo de sillón que las impresiones con escáner. En este estudio, se utilizaron los escáneres Cerec® Omnicam y LAVA C.O.S®, y los pacientes fueron niños de entre 10-17 años que se encontraban en la clínica de ortodoncia.

Lee por su parte, encontró que las impresiones tomadas con escáner intraoral, en este caso iTero®, eran más rápidas que aquellas tomada de manera convencional, con material de silicona

Además, las técnicas digitales pueden solucionar otros problemas, como la incomodidad del paciente, la imposibilidad de hacer rectificaciones sobre la impresión ya realizada e inconvenientes ligados al almacenamiento de materiales y modelos de trabajo.

Sin embargo, las técnicas de impresión que actualmente se emplean tienen todavía ciertas ventajas frente a las técnicas digitales, al menos de momento, su relativa sencillez, debido a la experiencia clínica adquirida por su utilización durante el paso de los años, y un coste que puede parecer menor en un primer momento, aunque quizás a largo plazo pueda equipararse.

A continuación en la tabla 2.2, observamos de manera visual y resumida, las principales ventaja e inconvenientes de las impresiones digitales realizadas mediante escaneado intraoral del paciente.

Ventajas	Inconvenientes
Proceso limpio	Curva de aprendizaje
Comodidad del paciente	Inversión inicial
Elimina errores por técnica de impresión y vaciado	El escáner por su tecnología, solo capta aquello que se puede ver
Posibilidad de corregir impresión, sin repetir el registro	En algunos casos es una técnica limitada a casos parciales
Herramienta de comunicación con el laboratorio	Insuficiente evidencia científica y clínica
Herramienta de comunicación/marketing con el paciente	Algunos sistemas son cerrados
Ahorro de espacio físico	

Tabla. 2.2. Ventajas e inconvenientes de las impresiones digitales con escáneres intraorales

2.5.- ESTUDIOS PREVIOS DE VALIDEZ Y REPRODUCIBILIDAD DEL ESCÁNER INTRAORAL PARA MEDIDAS DENTALES

Desde la aparición de los modelos de estudio en el año 1999, lanzamos al mercado por la empresa OrthoCad® (Peluso MJ, 2004), la tecnología para su procesamiento y confección ha variado considerablemente. Aunque en sus inicios, estos modelos eran obtenidos por medio de escaneado láser extraoral o mediante TCHC (Wiranto et al., 2013), actualmente existen ya cierta cantidad de escáneres intraorales en las consultas dentales que nos permiten la obtención de estos modelos digitales directamente desde el mismo sillón dental y sin necesidad de otros procesos como vaciado, envío postal y posterior escaneado del modelo físico.

En el año 2014, Keim et al., afirmaron que los modelos digitales eran usados con fines diagnóstico, por un 55% de los ortodoncistas del Pacífico estadounidense y por un 21% de los norteños de este país.

Los modelos digitales confeccionados a partir del escaneado extraoral de modelos, han demostrado ser válidos para la toma de medidas en ortodoncia, conforme a lo publicado por múltiples autores (Stevens et al., 2006; Leifert et al., 2009; Fleming et al., 2011; Sousa et al., 2012; Kim, 2014; Platzelt et al., 2014) y aunque existen ciertas discrepancias entre los estudios publicados estas no parecen ser clínicamente significativas según lo publicado por Jacob et al. en

2015.

En la literatura, encontramos abundante bibliografía (Costalos et al., 2005; Rheude et al., 2005; Torassian et al., 2010;), incluso revisiones sistemáticas (De Luca Canto et al., 2015) sobre la validez y reproducibilidad en la medición de modelos de estudio en 3D, pero la mayoría de estos estudios, se hicieron utilizando escáneres de sobremesa o extraorales que confeccionan un modelos de estudio en 3D a partir de impresiones convencionales, Tomografías Computarizadas de Haz Cónico (TCHCs) o modelos de estudio en escayola posteriormente escaneados.

Cuando se valoran en detalle las características de estos estudios, y no tanto la cantidad, se evidencia que existe una bibliografía bastante más reducida por lo que respecta a trabajos realizados con escáneres intraorales directamente.

Los escáneres intraorales, aunque como se dijo con anterioridad, existe poca literatura al respecto, han probado ya en algunas ocasiones (Cuperus et al., 2012; Naidu et al., 2013; Grünheid et al., 2014; Jacob et al., 2015) que generan modelos digitales válidos y reproducibles aunque con diferencias existentes en la literatura entre los diferentes escáneres, nuestro objetivo será por tanto intentar aportar más detalles sobre estos aspectos.

Naidu y Freer publicaron investigaciones a cerca de la validez y reproducibilidad de los escáner intraorales comparándolos con el método manual tradicional, en su estudio de 2013, utilizaron el escáner intraoral de IOC[®] de Cadent[®], junto con el software de medición OrthoCad[®], el mismo que utilizamos en nuestro estudio. Tomaron impresiones convencionales y con escáner a una treintena de pacientes y posteriormente realizaron medidas lineares de las anchuras mesiodistales dentales y con ellas obtuvieron los índices de Bolton de los diferentes pacientes. En su estudio observaron resultados estadísticamente significativos, según las conclusiones de la investigación no clínicamente significativos.

Los valores de correlación intraclase, superaron el 87%. Sus conclusiones fueron por tanto que aunque existen diferencias, éstas son mínimas y a nivel clínico los modelos obtenidos con escáneres intraorales son válidos y reproducibles.

Wiranto et al., publicaron en 2013 un estudio similar al nuestro, para conocer la validez, exactitud y reproducibilidad de las mediciones sobre modelos digitales extraídos directamente con un escáner intraoral, en este caso el escáner Lava C.O.S[®] de 3M[®]. En este caso, además de medidas lineares, también valoraron el Índice de Bolton. Los resultados fueron que el escáner intraoral de 3M[®], es válido, exacto y reproducible para la obtención de modelos en escayola, y

aunque dio medidas significativamente diferentes para el cálculo del Índice de Bolton, los autores consideraron que eran clínicamente no representativas ya que siempre eran menores de 1.5mm. Además también estudiaron el tiempo para la toma de estas impresiones de escáner y aseguraron que éste disminuía significativamente cuando la experiencia del operador aumentaba.

En el año 2015, Jacob et al., publicaron un artículo en el que comparaban unos escáneres intraorales (iTero[®] y Lythos[®]) y extraorales (Ortho Insign[®]) con las mediciones tradicionales, en este caso in-vitro, sobre mandíbulas disecadas, para contrastar la validez y reproducibilidad de estos métodos con respecto al método manual tradicional. Las mediciones que llevaron a cabo fueron diámetros mesiodistales de premolares, altura del canino, anchura molar y canina y longitud de arcada. Los resultados en este caso fueron que los tres escáneres daban mediciones válidas y reproducibles si las comparábamos con las mediciones manuales, aunque si bien era cierto, los escáneres intraorales, tendieron a subestimar las mediciones de manera sistemática.

El papel de los diferentes escáneres intraorales con respecto a su exactitud fue estudiado por Yung et al. y publicado en 2016, en un estudio en el cual se comparaba dicho parámetro de cuatro escáneres diferentes (Trios[®], iTero[®], E4D[®] Dentist y Zfx IntraScan[®]) con presencia de arcos y brackets a nivel intraoral, para medir tamaños

mesiodistales, anchura intermolar e intercanina, extrayendo del estudio que esto no suponía un problema a nivel clínico para los escáner, y que existían diferencias entre los cuatro, siendo el TRIOS® y el iTero® los que mejores resultados de exactitud obtuvieron.

Aragón et al., en el año 2016 publicaron una revisión de la literatura, en la que incluyeron seis tipos diferentes de escáner intraorales y donde se describía que aunque los modelos de estudio confeccionados con estos escáner eran válidos y reproducibles de la misma manera que la toma de medidas intra e interarcada de manera manual, los pacientes preferían las impresiones convencionales al necesitar menos tiempo para ser realizadas.

3

HIPÓTESIS Y OBJETIVOS

La hipótesis que queremos testar en este trabajo es que los modelos de estudio digitales obtenidos directamente a partir del escaneado intraoral de la boca del paciente son un método fiable para la toma de mediciones en ortodoncia.

El objetivo fundamental del proyecto es comparar la validez y reproducibilidad del escáner intraoral, para la medición de dimensiones dentales, con la técnica manual considerada como “Gold Standard”.

Este objetivo general se complementa con otros más específicos a los que dará respuesta el estudio:

1. Evaluar la validez del método escáner comparándolo con el método manual que sería el “Gold Standard”
2. Detectar aquellos parámetros o dimensiones dentarias donde la concordancia sea máxima entre ambos métodos.
3. Detectar aquellos parámetros o dimensiones dentarias donde la concordancia sea mínima entre ambos métodos.
4. Comprobar el grado de reproducibilidad de ambos métodos para la medición de dimensiones dentales.

5. Analizar la reproducibilidad intraexaminador de ambos métodos de medición.
6. Analizar la reproducibilidad interexaminador de ambos métodos de medición.

4

MATERIAL Y MÉTODO

Se llevó a cabo un estudio en la Unidad Docente de Ortodoncia del Departamento de Estomatología de la Universidad de Valencia.

El estudio fue aprobado por el Comité Ético de Investigación en Humanos de la Universidad de Valencia con el número de expediente *H1397049949919*, tal y como apreciamos en el **Anexo 1** donde se adjunta el informe.

Todos los pacientes fueron informados por escrito de los objetivos y de la metodología del estudio (**Anexo 2**) y se les facilitó un Compromiso de Confidencialidad de sus datos por parte del investigador principal (**Anexo 3**) y por último, se les solicitó que firmaran un Consentimiento Informado (**Anexo 4**).

4.1. DATOS DE LA MUESTRA

La muestra del siguiente estudio fue obtenida íntegramente de la Clínica Odontológica Universitaria de la Universidad de Valencia, concretamente de la clínica del Máster de Especialización en Ortodoncia, de pacientes que fueron susceptibles de tratamiento ortodóncico y a los cuales se les tomaron registros para el diagnóstico de su caso.

La muestra estaba constituida por 60 individuos de ambos sexos, residentes en la Comunidad Valenciana. La distribución de la muestra

fue por sexo, de 26 hombres y 34 mujeres, con una edad decimal media de 33,6 años (rango entre 16,3 y 62,7 años) tal y como apreciamos en la Tabla 3.1.

	TOTAL	HOMBRES	MUJERES
MEDIA	33,6 años	32,9 años	34,3 años
RANGO	14,3 - 62,7 años	16,3 - 54,6 años	18,4 - 62,7 años

Tabla 3.1. Distribución del sexo de los pacientes del estudio

A los pacientes incluidos en el estudio se les realizó registro mediante escaneado intraoral e impresiones de alginato por las siguientes razones:

- Estudio diagnóstico previo al tratamiento de ortodoncia
- Pacientes que iban a ser tratados ortodóncicamente mediante alineadores transparentes
- Pacientes que iban a ser tratados ortodóncicamente mediante aparatología lingual

Una vez recopilada la base de datos con los pacientes que existían en el momento de la realización del estudio, se aplicaron unos criterios de inclusión y exclusión para objetivar al máximo tanto la toma de impresión como la medición de la muestra resultante.

Los criterios de inclusión fueron:

- Pacientes con dentición permanente de primer molar a primer molar en el momento de la toma de registros.
- Buena calidad de los modelos de estudio, tanto físicos como digitales.
- Pacientes con presencia de pequeñas restauraciones oclusales que no comprometieran de manera visible las caras mesiales.
- Pacientes con presencia de maloclusiones con rotaciones, diastemas y apiñamiento.

Los criterios de exclusión fueron:

- Pacientes con dentición temporal o mixta.
- Mala calidad de los modelos de estudio.
- Pacientes portadores de prótesis fijas, ya fueran restauraciones de recubrimiento metálico, cerámico o plástico, que modificaran el punto de contacto original o que produjeran posibles sesgos en los modelos obtenidos por la diferencia en la reflexión lumínica durante el escaneado.
- Pacientes con presencia de alteraciones en el número de piezas dentales, tanto por disminución; agenesias o extracciones, como por aumento del mismo; dientes supernumerarios.
- Pacientes con presencia de grandes destrucciones, fracturas o atricciones, que pudieran alterar el diámetro mesiodistal de los dientes.

4.2. METODOLOGÍA

Las medidas que decidimos comparar entre ambos métodos, el manual y el escáner, fueron tanto mediciones directas, extraídas directamente del propio modelo, y mediciones indirectas, que son aquellas halladas a partir de las directas. A continuación pasamos a especificar con mayor exactitud en qué consistieron tanto las primeras como las segundas:

4.2.1. MEDIDAS DIRECTAS

Las mediciones directas, son aquellas cuyos resultados se obtienen directamente de la toma de la propia medición sobre el modelo de estudio, ya fuera físico o digital. La toma de estas mediciones difiere considerablemente en función de si el método utilizado para su recopilación fue el Método Manual o el Método Escáner, por lo que más adelante explicaremos cual fue el protocolo para la recopilación en cada caso.

Como medidas directas identificaríamos:

- Tamaños dentarios (TD)
- Dimensiones de las arcadas dentarias
 - o Distancia intercanina superior(DICS) e inferior (DICI).
 - o Distancia intermolar superior(DIMS) e inferior (DIMI).
 - o Longitud de arcada superior (LAS) e inferior (LAI).

4.2.2. MEDIDAS INDIRECTAS

Las medidas indirectas por su parte, son aquellas mediciones o mejor dicho cálculos, extraídos a partir de las medidas directas previamente obtenidas. En ambos métodos, las medidas indirectas fueron extraídas de la misma manera, ya que su procesamiento fue a partir de los dato previamente extraídos de los modelos de manera directa.

Como medidas indirectas tendríamos:

- Índice de Bolton anterior y total.
- Discrepancia óseo dentaria superior e inferior.

Una vez conocidas las medidas indirectas que se analizaron, se pasa a explicar la forma de obtener cada una de ellas.

ÍNDICE DE BOLTON ANTERIOR Y TOTAL

El Índice de Bolton Anterior es una medición indirecta, que se expresa en forma de porcentaje y que resulta de dividir la suma de

todos los diámetros mesiodistales desde el canino de un lado al canino contralateral en la arcada inferior, y la suma de los diámetros mesiodistales de los todos dientes superiores también de canino a canino.

Por su parte el Índice de Bolton Total, se expresa también como porcentaje, pero en este caso dividiendo, la suma de todos los diámetros mesiodistales de los dientes inferiores de primer molar del lado derecho al primer molar del lado izquierdo, entre la suma de los diámetros mesiodistales de los dientes superiores de primer molar a primer molar.

DISCREPANCIA ÓSEODENTARIA

Las discrepancias oseodentarias miden la diferencia entre la longitud de la arcada total y la suma de los diámetros mesiodistales de todos los dientes, ya sea con un resultado negativo o positivo, ayudándonos así a conocer la cantidad de espacio disponible en la arcada para el posicionamiento dental.

4.2.3. MÉTODO MANUAL

4.2.3.1. MATERIAL

El material utilizado para la realización de las mediciones mediante el *Método Manual* fue el siguiente:

1. Modelos de escayola

Estos modelos se obtuvieron de los registros iniciales tomados a los paciente en el Máster de Ortodoncia de la Universidad de Valencia, mediante impresiones de alginato, como paso previo al tratamiento con el fin de diagnosticar su caso y tener un registro de la situación inicial del paciente.

Dichas impresiones fueron tomadas y vaciadas posteriormente en yeso blanco mediante los procedimientos habituales, por diferentes operadores.

Una vez los modelos fueron vaciados, se recortaron de manera específica (figura 3.1), siguiendo las normas propuestas por el American Board of Orthodontists (ABO) que exige:

- Bases de los modelos simétricas y paralelas entre sí.
- Bordes posteriores perpendiculares a la línea media de la arcada.
- Extremos de los modelos con unos ángulos predeterminados.
- Modelos recortados en máxima intercuspidad.

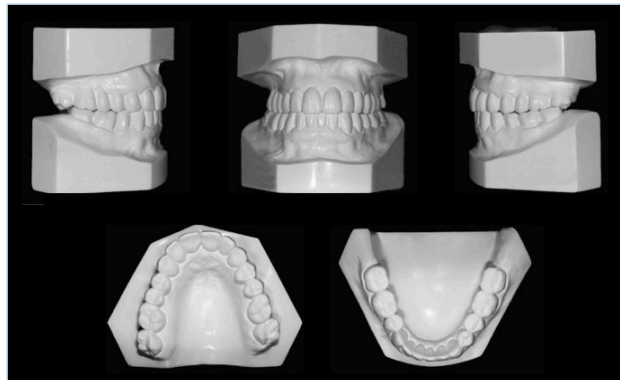


Figura 3.1. Modelos estudio ABO ortodoncia

2. Pie de rey digital

El calibrador o pie de rey (fig.3.2) que utilizamos para realizar las mediciones con el *método manual*, funcionaba de manera manual o digital, usamos la opción digital, ya que pensamos que podía ser más exacta, pues nos aportaba la información de la medición de manera clara expresada en milímetros y con dos decimales.



Figura 3.2. Pie de rey digital

3. Alambre de latón

Utilizado para la medición de la longitud de arcada, como explicamos en la revisión de la literatura, al tratarse del método de medición más similar al utilizado por el programa OrthoCAD[®], en el método escáner.



Figura 3.3. Alambre de latón

4. Ordenador personal MacBook[®] Air 13"

El ordenador (fig.3.4) fue utilizado para el almacenamiento de todas las mediciones realizadas con el *método manual* y el posterior procesamiento de las mismas mediante el una hoja Excel[®].



Figura 3.4. MacBook Air 13"

5. Software Office Microsoft Excel®

Utilizado junto con el ordenador portátil para almacenamiento y posterior procesamiento de las mediciones tomadas con el método manual.

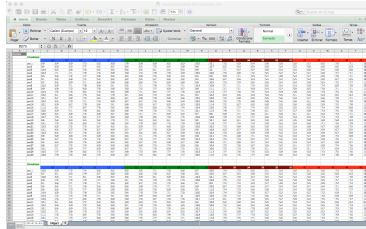


Figura 3.5. Tabla Excel

4.2.3.2. MÉTODO

Recopilamos aquellos modelos de los 60 pacientes que habían sido seleccionados por cumplir los requisitos de inclusión y que estaban almacenados en la Clínica del Máster de Especialización en Ortodoncia de la Universidad de Valencia, y los numeramos de la siguiente manera:

- **Pac1 (Paciente 1) a Pac60 (Paciente 60)**, del 1 al 60 de manera sucesiva, para conocer que cada modelo era de un paciente diferente.
- Posteriormente en la hoja de Excel[®], teníamos varias columnas en función del operador, y el número de medición que habíamos realizado a cada modelo, diferenciando de esta manera los resultados obtenidos para cada operador en las diferentes mediciones.

En estas mediciones, de la misma manera que en el *método escáner*, no se realizaron mediciones de los 2os y 3os molares superiores e inferiores. Una vez especificada esta puntualización pasamos a describir cómo realizamos las mediciones tanto de las medidas directas como de las indirectas llevadas a cabo:

TOMA DE MEDICIONES DIRECTAS

TAMAÑOS MESIODISTALES DE DIENTES

Esta medición, se realiza, teniendo en cuenta la distancia máxima en las caras mesial y distal de cada uno de los dientes a medir, que en dientes bien alineados debería coincidir con el punto de contacto dental.

En los dientes mal alineados, se realizaron las mediciones por tanto teniendo en cuenta los hipotéticos puntos de contacto mesial y distal, que como ya hemos dicho se corresponden con el tamaño mesio-distal máximo.

Colocando ambas puntas del calibre digital en la superficie mesial y distal de cada diente obtuvimos de esta manera, y con dos decimales de precisión, en tamaño mesiodistal máximo de cada uno de los dientes en cuestión.

Cada uno de estos datos, fueron añadiéndose al archivo Excel hasta su recopilación completa y posterior procesado de datos con el fin de obtener también las mediciones indirectas necesarias.

ANCHURAS INTERCANINAS

La anchura intercanina que tomamos, en ambos métodos, fue la distancia entre las cúspides de ambos caninos contralaterales, superiores e inferiores, y en caso de que éstas estuvieran desgastadas, la posición estimada de dicha cúspide siguiendo la anatomía dental que presentaba dicho diente.

Posicionando una punta del calibre sobre una cúspide y la otra sobre la misma estructura del canino contralateral obtuvimos la distancia en mm en el calibre digital, que colocamos en dicha hoja Excel para su recopilación y evaluación.

ANCHURAS INTERMOLARES

Las anchuras intermolares las podríamos definir como la distancia máxima entre las superficies vestibulares y un molar y su análogo contralateral. Estas mediciones se realizaron únicamente sobre los primeros molares permanente, tanto superiores como inferiores.

El procedimiento a seguir fue el mismo que para la toma de las mediciones de anchuras intercaninas pero en este caso tomando como referencia las superficies vestibulares de ambos molares.

LONGITUDES DE ARCADA

Las longitudes de arcada fueron tomadas, dibujando una línea que pasara por los puntos de contacto ideales de los dientes desde mesial del primer molar hasta mesial del primer molar contralateral.

En el caso del método manual, utilizamos un alambre de latón que ajustamos de manera manual para que describiera dicha parábola, y una vez realizada, marcábamos mesial y un molar y mesial del contralateral, colocamos recto dicho alambre y medimos con el calibre digital la distancia recta entre ambos puntos, obteniendo de esta manera sencilla una distancia circunferencial de la arcada.

El proceso se repitió en cada uno de los pacientes, tanto para la arcada superior como para la arcada inferior.

Una vez obtenidos los resultados, estos fueron simultáneamente apuntándose en la hoja Excel de nuestro ordenador personal para posteriormente poder trabajar en las medidas indirectas.

TOMA DE LAS MEDIDAS INDIRECTAS

Una vez se extrajeron las mediciones directas, las medidas indirectas son cálculos realizados sobre las primeras. Una vez recogidas todas las medidas directas, y anotadas éstas en una hoja Excel®, se usó

como “calculadora” dicho programa y se obtuvieron las medidas indirectas ya citadas con anterioridad.

4.2.4. MÉTODO ESCÁNER

4.2.4.1. MATERIAL

El material que utilizamos para la toma de impresiones y posterior análisis de las medidas anteriormente mencionadas fue el siguiente:

1. Escáner intraoral iTero[®] (Cadent[®])

Para la captación de modelos digitales, con el método escáner, utilizamos el escáner intraoral iTero[®] (fig.3.4), de la casa Cadent[®] (actualmente el modelo ha cambiado y ha sido desarrollado por Invisalign[®]), como podemos ver en la figura 1, que nos permite la captación de imágenes directamente desde la boca del paciente. Este escáner, adquiere la información superficial del diente con la ayuda de un escaneado óptico y láser basados en el principio del escaneado paralelo confocal.

Los escaneados intraorales fueron realizados por diferentes operadores en diferentes momentos temporales, y fueron realizadas como paso previo al inicio del tratamiento de ortodoncia con aparatología personalizada.



Figura.3.6. Modelo de escáner intraoral iTero[®]
con el que se realizó el estudio

2. Modelos digitales

Una vez escaneada la boca del paciente, el modelo es enviado mediante conexión “wireless” de internet desde el propio escáner a la base de datos de modelos digitales que Invisalign dispone para sus clientes en la “nube”. Visitando la dirección www.mycadent.com ó también www.myaligntech.com podemos acceder a nuestro portal privado para descargar el modelo en formato STL* -el formato universal para el trabajo con archivos en 3D- ó uno específico, que fue el que utilizamos, para trabajar con el modelo digital en el software informático OrthoCAD[®].

3. Software informático OrthoCad®

Desde las mismas páginas web anteriormente citadas - www.mycadent.com ó también www.myaligntech.com - podemos descargar este programa informático (fig.3.7) de manera gratuita, y hasta el momento únicamente para ordenadores PC.

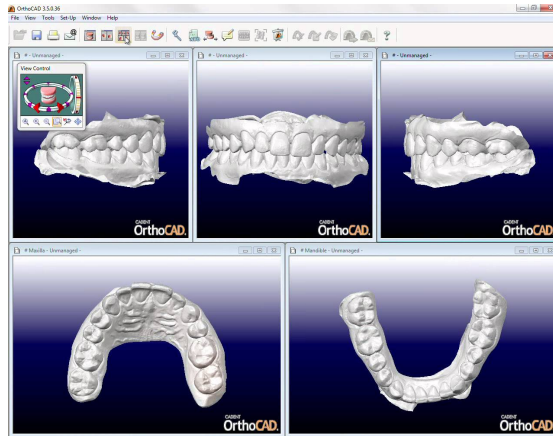


Figura 3.7. Visualizamos el interface del programa OrthoCAD®

En este programa se pueden visualizar los modelos digitales, obtenidos a través del escaneo intraoral de las arcadas, desde todos los puntos de vista. En este estudio, únicamente fueron necesarias las vistas oclusales para poder realizar las mediciones oportunas y expuestas al inicio del capítulo.

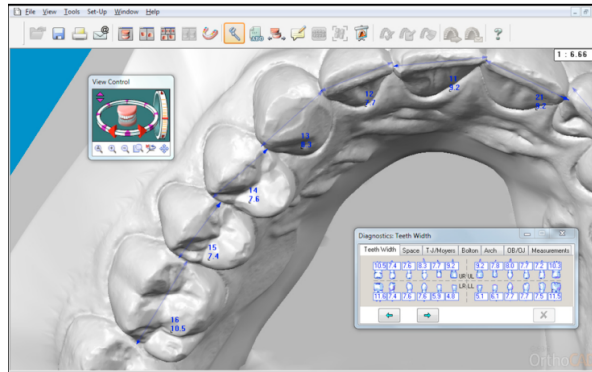


Figura 3.8. Medición mediante software OrthoCAD®

4. Ordenador PC de sobremesa “All in One” ENVY® Recline con Pantalla WLED FHD (1920x1080)

Se descargaron en este ordenador personal los modelos digitales y se realizó la medición de los mismos con el software OrthoCAD®.



Figura 3.9. Ordenador PC de sobremesa “All in One” ENVY® Recline

4.2.4.2. MÉTODO

Como ya hemos dicho anteriormente, una vez obtenidos los modelos digitales del paciente, descargamos dichos modelos de la “nube” en nuestro ordenador personal y pasamos a la medición de los mismo con la ayuda del programa informático OrthoCAD[®], cuya fiabilidad y reproducibilidad habían sido publicadas en diferentes artículos de revistas del JCR (Zilberman et al., 2003; Costalos et al., 2005; Steven et al., 2006; Okunami et al., 2007; Naidu y Freer, 2013).

ESCANEADO DE LOS MODELOS DE ESTUDIO

El escaneado de los pacientes elegidos para el estudio se realizó con el escáner intraoral iTero[®], tal y como indicamos en el apartado de “**material**”, de manera directa y sin necesidad de polvo de dióxido de aluminio para evitar brillos ya que este sistema así lo permite.

Durante un escaneado se obtienen hasta 100.000 puntos de luz láser a 300 profundidades focales diferentes del diente. Estas profundidades son separadas aproximadamente a un nivel de 50 micras de diferencia entre cada una de ellas, permitiendo al sistema obtener información precisa de la topografía superficial.

El modelo de iTero[®] que utilizamos en este estudio constaba de una fuente de captación de luz roja, un ordenador, ratón, teclado, pantalla y el escáner o capturador propiamente dicho.

Para el escaneado con este sistema tomamos una fotografía apretando sobre el pedal que incorpora el sistema- de cada área del diente a escanear desde diferentes puntos de vista, oclusal, vestibular, lingual y los puntos interproximales de los dientes adyacentes.

Posteriormente fueron tomadas imágenes de las superficies bucales y linguales también de los dientes antagonistas y un registro de mordida del paciente con el escáner posicionado en la superficie vestibular con las arcadas en oclusión, así el escáner ocluyó ambas arcadas de manera inmediata, aunque esta oclusión final no fue analizada en el estudio, fue adquirida por el operador para el diagnóstico ortodóncico.

La aspiración del sillón dental fue colocada de manera ininterrumpida en la boca del paciente durante el periodo de captación, cambiando su posición para no interferir en el escaneado, a fin de evitar una humedad excesiva que produjera reflejos y una falta de adquisición de información por parte del escáner de la topografía superficial, cuando esto ocurrió, la zona fue re-escaneada siguiendo las instrucciones del propio escáner a fin de obviar la mínima información posible.

MEDICIONES CON EL MÉTODO ESCÁNER

Una vez escaneada la boca del paciente, los modelos fueron enviados vía internet a la “nube”, donde son almacenados para su consulta o descarga en cualquier momento.

Descargamos aquellos modelos de los 60 pacientes que habían sido seleccionados por cumplir los requisitos de inclusión y los numeramos de la siguiente manera:

- **Pac1 a Pac60**, del 1 al 60 de manera sucesiva, para conocer que cada modelo era de un paciente diferente.
- Añadimos la letra **N ó A** en función de operador que iba a realizar la medición, la letra N, correspondía con el operador principal, la letra A correspondía con el examinador ayudante.
- Añadimos tras esta letra el número **1 ó 2** para saber si se trataba de la primera o la segunda medición realizada por cada uno de los diferentes operadores.

Un ejemplo de la nomenclatura que se llevó a cabo podría ser el siguiente:

Pac3N1

Lo que significa que era el paciente número 3, medido por el examinador principal, en la primera medición.

De esta manera pudimos guardar los datos de todas las mediciones realizadas y consultarlas una y otra vez, sabiendo que resultados de medición correspondían a cada momento y operador.

A continuación vamos a exponer un caso en el que intentaremos explicar de manera visual y sencilla cual fue el procedimiento utilizado en las mediciones llevadas a cabo mediante el **método escáner**.

En la fotografía de la figura 3.10., vemos el modelo superior e inferior del sujeto, el cual hemos escaneado previamente, descargado de la “nube” su archivo y abierto con la ayuda del software OrthoCAD®.

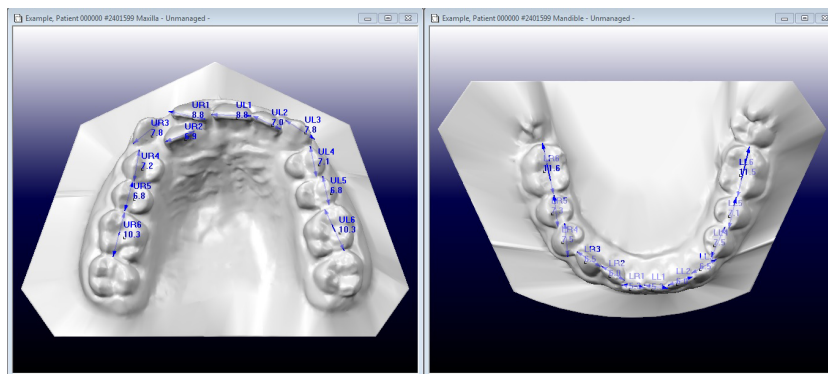


Figura 3.10. Modelo superior e inferior visualizado con la ayuda del software OrthoCAD®.

Se puede observar en la imagen, una representación de la pantalla del ordenador tal y como la vería el operador, en la que apreciar los modelos superior e inferior de un paciente, con todas las herramientas de las que dispone el programa informático para el análisis y visualización modelos.

Únicamente se utilizó la herramienta de medición, siguiendo el procedimiento estandarizado por el propio programa informático que va enumerando qué mediciones se deben realizar en cada momento para posteriormente mostrarla en forma de tabla.

Con este sistema, la calibración de los modelos no fue necesaria, dado que el propio software calibra dichos modelos, y da mediciones a tamaño real, independientemente del tamaño del modelo en la pantalla, por lo que se puede acercar y alejar el mismo para la mejor visualización del modelo y los puntos de contacto sin perjuicio de la medición a realizar y sin que ésta varíe su magnitud.

TOMA DE MEDICIONES DIRECTAS

1. TAMAÑOS MESIODISTALES DE DIENTES

Una de las indicaciones del *Método Escáner* más a tener en cuenta, especialmente desde el punto de vista clínico, es la medición de los tamaños mesiodistales de dientes.

Esta medición, como ya se definió en la revisión de la literatura, se hizo desde la cresta marginal mesial hasta la cresta marginal distal de un diente, donde debería estar el punto de contacto de un diente correctamente alineado. En el caso de no ser así, se mide la mayor longitud del diente desde la cara mesial hasta la cara distal.

Con el puntero del PC, dentro del programa OrthoCAD®, y desde la vista oclusal, se trazaron los punto mesial y distal que darán dicha longitud máxima, así el programa mide a tamaño real, expresando en milímetros, la distancia desde el punto de contacto o cresta marginal mesial hasta el punto de contacto o cresta marginal distal. Esta distancia se va visualizando sobre los dientes medidos y también acumulando en una tabla, donde el programa almacena la información para poder revisarla posteriormente, a la vez que calcula las mediciones indirectas de manera automática.

Una vez las mediciones están hechas, los datos se guardan con un número de paciente , como previamente se ha explicado.

2. ANCHURAS INTERCANINAS

La anchura intercanina fue tomada teniendo como referencia las cúspides de los caninos, ya fueran superiores o inferiores, y trazando una línea, automáticamente generada por el programa informático,

al elegir un punto en la cúspide de un canino y otro en la de su contralateral. De esta manera, sobre la línea generada observamos la distancia en mm de esta medida y el propio programa se encarga de introducirla automáticamente en una tabla de datos para su posterior revisión en caso de ser necesaria.

3. ANCHURAS INTERMOLARES

La anchura intermolar fue una medición que se realizó tomando como referencia el punto más vestibular de dicha superficie entre el molar de una arcada y su contralateral. El proceso de medición se llevo a cabo en ambas arcada y de la misma forma que en el caso de la medición intercanina, el propio programa generó una línea sobre la cual se observaba la distancia entre ambos punto anteriormente situados por el operador. En caso de error, el programa permite la recolocación de cualquiera de estos puntos y la corrección automática de la distancia tanto a nivel visual como a nivel operativo en la tabla de datos para su posterior procesamiento.

4. LONGITUDES DE ARCADA

La longitud de arcada fue tomada siguiendo el mismo patrón que con el método manual, dado que era la manera predeterminada que utilizaba el sistema OrthoCAD® para realizar dicha medición.

El operador en este caso, únicamente debía ir ajustando unos puntos de referencia sobre la vista oclusal del modelo de estudio, y el programa de manera automática iba calculando el perímetro de dicha arcada para posteriormente realizar el cálculo necesario de las medidas indirectas también de manera automática.

TOMA DE MEDICIONES INDIRECTAS

Una vez extraídas las mediciones directas, las medidas indirectas son cálculos realizados sobre las primeras, como ya explicamos en apartados anteriores de este trabajo. Existen diferentes métodos para poderlas hallar, por ejemplo, anotando estas medidas en una hoja Excel y usándola como “calculadora” para poder conocer las medidas indirectas, otra forma, más sencilla y que fue aquella que utilizamos, fue utilizar el propio programa como tabla para poder recopilar estas mediciones. Como dijimos en el apartado de **“medidas directas”**, el software va pidiéndonos que realicemos ciertas mediciones de manera sistemática, de esta forma, posteriormente a completar la tabla requerida, el programa genera otra tabla que podemos consultar, como en la figura 3.11, donde automáticamente ha hecho los cálculos con respecto a las medidas directas que nos ha pedido y donde se nos muestran las medidas indirectas de manera sencilla.

	Maxilla	Mandible	Discrepancy	Case Ratio	Ideal Ratio
Total	96.5	0.0	-96.5	0.0000	0.9130
Anterior	47.5	0.0	-47.5	0.0000	0.7720

Figura 3.11. Medidas del Índice de Bolton generadas por el programa informático

4.2.5. MÉTODO ESTADÍSTICO

Para un test t de muestras relacionadas, considerando un tamaño del efecto a detectar de 0,5 (medio), la potencia alcanzada es 0,96 para un nivel de confianza del 95%. Este tamaño equivale a detectar una diferencia de 0,15 mm entre dos mediciones apareadas, asumiendo una desviación estándar 0,30 mm.

La muestra para la investigación está constituida por 60 individuos a los que se miden una serie de dimensiones dentarias mediante dos técnicas: escáner y manual.

Las variables respuesta para la investigación son los tamaños dentarios y las diferentes dimensiones de las arcadas dentarias: longitudes y distancias, todas ellas consideradas **medidas directas**.

Además, se han calculado **medidas indirectas**, como son las discrepancias óseo-dentarias superior e inferior y los índices de Bolton anterior y total.

Un evaluador realiza las medidas mediante las técnicas escáner y manual y, sobre el mismo número de sujetos, realiza una segunda medición. Un segundo evaluador realiza, a su vez, sus propias mediciones en dos ocasiones sobre una sub-muestra de 30 individuos elegidos al azar. Se pretende así estimar el error de medida y evaluar la reproducibilidad intraexaminador e interexaminador.

Para la estimación del error del método se utiliza la fórmula de Dahlberg, que particularizada a las 60 dobles mediciones (análisis intra del examinador nº1) se escribe, para un parámetro cualquiera X:

$$d = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^{60} (X_{1i} - X_{2i})^2}{120}}$$

Se calculó, asimismo, una estimación del error relativo del método mediante la expresión:

$$\text{error relativo} = \frac{d}{\bar{x}} 100$$

Donde \bar{x} es la media de las 120 mediciones de una dimensión determinada. Este indicador permite comparar el error del método entre diferentes dimensiones.

La normalidad de todas las diferencias de las medidas intraexaminador e interexaminador se contrasta mediante el test de Kolmogorov-Smirnov y Shapiro-Wilk, con resultado confirmatorio para la mayoría de las variables (p -valores $> 0,05$). Se compararon los valores medios de las medidas obtenidas en la primera y segunda observación del primer examinador con cada método mediante un test t de medidas apareadas. Ello permitió concluir sobre la posible existencia de errores sistemáticos. El mismo test estadístico se utilizó para la comparación entre medias de un parámetro con las dos técnicas, para evaluar la validez del escáner.

También se obtuvo el coeficiente de correlación intraclase (CCI), indicador también de la concordancia entre los distintos pares de mediciones.

Para completar el análisis de la validez o concordancia se confrontaron los resultados obtenidos con la técnica escáner respecto a la técnica manual mediante un modelo de regresión, en el que se estimarán los intervalos de confianza para los coeficientes. Si el intervalo de la constante contiene al 0 y el de la pendiente al 1,

puede aceptarse que la bisectriz es la recta de ajuste ideal (ESCANER=MANUAL) y, en consecuencia, el escáner es válido.

El nivel de significatividad empleado en los análisis ha sido el 5% ($\alpha=0,05$).

Cualquier p-valor menor a 0,05 es indicativo de una relación estadísticamente significativa. Por contra, un p-valor mayor o igual a 0,05 indica ausencia de relación.

Para un test t de muestras relacionadas, considerando un tamaño del efecto a detectar de 0,5 (medio), la potencia alcanzada es 0,76 para un nivel de confianza del 95%.

A nivel práctico, según Carrasco 1989, estos coeficientes de relación, pueden clasificarse según su exactitud en el ajuste en:

$r \geq 0,9$ magnífico

$r = 0,8$ bueno

$r = 0,7$ aceptable

$r = 0,6$ medianamente aceptable

$r \leq 0,5$ rechazables

Según González-Cuesta y Plasencia (1994), correlaciones a partir de $r = 0,7$ deben ser consideradas como aceptables.

5

RESULTADOS

Una vez obtenidos los datos de las mediciones llevadas a cabo tanto sobre el modelo físico como digital, se pasó al análisis estadístico de los mismos para poder conocer la validez y reproducibilidad de los distintos métodos de trabajo tanto a nivel intraexaminador como interexaminador.

5.1. REPRODUCIBILIDAD INTRAEXAMINADOR DEL MÉTODO ESCÁNER

La tabla siguiente presenta datos estadísticos básicos para la diferencia de las dos mediciones del examinador nº 1, así como los relativos al error del método:

	Diferencia 1ª – 2ª medida		Intervalo de confianza 95% para la diferencia		p-valor	d Dahlberg	CV (%)	CCI
	Media	DE	Lim. Inf.	Lim. Sup.				
TD 16	-0,05	0,31	-0,12	0,03	0,233	0,15	1,48	0,89
TD 15	-0,06	0,23	-0,13	0,00	0,065	0,13	1,96	0,94
TD 14	-0,06	0,27	-0,13	0,01	0,113	0,15	2,07	0,83
TD 13	-0,04	0,39	-0,13	0,06	0,398	0,18	2,34	0,86
TD 12	-0,11	0,54	-0,25	0,03	0,133	0,27	3,94	0,83
TD 11	-0,01	0,31	-0,09	0,07	0,865	0,15	1,72	0,91
TD 21	0,03	0,50	-0,09	0,16	0,605	0,24	2,84	0,80
TD 22	-0,09	0,31	-0,18	-0,01	0,034*	0,17	2,52	0,91
TD 23	-0,07	0,27	-0,15	0,00	0,064	0,15	2,02	0,92
TD 24	-0,08	0,46	-0,20	0,04	0,169	0,23	3,33	0,71
TD 25	-0,19	0,89	-0,42	0,04	0,108	0,46	6,69	0,53
TD 26	-0,08	0,39	-0,19	0,02	0,105	0,20	1,98	0,80
TD 36	-0,11	0,39	-0,20	-0,01	0,033*	0,20	1,83	0,88
TD 35	-0,09	0,35	-0,19	0,00	0,048*	0,18	2,55	0,81
TD 34	-0,09	0,31	-0,16	-0,01	0,036*	0,16	2,29	0,84
TD 33	-0,06	0,27	-0,13	0,01	0,098	0,14	2,03	0,91
TD 32	-0,07	0,31	-0,16	0,01	0,092	0,17	2,85	0,81
TD 31	0,00	0,27	-0,07	0,07	0,923	0,13	2,40	0,84
TD 41	-0,06	0,27	-0,12	0,01	0,098	0,13	2,44	0,80
TD 42	-0,03	0,35	-0,11	0,06	0,517	0,16	2,64	0,79
TD 43	-0,09	0,31	-0,16	-0,01	0,018*	0,14	2,11	0,89
TD 44	-0,03	0,31	-0,12	0,05	0,420	0,16	2,20	0,84
TD 45	-0,07	0,31	-0,15	0,01	0,094	0,16	2,25	0,89
TD 46	-0,08	0,31	-0,16	0,00	0,069	0,16	1,52	0,92
LAS	-0,61	1,51	-1,01	-0,22	0,004**	0,85	1,21	0,94
LAI	-0,86	2,21	-1,43	-0,29	0,004**	1,22	1,98	0,85
DODS	0,07	2,52	-0,58	0,72	0,827	1,21	---	0,85
DODI	-0,28	2,63	-0,96	0,40	0,408	1,29	---	0,73
ICS	-0,21	0,93	-0,46	0,03	0,085	0,48	1,47	0,97
ICI	-0,30	1,16	-0,59	0,00	0,052	0,59	2,44	0,94
IMS	0,06	1,08	-0,21	0,34	0,643	0,52	1,06	0,97
IMI	-0,15	1,47	-0,53	0,23	0,428	0,72	1,69	0,91
BOLTON A	-0,16	1,94	-0,66	0,34	0,521	0,94	1,19	0,83
BOLTON T	-0,01	1,36	-0,36	0,34	0,954	0,65	0,71	0,82

*p<0,05; **p<0,01; ***p<0,001

Tabla 5.1. Diferencia de medidas, IC 95%, t-test para muestras dependientes (p-valor) y estimadores del error intraexaminador del método Escáner: d de Dahlberg, coeficiente de variación (CV) y coeficiente de correlación intraclase (CCI)

En el caso del tamaño dentario 16 (DT), se ve que en la 1ª sesión de medición se mide, en promedio, 0,05 mm menos que en la 2ª medición. Cuanto más próxima a cero están media y desviación estándar, tanto más reproducible es el proceso de medición.

La tendencia a medir más en la 2ª sesión parece repetirse en la mayoría del resto de parámetros (las diferencias medias suelen ser negativas). Para concluir sobre este punto, se aporta el intervalo de confianza al 95% y se aplica un test t de medidas repetidas.

Otro caso sería el tamaño del diente 2.2, el IC 95% para la diferencia media es (-0,18 -0,01), que no contiene al 0 y que significa aceptar la existencia de un sesgo significativo, por escaso margen ($p=0,034$). Otros 4 dientes (3.6, 3.5, 3.4, 4.3) exhiben un error sistemático leve. Más notable es, sin embargo, el referido a las longitudes de arcada LAS y LAI ($p=0,004$). En la 2ª sesión se midió hasta 0,61 y 0,86 mm más respectivamente que en la 1ª sesión.

Obsérvese el siguiente gráfico, que representa diferencias medias entre la 1ª y 2ª medición e intervalos de confianza al 95% para todos los parámetros. A excepción de los citados, el intervalo contiene al valor cero y se acepta la homogeneidad:

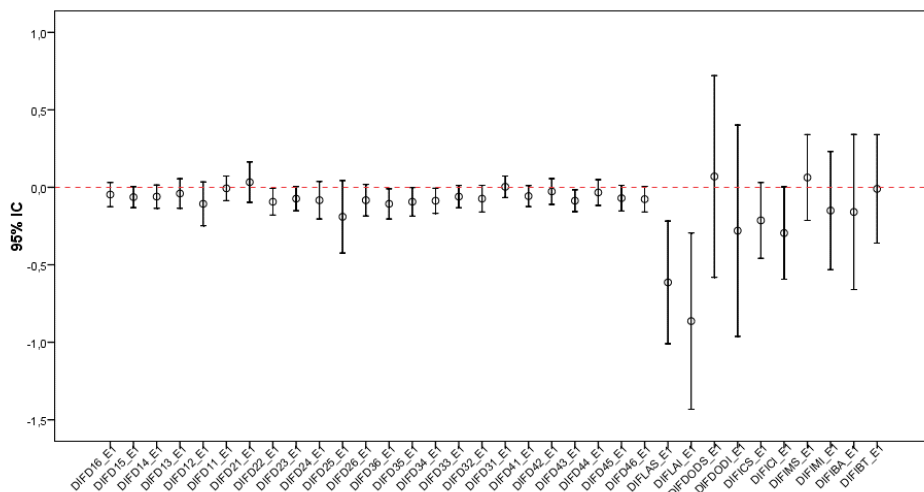


Figura 5.1. d de Dahlberg con valores inferiores a 0,25 mm para la mayoría de medidas dentarias.

En la tabla se lee el dato estadístico d de Dahlberg, que toma valores inferiores a 0,25 mm para la mayoría de medidas dentarias. Se trata de una estimación del error absoluto y son cifras razonablemente bajas. Para las longitudes y discrepancias, los valores pueden elevarse hasta 1,30 mm; pero en relación a la magnitud de lo que se mide, también más que aceptables. Se reducen, de nuevo, para las anchuras y los índices de Bolton por debajo de 1 mm.

La d de Dahlberg es un dato estadístico que integra a la vez el error sistemático y aleatorio de una doble medición. Se expresa en las unidades originales de la medida en cuestión (mm). Básicamente representa cuánto se separa una medición individual de la media de la doble medición.

El coeficiente de variación relativiza el valor de d al nivel medio de la variable y se expresa en porcentaje. Se trata, propiamente, del error relativo del método o error técnico de medida.

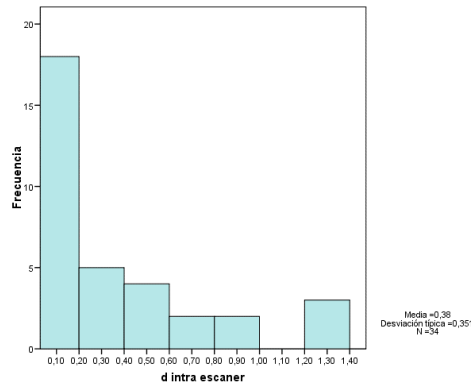


Figura 5.2. Distribución de valores del estadístico d en los 34 parámetros analizados

En la figura 5.2, podemos observar la distribución del valor d de Dahlberg para los 34 parámetros analizados, ello se traduce, en términos relativos (cuando se compara con la magnitud de lo que se está midiendo), en valores del error del método (coeficiente de variación, CV) por debajo del 2,5% para la mayoría de los parámetros. Para los tamaños dentarios, se encuentra algún valor más dispar (como 6,69% para TD25, coherente con un $d=0,46$).

Como es un hecho aislado, puede ser el resultado simplemente de un eventual error en la transcripción final de los números sobre el fichero Excel). Pero en general estar por debajo del 2,5% es lo habitual.

Las mediciones de longitudes y anchuras presentan CV incluso más bajos, por debajo del 2% a excepción de la ICI (2,44%).

No se ha calculado el CV para las discrepancias: son variables con valores pequeños, generalmente variables en torno al cero, a lo que el indicador es muy sensible y pierde su significado y utilidad.

Para los índices de Bolton, las cifras obtenidas 1,19% y 0,71% pueden considerarse de una bastante alta reproducibilidad.

En general, todas las cifras pueden interpretarse como de alta reproducibilidad, si tomamos como referencia la tabla 5.2

Rango CV	Reproducibilidad
<1%	Muy alta
1% – 5%	Alta
5% – 10%	Moderada
>10%	Mediocre

Tabla 5.2. Correspondencia del valor Coeficiente de Variación (CV) con respecto a la reproducibilidad

Obsérvese en la figura 5.3 la distribución de valores CV en los 34 parámetros:

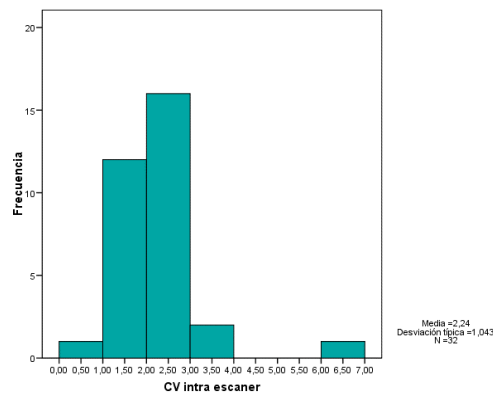


Figura 5.3. Distribución de los valores del CV en los 34 parámetros examinados

Por último, la tabla 5.3 aporta el coeficiente de correlación intraclase (CCI), otro indicador del grado de concordancia entre las dos evaluaciones. Se han obtenido valores siempre superiores a 0,70 y no son excepcionales los mayores a 0,90, lo que corrobora que estamos ante un error intraexaminador bastante bajo, esto es, la repetitividad es bastante alta.

Resaltar que el CCI capta mejor la vertiente aleatoria del error, no tanta la sistemática.

Rango CCI	Reproducibilidad
>0,90	Muy buena
0,71 – 0,90	Buena
0,51 – 0,70	Moderada
0,31 – 0,50	Mediocre
<0,30	Mala/muy mala

Tabla 5.3. Valores del CCI y su correspondencia a nivel práctico

Obsérvese en la figura 5.4 la distribución de CCI en la muestra de 34 parámetros:

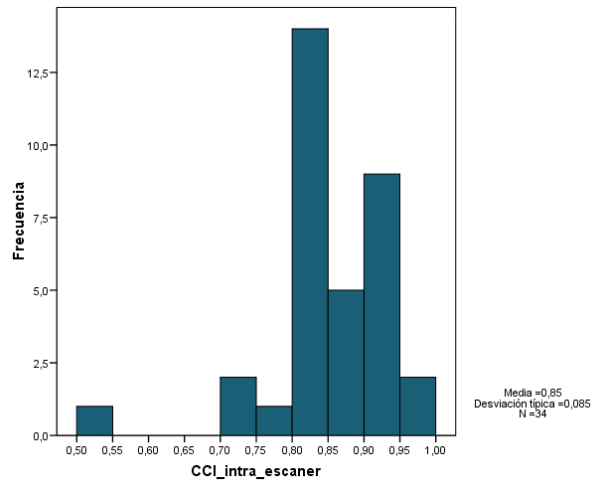


Figura 5.4. Distribución de los valores del CV en los 34 parámetros examinados

Como conclusión final, en base a los valores de los diferentes indicadores, se acepta un grado de reproducibilidad intraexaminador bastante alto. Sólo para las longitudes de arcada se destacaría un cierto sesgo en la doble medición

5.2. REPRODUCIBILIDAD INTEREXAMINADOR DEL MÉTODO ESCÁNER

La siguiente tabla (5.4) presenta los datos estadísticos básicos para la diferencia de las mediciones de los examinadores nº 1 y nº 2, así como los relativos al error del método. En este caso, la muestra de trabajo se ha reducido a n=30 sujetos.

	Diferencia 1º – 2º experto		Intervalo de confianza 95% para la diferencia		p-valor	d Dahlberg	CV (%)	CCI
	Media	DE	Lím. Inf.	Lím. Sup.				
TD 16	0,04	0,41	-0,11	0,19	0,565	0,14	1,44	0,93
TD 15	-0,06	0,58	-0,27	0,15	0,536	0,20	2,92	0,91
TD 14	0,03	0,55	-0,17	0,23	0,738	0,19	2,62	0,80
TD 13	-0,04	0,44	-0,20	0,12	0,583	0,15	1,96	0,95
TD 12	-0,02	0,38	-0,16	0,12	0,758	0,13	1,94	0,97
TD 11	0,00	0,33	-0,12	0,12	1,000	0,11	1,27	0,97
TD 21	0,00	0,36	-0,13	0,13	1,000	0,12	1,43	0,96
TD 22	-0,11	0,52	-0,29	0,08	0,214	0,19	2,81	0,94
TD 23	0,01	0,33	-0,11	0,13	0,859	0,12	1,53	0,97
TD 24	-0,03	0,38	-0,17	0,11	0,647	0,14	1,95	0,92
TD 25	-0,12	0,41	-0,27	0,03	0,104	0,16	2,41	0,94
TD 26	0,07	0,47	-0,09	0,24	0,373	0,17	1,65	0,89
TD 36	-0,11	0,66	-0,35	0,13	0,326	0,24	2,18	0,85
TD 35	-0,09	0,38	-0,23	0,05	0,193	0,15	2,06	0,89
TD 34	-0,02	0,36	-0,15	0,11	0,735	0,12	1,72	0,93
TD 33	0,01	0,44	-0,15	0,17	0,891	0,15	2,16	0,92
TD 32	0,03	0,44	-0,13	0,19	0,685	0,15	2,59	0,88
TD 31	-0,02	0,44	-0,18	0,14	0,780	0,15	2,79	0,90
TD 41	-0,03	0,49	-0,21	0,15	0,713	0,17	3,15	0,81
TD 42	0,08	0,30	-0,03	0,19	0,137	0,12	2,00	0,91
TD 43	-0,07	0,25	-0,16	0,02	0,111	0,10	1,44	0,97
TD 44	-0,02	0,47	-0,19	0,15	0,801	0,16	2,29	0,90
TD 45	-0,13	0,74	-0,40	0,14	0,311	0,27	3,64	0,70
TD 46	0,12	0,63	-0,11	0,35	0,265	0,23	2,09	0,84
LAS	-0,36	1,23	-0,81	0,09	0,105	0,49	0,69	0,99
LAI	-0,53	2,82	-1,56	0,50	0,275	1,04	1,69	0,95

DODS	-0,02	3,20	-1,19	1,15	0,970	1,10	---	0,88
DODI	-0,27	4,24	-1,82	1,28	0,703	1,47	---	0,66
ICS	-0,27	3,29	-1,47	0,93	0,622	1,14	3,47	0,90
ICI	-0,93	3,72	-2,29	0,43	0,157	1,44	5,87	0,70
IMS	-0,49	2,44	-1,38	0,40	0,245	0,91	1,82	0,94
IMI	-0,04	3,40	-1,28	1,20	0,944	1,17	2,71	0,77
BOLTON A	0,30	2,44	-0,59	1,19	0,464	0,86	1,10	0,89
BOLTON T	-0,03	1,45	-0,55	0,50	0,904	0,49	0,53	0,92

*p<0,05; **p<0,01; ***p<0,001

Tabla 5.4. Diferencia de medidas, IC 95%, t-test para muestras dependientes (p-valor) y estimadores del error inter-examinador del método Escáner: d de Dahlberg, coeficiente de variación (CV) y coeficiente de correlación intraclase (CCI)

En la tabla 5.4, se observa que las diferencias medias presentan una tendencia general a ser negativas; pero no tan marcada ni en tantos parámetros como para el caso anterior. Dado que se está comparando la 1ª medición del examinador nº 1 con la 1ª del nº 2, se podría deducir que el examinador nº 1 presentó una cierta inclinación a medir ‘menos de lo debido’ en su primera sesión (tanto respecto a su 2ª sesión como a los datos del 2º examinador). Sin embargo, todos los intervalos de confianza para las diferencias medias contienen al cero, esto es, el sesgo, si existe, es inapreciable:

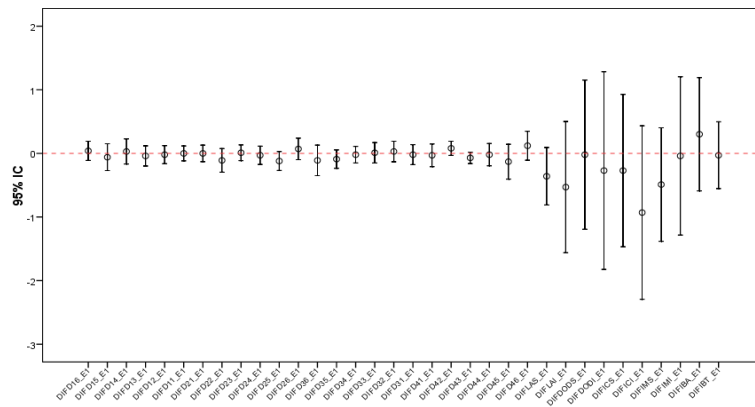


Figura 5.5. Intervalos del estadístico d de Dahlberg

Un detalle importante es que los intervalos son ahora más anchos respecto al estudio intraexaminador, debido a la reducción del tamaño muestral. Sólo por esta razón, incluso a igualdad de desviaciones estándar, será más difícil excluir al cero y encontrar significancia. La potencia del test t se ha reducido.

La d de Dahlberg toma valores también inferiores a 0,25 mm para la mayoría de medidas dentarias. Para las longitudes y anchuras los valores se mantienen por debajo de 1,50 mm, un rango aceptable. Las medidas indirectas, discrepancias e índices de Bolton, por debajo de 1 mm.

Obsérvese en la figura 5.6 la distribución de valores del estadístico d de Dahlberg en los 34 parámetros analizados:

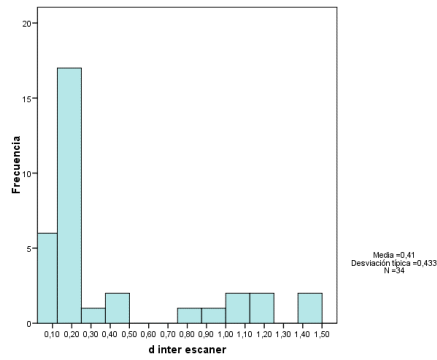


Figura 5.6. Distribución de valores del dato estadístico d de Dahlberg los 34 parámetros analizados

En términos relativos, el coeficiente de variación CV está por debajo del 3,0% para la mayoría de los parámetros. Para los tamaños dentarios, sólo para TD45 se supera el 3,5%. Las mediciones de longitudes y anchuras presentan CV bastante bajos: 0,69% y 1,69% respectivamente la superior e inferior. Hay una cierta desviación en las anchuras intercaninas: son el 1º y 3º parámetro con más CV del conjunto de 34. Para los índices de Bolton, las cifras obtenidas 1,10% y 0,53% pueden considerarse de una muy alta reproducibilidad.

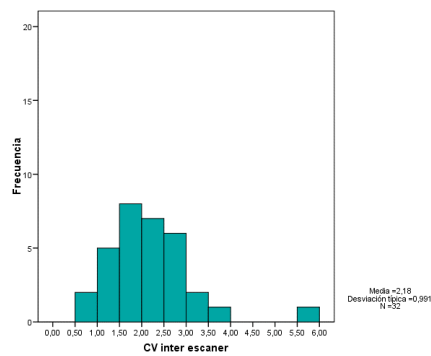


Figura 5.7. Distribución de los valores del CV en los 34 parámetros examinados

Por último, coeficiente de correlación intraclass (CCI) , para el que se han obtenido valores siempre superiores a 0,65 y no son excepcionales los mayores a 0,90. La repetitividad es bastante alta.

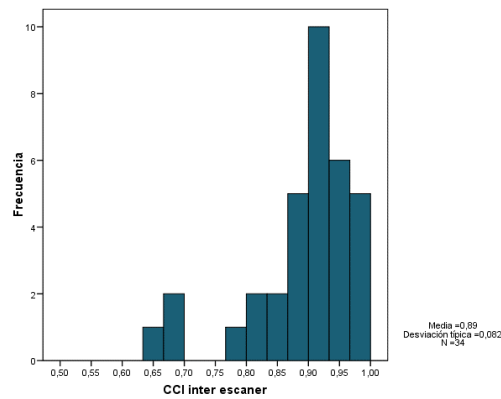


Figura 5.8. Distribución de los valores del Coeficiente de Correlación Intraclass (CCI)

Como conclusión final, se acepta un grado de reproducibilidad interexaminador bastante alto. De hecho, no se detecta una pérdida de reproducibilidad respecto al estudio intraexaminador, lo cual defendería la idea de que el sistema de medición es ciertamente independiente de los operadores que participaron.

5.3. REPRODUCIBILIDAD INTRAEXAMINADOR DEL MÉTODO MANUAL

A continuación seguimos con el análisis de los datos obtenidos de los 34 parámetros analizados, en este caso por un mismo operador y siguiendo el método manual.

	Diferencia 1ª – 2ª medida		Intervalo de confianza 95% para la diferencia		p-valor	d Dahlberg	CV (%)	CCI
	Media	DE	Lím. Inf.	Lím. Sup.				
TD 16	0,04	0,39	-0,07	0,14	0,486	0,20	1,92	0,65
TD 15	-0,03	0,19	-0,09	0,02	0,224	0,10	1,50	0,97
TD 14	0,01	0,23	-0,06	0,07	0,812	0,12	1,67	0,91
TD 13	0,03	0,19	-0,02	0,08	0,210	0,10	1,30	0,94
TD 12	0,03	0,31	-0,05	0,11	0,416	0,14	2,09	0,93
TD 11	0,01	0,23	-0,05	0,07	0,783	0,11	1,33	0,95
TD 21	0,09	0,31	0,02	0,17	0,016*	0,16	1,81	0,90
TD 22	0,02	0,27	-0,05	0,09	0,536	0,14	1,99	0,94
TD 23	0,00	0,27	-0,07	0,07	0,925	0,13	1,73	0,93
TD 24	0,02	0,15	-0,03	0,06	0,412	0,08	1,19	0,97
TD 25	-0,01	0,12	-0,04	0,02	0,372	0,06	0,86	0,99
TD 26	-0,06	0,27	-0,12	0,01	0,110	0,13	1,35	0,93
TD 36	-0,05	0,15	-0,10	-0,01	0,024*	0,09	0,88	0,98
TD 35	-0,03	0,23	-0,10	0,03	0,262	0,12	1,64	0,93
TD 34	-0,05	0,23	-0,11	0,01	0,106	0,11	1,61	0,93
TD 33	-0,06	0,27	-0,13	0,01	0,082	0,14	2,03	0,89
TD 32	-0,01	0,15	-0,06	0,03	0,540	0,08	1,43	0,93
TD 31	-0,03	0,15	-0,07	0,01	0,132	0,08	1,47	0,92
TD 41	-0,01	0,19	-0,06	0,04	0,624	0,09	1,69	0,88
TD 42	-0,02	0,12	-0,06	0,01	0,216	0,06	1,10	0,96
TD 43	-0,02	0,19	-0,06	0,03	0,497	0,09	1,26	0,96
TD 44	0,04	0,19	-0,02	0,09	0,186	0,11	1,55	0,92
TD 45	0,00	0,27	-0,08	0,07	0,919	0,15	2,06	0,89
TD 46	0,06	0,23	-0,01	0,12	0,109	0,13	1,26	0,94
LAS	0,33	1,94	-0,18	0,83	0,194	0,97	1,37	0,92
LAI	-0,70	2,32	-1,29	-0,10	0,023*	1,21	1,99	0,88
DODS	0,16	2,13	-0,38	0,71	0,547	1,02	---	0,90

DODI	-0,49	2,32	-1,10	0,11	0,107	1,18	---	0,80
ICS	-0,37	1,51	-0,77	0,02	0,063	0,78	2,40	0,92
ICI	-0,59	1,20	-0,89	-0,28	0,001**	0,71	2,86	0,94
IMS	-0,54	1,74	-0,99	-0,09	0,021*	0,92	1,88	0,93
IMI	-0,80	1,20	-1,10	-0,49	<0,001***	0,80	1,89	0,92
BOLTON A	-0,63	2,01	-1,15	-0,11	0,019*	1,06	1,34	0,79
BOLTON T	-0,36	1,78	-0,82	0,10	0,119	0,89	0,97	0,56

*p<0,05; **p<0,01; ***p<0,001

Tabla 5.5. Diferencia de medidas, IC 95%, t-test para muestras dependientes (p-valor) y estimadores del error intraexaminador del método Manual: d de Dahlberg, coeficiente de variación (CV) y coeficiente de correlación intraclase (CCI)

Las diferencias medias que alcanzan la significatividad estadística corresponden a 7 parámetros (también eran 7; pero diferentes, con el escáner). En 6 de ellos vuelve a observarse la tendencia a medir algo menos la 1ª vez.

Hay involucrados 2 diámetros dentarios (TD21 y TD36); pero el resto son dimensiones más generales: la longitud de arcada inferior, casi todas las anchuras, incluso el Bolton anterior. En todas ellas, excepto la relativa al incisivo, se midió más en la 2ª sesión que en la 1ª.

En conclusión, el error sistemático afecta a la misma cantidad de parámetros que con el escáner (no demasiados, un 20% del total); pero aquí, con el manual, se concentra fuera de los tamaños mesiodistales.

Obsérvese el intervalo de confianza al 95% para las diferencias medias a lo largo de todos los parámetros:

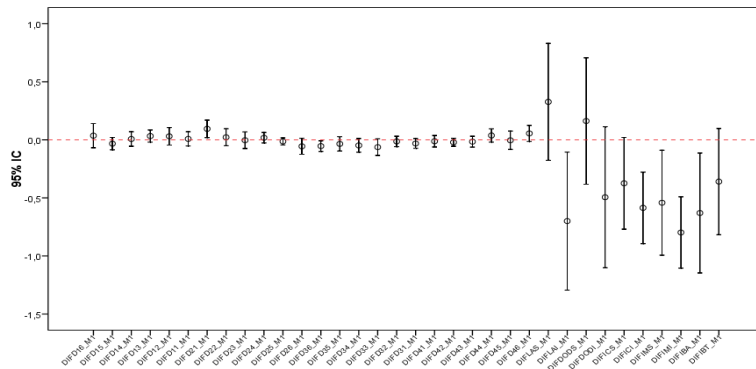


Figura 5.9. Intervalos del estadístico d de Dahlberg

En la figura 5.9, el estadístico d de Dahlberg toma valores inferiores a 0,20 mm para todas las medidas dentarias: cifras bastante bajas. Para el resto de medidas no supera los 1,21 mm. Todos estos números son algo inferiores a los que se obtuvieron con el método escáner.

Obsérvese la distribución de valores del estadístico d en los 34 parámetros analizados:

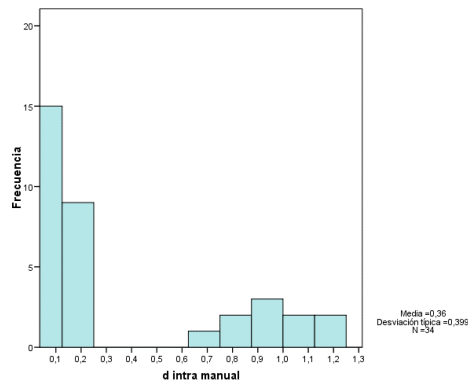


Figura 5.10. Distribución de valores del dato estadístico d de Dahlberg los 34 parámetros analizados

El error del método (coeficiente de variación CV) por debajo del 2,0% para la mayoría de los parámetros.

Para los tamaños dentarios, lo habitual es el rango 1,5-2,0%. Las mediciones de longitudes: 1,37% y 1,99%. Las anchuras caninas, 2,40% y 2,86%; las molares por debajo del 2%.

Para los índices Bolton, las cifras obtenidas 1,34% y 0,97% pueden interpretarse de una bastante alta reproducibilidad.

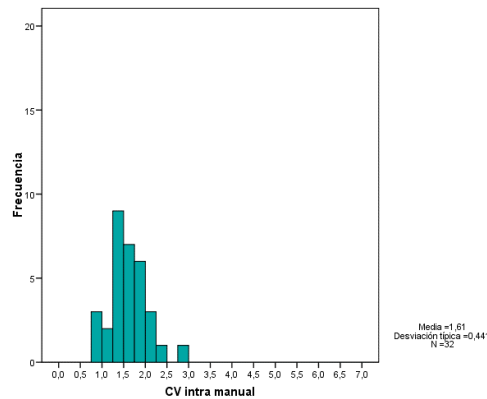


Figura 5.11. Distribución de los valores del CV en los 34 parámetros examinados

La tabla también aporta el coeficiente de correlación intraclase (CCI). A excepción del TD16, prácticamente todos los tamaños dentarios presentan CCI superiores a 0,90. Las longitudes, anchuras, discrepancias y los índices de Bolton anterior entre 0,80 y 0,90; pero para el índice de Bolton total se obtiene un valor 0,56, nivel moderado de reproducibilidad.

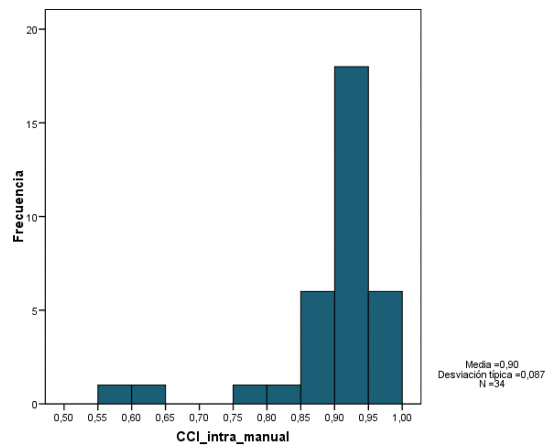


Figura 5.12. Distribución de los valores del Coeficiente de Correlación Intraclase (CCI)

Se acepta un grado de reproducibilidad intraexaminador bastante alto. Sólo para algunas medidas generales (no diámetros mesiodistales) se percibe un cierto sesgo de medición; pero el conjunto de indicadores son de alta calidad.

5.4. REPRODUCIBILIDAD INTEREXAMINADOR DEL MÉTODO MANUAL

La siguiente tabla presenta los estadísticos básicos para la diferencia de las dos mediciones (examinador nº 1 – nº 2), así como los relativos al error del método:

	Diferencia 1º – 2º experto		Intervalo de confianza 95% para la diferencia		p-valor	d Dahlberg	CV (%)	CCI
	Media	DE	Lim. Inf.	Lim. Sup.				
TD 16	0,19	0,55	0,00	0,39	0,050	0,23	2,23	0,79
TD 15	0,08	0,66	-0,16	0,32	0,472	0,23	3,35	0,83
TD 14	0,16	0,58	-0,05	0,37	0,125	0,23	3,22	0,70
TD 13	0,13	0,33	0,01	0,25	0,040*	0,15	1,90	0,93
TD 12	0,10	0,30	-0,01	0,21	0,080	0,12	1,79	0,95
TD 11	0,09	0,33	-0,03	0,21	0,138	0,13	1,47	0,95
TD 21	0,19	0,44	0,03	0,35	0,023*	0,20	2,33	0,87
TD 22	0,14	0,30	0,02	0,25	0,026*	0,15	2,11	0,94
TD 23	0,05	0,25	-0,04	0,14	0,223	0,09	1,23	0,97
TD 24	-0,02	0,41	-0,17	0,13	0,792	0,14	2,00	0,88
TD 25	-0,06	0,52	-0,26	0,13	0,470	0,19	2,73	0,91
TD 26	-0,13	0,93	-0,47	0,21	0,420	0,33	3,35	0,71
TD 36	0,01	0,77	-0,27	0,29	0,931	0,26	2,45	0,80
TD 35	-0,08	0,36	-0,20	0,05	0,210	0,13	1,76	0,92
TD 34	-0,06	0,47	-0,23	0,11	0,418	0,17	2,29	0,84
TD 33	0,10	0,44	-0,07	0,26	0,223	0,17	2,46	0,90
TD 32	0,07	0,41	-0,08	0,22	0,319	0,15	2,54	0,78
TD 31	0,01	0,27	-0,10	0,11	0,917	0,10	1,84	0,93
TD 41	0,04	0,19	-0,04	0,11	0,299	0,07	1,37	0,95
TD 42	0,02	0,55	-0,18	0,22	0,816	0,19	3,16	0,75
TD 43	0,08	0,41	-0,07	0,23	0,278	0,15	2,19	0,92
TD 44	-0,14	0,27	-0,24	-0,04	0,013*	0,13	1,92	0,92
TD 45	0,11	0,36	-0,02	0,24	0,095	0,15	2,00	0,89
TD 46	0,02	0,33	-0,11	0,14	0,763	0,12	1,07	0,94
LAS	0,17	2,38	-0,69	1,04	0,661	0,82	1,15	0,97
LAI	-0,63	2,46	-1,53	0,27	0,148	0,96	1,55	0,96
DODS	-0,67	2,22	-1,49	0,14	0,093	0,90	---	0,90
DODI	-0,77	1,73	-1,40	-0,14	0,022*	0,80	---	0,87

ICS	-0,56	2,22	-1,37	0,25	0,153	0,86	2,61	0,93
ICI	-0,40	1,53	-0,96	0,16	0,141	0,60	2,44	0,97
IMS	0,29	2,57	-0,66	1,23	0,509	0,91	1,84	0,95
IMI	-0,43	2,11	-1,21	0,34	0,236	0,79	1,84	0,92
BOLTON A	-0,49	2,03	-1,23	0,25	0,169	0,77	0,99	0,86
BOLTON T	-0,72	1,86	-1,40	-0,04	0,041*	0,82	0,89	0,62

*p<0,05; **p<0,01; ***p<0,001

Tabla 5.6. Diferencia de medidas, IC 95%, t-test para muestras dependientes (p-valor) y estimadores del error inter-examinador del método Manual: d de Dahlberg, coeficiente de variación (CV) y coeficiente de correlación intraclass (CCI)

Algunas diferencias medias son significativamente no nulas (esto no sucedía en ningún caso con el método escáner). Se lee en la tabla anterior que algunos tamaños (TD13, 21, 22 y 44) se miden diferentes por el 2º operador; también la DODI y el índice de Bolton total más elevados por el 2º. Los p-valores obtenidos con el t-test no son excesivamente bajos; pero es remarcable esta tendencia que no se encontraba con el escáner:

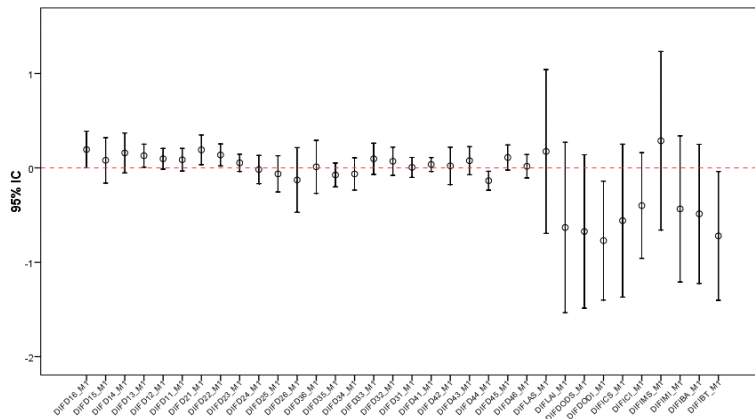


Figura 5.11. Intervalos del estadístico d de Dahlberg

La d de Dahlberg toma valores también inferiores a 0,25 mm para la mayoría de medidas dentarias. Para las longitudes y anchuras los valores se mantienen por debajo de 1 mm, una cota bastante aceptable.

Obsérvese la distribución de valores del estadístico d en los 34 parámetros analizados.

En términos relativos, el coeficiente de variación CV por debajo del 3,0% para la mayoría de los parámetros.

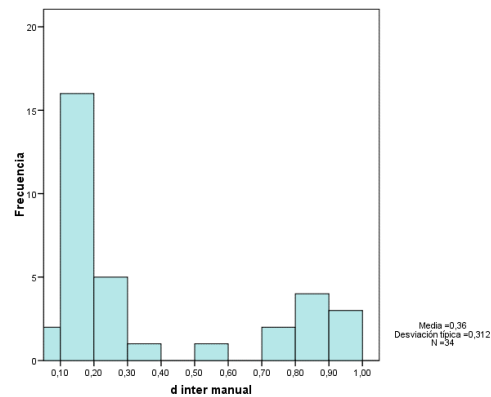


Figura 5.12. Distribución de valores del dato estadístico d de Dahlberg los 34 parámetros analizados

Para los tamaños dentarios, 4 de ellos (TD15, 14, 26 y 42) superan esa cota.

Las mediciones de longitudes: 1,15% y 1,55% y las anchuras en torno al 2%.

Para los índices de Bolton, las cifras obtenidas 0,99% y 0,89% pueden considerarse de una muy alta reproducibilidad.

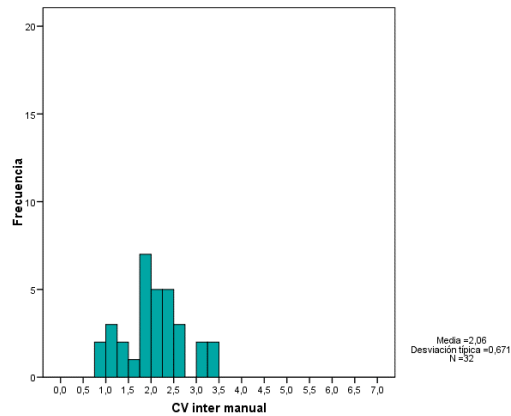


Figura 5.13. Distribución de los valores del CV en los 34 parámetros examinados

Por último, coeficiente de correlación intraclase, para el que se han obtenido valores siempre superiores a 0,70, a excepción del índice de Bolton total 0,62 (ya se apreciaba cierto error aleatorio en el estudio intraexaminador).

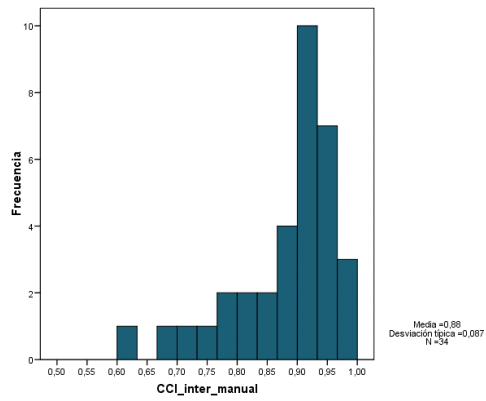


Figura 5.14. Distribución de los valores del Coeficiente de Correlación Intraclase (CCI)

Como conclusión final, podríamos decir que se acepta un grado de reproducibilidad interexaminador bastante alto del método manual y que quizás los detalles más interesantes son la detección de más error sistemático que con el escáner.

5.5. ANÁLISIS COMPARATIVO DE LA REPRODUCIBILIDAD ENTRE EL MÉTODO MANUAL Y EL MÉTODO ESCÁNER

La siguiente tabla presenta el coeficiente de variación medio para las dos técnicas utilizadas, tanto a nivel intraexaminador como interexaminador:

		ESCÁNER	MANUAL
INTRA	TD	2,50	1,53
	LA	1,59	1,68
	DO	---	---
	IC	1,95	2,63
	IM	1,37	1,89
	BOLTON	0,95	1,16
	INTER	TD	2,17
INTER	LA	1,19	1,35
	DO	---	---
	IC	4,67	2,52
	IM	2,27	1,84
	BOLTON	0,82	0,94

Tabla 5.7. Coeficiente de variación (CV) medio para diferentes grupos de tamaño de medidas.

A nivel intraexaminador, el método manual se revela como el más reproducible para los tamaños dentarios. Pero el escáner lo es para el resto de medidas generales.

Cuando se comparan con los resultados interexaminador, el aumento del error es prácticamente inexistente a excepción de las anchuras (intercanina e intermolar) para el escáner.

En cualquier caso, notar que casi todos los CV medios, en ambos métodos, están por debajo del 2,5%, lo que puede clasificarse como una bastante alta reproducibilidad.

Si se sintetiza aún más, calculando el CV medio general, tenemos:

	ESCÁNER	MANUAL
INTRA	2,24	1,61
INTER	2,19	2,06

Tabla 5.8. Coeficiente de variación (CV) medio para el total de medidas.

La interpretación de estos datos diría que dentro del gran nivel de ambos métodos, el escáner es ligeramente menos reproducible; pero también se resiente menos de la participación de varios expertos en las mediciones.

Veamos los resultados para el CCI (más sensible al error aleatorio que al sistemático):

		ESCÁNER	MANUAL
INTRA	TD	0,84	0,92
	LA	0,90	0,90
	DO	0,79	0,85
	IC	0,96	0,93
	IM	0,94	0,93
	BOLTON	0,83	0,68
INTER	TD	0,90	0,87
	LA	0,97	0,97
	DO	0,77	0,89
	IC	0,80	0,95
	IM	0,86	0,94
	BOLTON	0,90	0,74

Tabla 5.9. Coeficiente de correlación intraclass (CCI) medio para diferentes grupos de tamaño de medidas.

A nivel intraexaminador, el método manual se revela como el más reproducible para los tamaños dentarios y las discrepancias. Pero el escáner lo es para el resto de medidas generales, con gran ventaja en lo que respecta al índice de Bolton.

Para el interexaminador, el manual es más reproducible sobre todo en discrepancias y el escáner sobre todo en el índice de Bolton.

En cualquier caso, notar que casi todos los CCI medios, en ambos métodos, están por encima del 0,75-0,80, lo que puede clasificarse también como una bastante alta reproducibilidad. La mayor excepción son los índices de Bolton con el manual.

Si se sintetiza aún más, calculando el CCI medio general, tenemos:

	ESCÁNER	MANUAL
INTRA	0,85	0,90
INTER	0,89	0,88

Tabla 5.10. Coeficiente de correlación intraclass (CCI) medio para el total de medidas.

Por tanto, dentro del gran nivel de ambos métodos, el escáner es ligeramente menos reproducible a nivel intraexaminador pero también es cierto que se penaliza menos por la entrada de un 2º operador, aunque con una diferencia poco significativa.

5.6. ANÁLISIS DE LA VALIDEZ DE LA TÉCNICA ESCÁNER FRENTE A LA TÉCNICA MANUAL

Se estudia ahora, la validez del método escáner frente al método manual, que se considera el “Gold Standard”, en un proceso que consta de 2 etapas:

- i. En primer lugar, la comparación entre métodos de los promedios de los diferentes parámetros determinará si el escáner válido (si mide lo que tiene que medir, es decir, lo que mide el manual). Si los promedios son distintos, puede sugerirse un posible error sistemático.

- ii. En segundo lugar, las dimensiones se agruparán en diferentes grupos mediante modelos de regresión y se comprobará, no sólo la ausencia de sesgo, sino también la falta de linealidad (posible variación del mismo a lo largo del rango completo de valores del parámetro).

Todo ello conducirá a aceptar o no la validez del escáner.

Se generan, a continuación, las diferencias entre la medida manual con respecto a escáner, según el formato habitual:

	Diferencia Escáner – Manual		Intervalo de confianza 95% para la diferencia		p-valor
	Media	DE	Lím. Inf.	Lím. Sup.	
TD 16	-0,16	0,46	-0,28	-0,04	0,011*
TD 15	-0,06	0,50	-0,18	0,07	0,342
TD 14	0,08	0,35	-0,02	0,17	0,100
TD 13	0,03	0,35	-0,05	0,12	0,420
TD 12	0,08	0,50	-0,05	0,21	0,201
TD 11	0,03	0,31	-0,05	0,11	0,509
TD 21	-0,01	0,39	-0,10	0,09	0,864
TD 22	0,01	0,50	-0,12	0,14	0,854
TD 23	-0,09	0,39	-0,19	0,01	0,075
TD 24	-0,15	0,58	-0,29	0,00	0,042*
TD 25	0,07	0,46	-0,04	0,19	0,209
TD 26	0,07	0,39	-0,04	0,17	0,191
TD 36	0,07	0,35	-0,03	0,16	0,154
TD 35	0,04	0,39	-0,06	0,14	0,447
TD 34	0,02	0,39	-0,08	0,12	0,649
TD 33	-0,03	0,43	-0,13	0,08	0,613
TD 32	0,02	0,35	-0,07	0,11	0,698
TD 31	-0,03	0,23	-0,10	0,03	0,328
TD 41	-0,06	0,31	-0,14	0,02	0,159
TD 42	0,00	0,31	-0,09	0,08	0,907
TD 43	-0,07	0,31	-0,15	0,01	0,090
TD 44	0,10	0,35	0,00	0,19	0,037*
TD 45	0,02	0,39	-0,09	0,12	0,751
TD 46	0,13	0,39	0,04	0,23	0,007**
LAS	0,58	2,01	0,06	1,10	0,029*
LAI	0,97	3,83	-0,02	1,96	0,054
DODS	0,59	1,86	0,11	1,07	0,017*
DODI	0,97	3,60	0,03	1,90	0,044*
ICS	0,02	1,63	-0,39	0,44	0,906
ICI	-0,34	2,25	-0,91	0,24	0,244
IMS	-0,44	2,25	-1,02	0,14	0,131
IMI	0,09	2,13	-0,46	0,64	0,745
BOLTON A	-0,46	2,56	-1,12	0,20	0,163
BOLTON T	0,32	1,86	-0,17	0,80	0,194

*p<0,05; **p<0,01; ***p<0,001

Tabla 5.11. Diferencia de medidas Escáner - Manual, IC 95% y t-test para muestras dependientes (p-valor)

Obsérvese en la tabla 5.11, cómo algunas diferencias medias son significativamente no nulas.

- A nivel de tamaños dentarios, 2 de ellas son bastante relevantes: las del molar superior e inferior del lado derecho de la boca. En el 16, el escáner tiende a medir algo menos que el manual; en el 46 lo contrario.

Las otras 2, aunque también significativas, con menos fuerza, implican a 2 primeros premolares (24 y 44) de lados y arcadas opuestas. Para el 24, el escáner mide menos que el manual y para el 44 lo contrario.

Aunque para el 23 y el 43 hay también una tendencia, de modo general puede afirmarse que los errores sistemáticos hallados son más una excepción que una regla.

- En las longitudes de arcada y las discrepancias oseodentarias, el análisis está detectando también diferencias significativas entre escáner y método manual. Concretamente, las dimensiones están sobre-estimadas con el escáner respecto al método manual.
- Por el contrario, para anchuras y valores del índice de Bolton, se obtienen resultados similares con ambos métodos.

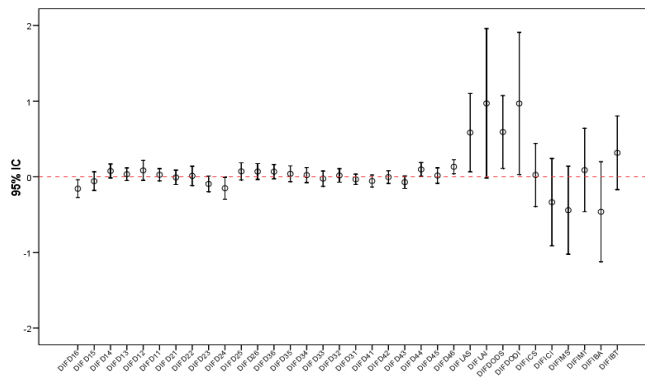


Figura 5.15. Intervalos del estadístico d de Dahlberg

Se han estimado 6 modelos de regresión lineal para definir la correlación lineal entre medidas obtenidas en el escáner y manualmente:

- Medidas de tamaños dentarios
- Medidas de longitud de arcada, en arcada superior e inferior
- Medidas de discrepancia oseodentaria superior e inferior
- Medidas anchuras canina y molar superior e inferior
- Índice de Bolton anterior y total
- Todas las medidas conjuntamente

MODELO 1: TAMAÑOS DENTARIOS

En el siguiente gráfico se confrontan 1440 pares de medidas correspondientes a los 24 dientes de los 60 individuos. La línea continua (azul) es la recta de regresión estimada por el modelo y explicada a continuación. La discontinua es la diagonal principal

donde la coordenada horizontal es igual a la vertical y representaría la concordancia perfecta entre métodos.

Véase cómo las dos líneas se solapan literalmente, sugiriendo la validez del método escáner:

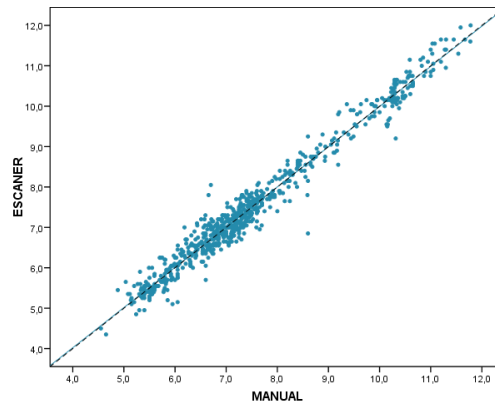


Figura 5.16. Modelo de regresión entre los tamaños dentarios del método escáner y manual

	R ²	Pendiente [IC 95%]	Constante [IC 95%]
Modelo 1: tamaños dentarios	0,968	0,995 [0,982 1,008]	0,043 [-0,059 0,144]

Tabla 5.12. Resultados modelo de regresión entre medidas de tamaños dentarios del Escáner respecto a Manual: valor R², pendiente y constante e intervalos de confianza al 95%

Se expresaría mediante la ecuación...

$$\text{escáner} = 0,043 + 0,995 \text{ manual}$$

...la cual es prácticamente la diagonal principal $\text{escáner} = \text{manual}$
Los intervalos de confianza estimados por el modelo concluirán si el coeficiente 'constante' 0,043 puede considerarse nulo y el coeficiente 'pendiente' puede considerarse nulo. En efecto, los intervalos contienen los valores 0 y 1 respectivamente, por lo que se concluye la ausencia general de sesgo y la concordancia entre ambos métodos. El escáner, para medidas de tamaños dentarios, se acepta como método válido.

Resaltar que parece una conclusión coherente con los análisis sobre las diferencias de medias a partir de la tabla 5.11.

La misma estrategia de análisis se seguirá para el resto de grupos de variables.

MODELO 2: LONGITUDES DE ARCADA

Se representan los 120 pares de medidas para las longitudes de arcada superior e inferior:

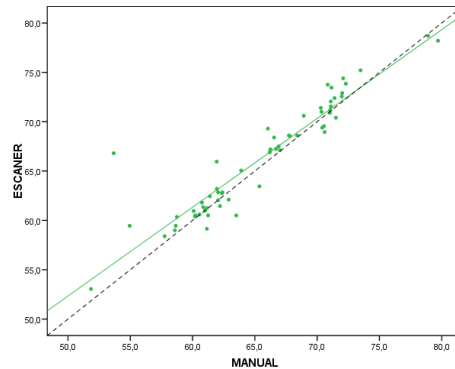


Figura 5.17. Modelo de regresión entre las longitudes de arcada del método escáner y manual

Obsérvese cómo la línea de regresión está por encima de la recta teórica $y=x$ y, además, con una pendiente ligeramente distinta. A priori, esta observación coincide con el resultado antes mencionado de una sobreestimación del escáner.

	R^2	Pendiente [IC 95%]	Constante [IC 95%]
Modelo 2: longitudes de arcada	0,871	0,900 [0,809 0,991]	7,348 [1,363 13,33]

Tabla 5.13. Resultados modelo de regresión entre medidas de longitudes de arcada del Escáner respecto a Manual: valor R^2 , pendiente y constante e intervalos de confianza al 95%

A la vista de los intervalos, ni la pendiente puede aceptarse como 1, ni la constante como 0. Es decir, el escáner sobre-estima longitudes y tanto más para individuos donde estas dimensiones son pequeñas. En rangos entre 70 y 75 mm se consigue un mayor acercamiento.

MODELO 3: DISCREPANCIAS ÓSEODENTARIAS

Se representan los 120 pares de medidas correspondientes:

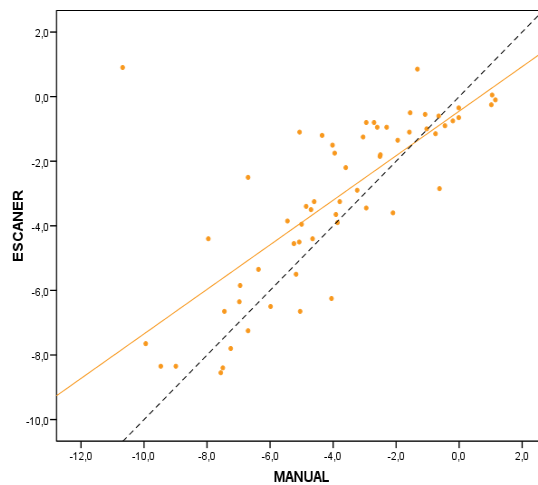


Figura 5.18. Modelo de regresión entre las discrepancias óseo dentarias del método escáner y manual

Al igual que antes, la línea de regresión está por encima de la diagonal principal. También esta observación coincide con el resultado antes mencionado de una sobreestimación del escáner. Dado que una discrepancia se calcula como diferencia entre la longitud y la suma de una serie de tamaños dentarios, si se ha demostrado la validez para éstos últimos, la discrepancia ‘heredará’ el problema de la inexactitud sobre las longitudes.

	R ²	Pendiente [IC 95%]	Constante [IC 95%]
Modelo 3: discrepancias oseodentarias	0,548	0,690 [0,525 0,854]	-0,449 [-1,250 0,351]

Tabla 5.14. Resultados modelo de regresión entre medidas de discrepancias oseodentarias del Escáner respecto a Manual: valor R², pendiente y constante e intervalos de confianza al 95%

Se rechaza la hipótesis nula de pendiente igual a 1, esto es, el sesgo cambia conforme nos desplazamos por el rango de posibles valores de la discrepancia. Para individuos con discrepancias bajas-muy bajas, el sesgo es máximo y apunta a sobre-estimación del escáner.

MODELO 4: ANCHURAS INTERCANINAS E INTERMOLARES

A partir de los resultados de la tabla 5.11, es razonable integrarlas en el mismo modelo. Esto es, se representan 240 pares de medidas:

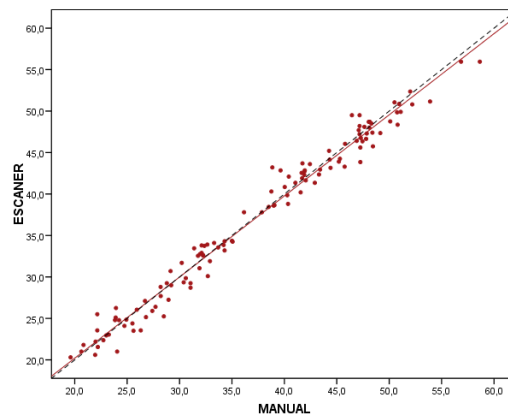


Figura 5.19. Modelo de regresión entre las anchuras intercaninas e intermolares del método escáner y manual

El gráfico muestra dos líneas prácticamente superpuestas, compatible con la hipótesis de concordancia entre medidas y validez del escáner.

	R^2	Pendiente [IC 95%]	Constante [IC 95%]
Modelo 4: anchuras	0,979	0,978 [0,952 1,005]	0,644 [-0,371 1,659]

Tabla 5.15. Resultados modelo de regresión entre medidas de anchuras del Escáner respecto a Manual: valor R^2 , pendiente y constante e intervalos de confianza al 95%

Los intervalos contienen a las respectivas referencias 1 y 0, y se concluye la validez del escáner para este grupo de parámetros.

MODELO 5: ÍNDICES DE BOLTON

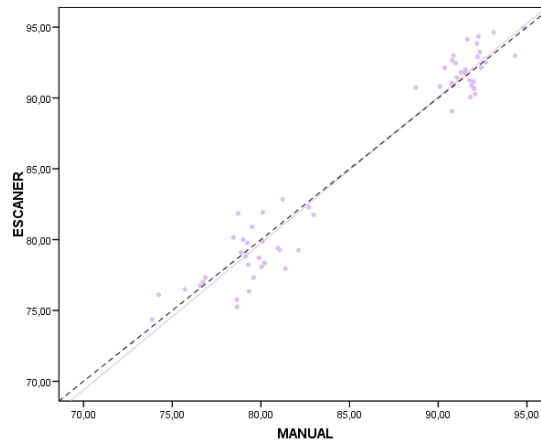


Figura 5.20. Modelo de regresión entre los índices de Bolton del método escáner y manual

El gráfico muestra, también para los índices de Bolton, dos líneas prácticamente coincidentes, hecho compatible con la hipótesis de concordancia entre medidas y validez del escáner.

	R ²	Pendiente [IC 95%]	Constante [IC 95%]
Modelo 5: índices de Bolton	0,949	1,034 [0,971 1,098]	-3,014 [-8,423 2,396]

Tabla 5.16. Resultados modelo de regresión entre medidas del índice de Bolton del Escáner respecto a Manual: valor R², pendiente y constante e intervalos de confianza al 95%

Los intervalos de pendiente y constante incluyen respectivamente al 1 y al 0, por lo que se aceptará la validez del método escáner.

MODELO 6: TODOS LOS PARÁMETROS

Como síntesis de los distintos subanálisis de validez, se presenta un modelo conjunto estimado a partir de todos los parámetros:

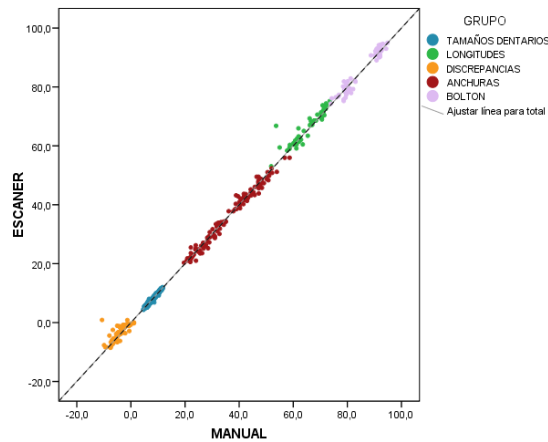


Figura 5.21. Modelo de regresión entre el total de medidas del método escáner y manual

	R ²	Pendiente [IC 95%]	Constante [IC 95%]
Modelo 6: todas las medidas	0,998	1,000 [0,997 1,002]	0,073 [-0,005 0,150]

Tabla 5.17. Resultados modelo de regresión entre el total de medidas del Escáner respecto a Manual: valor R², pendiente y constante e intervalos de confianza al 95%

La correlación estimada es casi perfecta ($R^2=0,998$), lo cual no es condición suficiente para aceptar la validez del escáner. Sin embargo, véanse valores de pendiente 1,000 y constante 0,073, y sus respectivos intervalos que permiten concluir de forma general la validez del método escáner, a pesar de las diferencias puntuales a nivel de longitudes y discrepancias.

Téngase en cuenta en este modelo el gran peso que tienen los resultados de las medidas de tamaños dentarios, que suponen 720 del total de 1020 pares (70,5%).

6

DISCUSIÓN

Las nuevas tecnologías, y su irrupción en el campo de la Odontología, ha propiciado múltiples cambios en las técnicas y procesos de tratamiento que se llevan de manera cotidiana en la clínica dental. Uno de estos avances, como se viene exponiendo durante todo el trabajo, es el escáner intraoral, y su uso más concretamente en el campo de la Ortodoncia.

Dicha tecnología ofrece un campo nuevo de actuación en la práctica clínica diaria, entre otros, el análisis de modelos de estudio ortodóncico utilizados para determinar un correcto diagnóstico y desarrollar un plan de tratamiento personalizado.

El método escáner para el estudio de las dimensiones y las arcadas dentales, permite una vez obtenido el modelo digital del paciente, realizar diferentes mediciones de manera rápida y sencilla, entre otras ventajas. A pesar de ello, como es de suponer, también existen ciertas desventajas o limitaciones que se pretenden exponer y analizar en el siguiente apartado.

6.1. VENTAJAS Y LIMITACIONES DEL MÉTODO ESCÁNER

En primer lugar, y como todo método que comienza a instaurarse, la toma de impresiones con un escáner intraoral consta de una curva de aprendizaje, ya superada durante los años de formación graduada en lo que se refiere a las impresiones convencionales, pero todavía en la fase inicial del proceso para el método escáner. Esto significa según autores como Grünheid et al. (2014), Patzelt et al. (2014) y Aragón et al. (2016), una mayor inversión de tiempo, al menos inicialmente, independientemente del tipo de escáner utilizado.

Dentro de este primer punto, habría que resaltar, que los autores si que difieren en sus estudios con respecto al tiempo que ocupa la toma de impresiones una vez superada la curva de aprendizaje en función del modelo de escáner intraoral utilizado para las mismas, además, la discusión según señala Wiranto et al. (2013), es si se debe incluir el tiempo de laboratorio para la obtención del modelo físico, como tiempo de trabajo, dado que aquí los tiempos de escaneado del escáner intraoral y de la impresiones convencionales más su posterior procesado se igualan.

Por otro lado y aunque todavía existe una falta de estudios al respecto, dada la velocidad con la que avanza la tecnología, todo parece indicar que las últimas generaciones de los escáneres nombrados en este trabajo, si que reducen considerablemente los tiempos de sus predecesores.

Otro de los aspectos importantes que puede limitar, al menos de momento, la expansión en el uso de los escáner intraorales es sin duda la inversión económica que se ha de llevar a cabo tanto para la adquisición del equipo como para el uso y mantenimiento de este tipo de tecnología, algo que varía de manera considerable en función del modelo de escáner intraoral adquirido. Además la imposibilidad de toma de impresiones de manera simultánea es otro de los aspectos a resolver para la generalización de este tipo de dispositivos, ya que las impresiones convencionales, permiten que diferentes operadores tomen impresiones a diferentes pacientes en el mismo momento. Esto, a día de hoy, es inviable con el método escáner intraoral, haciéndolo actualmente un método menos eficiente desde el punto de vista económico si lo comparamos con las impresiones de alginato convencionales tal y como indica en su revisión de 2016, Aragón et al.

Por otro lado, tal y como explican Flügge et al. en su estudio de 2013 sobre la precisión de escáner iTero®, la punta de la cámara de captura para la toma de las impresiones digitales, en ocasiones impide por su tamaño o el poco espacio disponible, la captura y/o barrido de toda la superficie de la arcada dental, especialmente en los segmentos posteriores, reduciendo la calidad y extensión de la imagen obtenida. Otro aspecto interesante de este artículo es que remarca la falta de trabajos “in-vivo” sobre el escáner intraoral, puesto que la mayoría de estudios presentes en la literatura se realizaron sobre modelos de estudio, no se recogiendo los posibles problemas clínicos que pueden aparecer con su uso clínico, como el anteriormente citado. Además también se explica que la precisión del escáner (en función de la marca y modelo, unos más que otros) se puede ver afectada por las condiciones del medio oral, como la saliva, coronas y/o brackets, la movilidad de la lengua o el pequeño campo operatorio, son los ejemplos citados en este trabajo.

Habría que añadir en este apartado, que aunque existen programas informáticos de acceso libre (como el utilizado en este trabajo (OrthoCAD®), se requiere de un software específico y unos conocimientos mínimos de informática para poder utilizar el método escáner, algo que puede hacer que su implantación sea más lenta especialmente en las generaciones con una sistemática de trabajo más arraigada y menos informatizada.

Pero a pesar de todas las limitaciones enumeradas anteriormente, el método escáner presenta ciertas ventajas con respecto a la técnica manual como algunos autores han descrito en la literatura y que se enumerarán a continuación.

Trabajos como los publicados por Burhardt et al. (2016); Schepke et al. (2015); Yuzbasioglu et al. (2014); Farah y Brown (2009), indican que el método escáner intraoral es la técnica preferida por el paciente, gracias a la ausencia de pastas de impresión en este sistema, al menor reflejo de arcadas, facilidad de respiración y menor ansiedad, aunque también es cierto que esto no ha sido refrendado por todos los estudios que encontrados, puesto que algunos investigadores han afirmado precisamente lo contrario (Grünheid et al., 2014; Aragón et al., 2016) si bien es cierto que en cada uno de los estudios se utilizaron diferentes escáneres y ésta, además del operador en cuestión, podrían ser las causas fundamentales en la opinión expresada por los pacientes. También cabe destacar que en los estudios donde la preferencia eran las impresiones convencionales, no se dice que el escáner intraoral no sea más cómodo, simplemente que no es el método elegido por los pacientes por ser más lento o complejo de usar. Otra de las posibles causas de los diferentes resultados obtenido en el estudio de Burhardt et al. (2016) podría ser que se realizó en niños de 10-17 años, los cuales

pueden tener mayor predilección por aquello que es novedoso, eligiendo por tanto el escáner intraoral como método de elección para la toma de impresiones.

El almacenamiento de los modelos digitales, en un espacio muy reducido, el proceso de obtención, evitando la necesidad de vaciado, las posibilidades de recuperación y duplicación de modelos tantas veces como sea necesario, y el envío de los mismos de manera inmediata a través de la red, si que parecen ser ventajas evidentes del método escáner que aúnan opiniones positivas entre todos los autores revisados (Aragon et al., 2016; Akyalcin et al., 2013; Nedelcu et al., 2014).

Además, el uso de un programa informático para la medición de los modelos digitales obtenidos, y la posibilidad de poder desde el mismo programa exportar dichos datos a una hoja Excel, o bien, almacenarlos directamente desde el propio software para su posterior revisión y archivo, hacen que el método escáner pueda ayudar a la hora de almacenar y recopilar datos de pacientes de manera sencilla y ordenada, tanto a nivel clínico como en el campo investigador.

6.2. VALIDEZ DEL MÉTODO ESCÁNER

En este apartado se analiza la validez del método escáner respecto al método manual convencional. Para ello antes de comenzar con el análisis cualitativo de los resultados, se definirá el término “validez” que aunque pueda considerarse un sinónimo de “exactitud”, difiere de éste al considerarse la “validez” el término más general, restringiendo “exactitud” a la comparación con el “Gold Standard” y llamando “concordancia” o “conformidad” a la similitud cuando no hay “Gold Standard”.

Se estudia la validez utilizando test t para comparar medias del método escáner frente al manual, es decir, buscando sesgos. También se hacen regresiones para saber si ese sesgo es no lineal, es decir, ser más importante cuando se miden variables grandes o pequeñas.

Las variables respuesta estudiadas en la investigación son los tamaños dentarios y las diferentes dimensiones de las arcadas dentarias: longitudes y distancias, todas ellas consideradas medidas directas.

Además, se han calculado medidas indirectas, como son las discrepancias óseo-dentarias superior e inferior y los índices de Bolton anterior y total.

Para estudiar la validez del método escáner, se tomaron como referencia los valores de las mediciones realizadas con el método manual, considerado como el “Gold Standard”, en un proceso que consta de 2 etapas:

1. En primer lugar, la comparación entre métodos de los promedios de los diferentes parámetros determinará si el método escáner es válido (si mide lo que tiene que medir, es decir, lo que mide el manual). Si los promedios son distintos, puede sugerirse un posible error sistemático.
2. En segundo lugar, las dimensiones se agruparán en diferentes grupos mediante modelos de regresión y se comprobará, no sólo la ausencia de sesgo, sino también la falta de linealidad (posible variación del mismo a lo largo del rango completo de valores del parámetro).

Para completar el análisis de la validez o concordancia se confrontan los resultados obtenidos con la técnica escáner respecto a la técnica manual mediante un modelo de regresión, en el que se estimarán los intervalos de confianza para los coeficientes. Si el intervalo de la constante contiene al 0 y el de la pendiente al 1, puede aceptarse que la bisectriz es la recta de ajuste ideal (ESCANER=MANUAL) y, en consecuencia, el escáner es válido.

Todo ello conducirá a aceptar o no la validez del método escáner.

La primera de las mediciones que vamos a discutir es el tamaño mesiodistal de los dientes, ya que constituye la base principal de nuestro trabajo.

A nivel de tamaños dentarios, existen dos diferencias entre las mediciones de ambos métodos bastante relevantes: las del molar superior e inferior del lado derecho de la boca. En el 16, el escáner tiende a medir algo menos que el manual; en el 46 lo contrario.

Las otras dos diferencias existentes, aunque también significativas, con menos fuerza, implican a 2 primeros premolares (24 y 44) de lados y arcadas opuestas. Para el 24, el escáner mide menos que el manual y para el 44 lo contrario.

Aunque para el 23 y el 43 hay también una tendencia, de modo general puede afirmarse que los errores sistemáticos hallados son más una excepción que una regla.

La explicación a estas variaciones, ocurridas también algunas de ellas en el estudio de Naidu y Freer del año 2013, apuntan a que las rotaciones presentes en dientes redondos, como pueden ser los

molares, superiores habitualmente, premolares y caninos, hacen que con el método escáner, al no tener una barrera física para posicionar los puntos de medición, se produzcan variaciones significativas desde el punto de vista estadístico, tal y como les ocurrió a ellos mismos, en la comparación de ambos métodos. Por otro lado y de la misma forma que en su estudio, las menores variaciones se produjeron en los dientes incisivos, ya fueran superiores o inferiores, que a pesar de poder o no estar rotados, tienen anatómicamente una mayor facilidad para la localización y medición de los diámetros mesiodistales.

Por lo que respecta a los intervalos de confianza estimados por el modelo, concluirán si el coeficiente 'constante' 0,043 puede considerarse nulo y el coeficiente 'pendiente' 0,095 puede considerarse nulo. Los intervalos contienen los valores 0 y 1 respectivamente, por lo que se concluye la ausencia general de sesgo y la concordancia entre ambos métodos. El escáner, para medidas de tamaños dentarios, se acepta como método válido.

La misma estrategia de análisis se seguirá para el resto de grupos de variables.

Por lo que respecta a las longitudes de arcada, cuando comparamos los resultados obtenidos mediante el método manual con aquellos

que hallamos con el método escáner, ni la pendiente puede aceptarse como 1, ni la constante como 0. Es decir, el escáner sobreestima longitudes y todavía más para individuos donde estas dimensiones son pequeñas. En rangos entre 70 y 75 mm se consigue un mayor acercamiento. En una revisión de trabajos científicos similares, encontramos que Mullen et al. (2007) también vieron diferencias significativas en este parámetro cuando comparan medidas tomadas en modelos de escayola con medidas realizadas sobre modelos digitales, con una sobreestimación de los modelos digitales de 1.5mm. Algo similar ocurrió en el caso de Rechlich et al., en 2008, en este caso comparando mediciones realizadas sobre modelos digitales obtenidos con escáneres de sobremesa con las mismas mediciones sobre esos mismos modelos en escayola. Schirmer y Wiltsire (1997) explicaron estos cambios y los atribuyeron a la dificultad de medir modelos en 3D en una pantalla de ordenador que únicamente genera imágenes en 2D. Años después, Leifert et al. (2009) hicieron una afirmación parecida, asegurando que la interpretación de las estructuras anatómicas para la determinación de la longitud de arcada en una visualización 2D del modelo digital es mucho más compleja que en un modelo físico, algo que también señaló Wiralto et al., en 2013.

Teniendo en cuenta los dos datos analizados hasta el momento, el tercer dato que queremos analizar serían las discrepancias oseodentarias, donde la línea de regresión está por encima de la diagonal principal, siendo $R^2=0,548$ y coincidiendo con el resultado antes mencionado de una sobreestimación del escáner.

Dado que una discrepancia se calcula como diferencia entre la longitud y la suma de una serie de tamaños dentarios, si se ha demostrado la validez para éstos últimos, la discrepancia “heredará” el problema de la inexactitud sobre las longitudes.

Se rechaza la hipótesis nula de pendiente igual a 1 (0,525 0,854), esto es, el sesgo cambia conforme nos desplazamos por el rango de posibles valores de la discrepancia, quiere decir que para individuos con discrepancias bajas/muy bajas, el sesgo es máximo y apunta a sobreestimación del escáner.

Otra de las medidas directas analizadas son las anchuras intercaninas e intermolares de las arcadas dentarias, para estas anchuras, intermolar e intercanina, el modelo de regresión ($R^2= 0,979$) da unos datos en los que la pendiente contiene el 1 (0,952 1,005) y constante al 0 (-0,371 1,659) y por tanto se concluye la validez del escáner para este grupo de parámetros.

Para la última de las medidas indirectas que vamos a analizar mediante el modelo de regresión ($R^2= 0,998$), los índices de Bolton, los intervalos de pendiente (0,971 1,098) y constante (8,423 2,396) incluyen respectivamente al 1 y al 0, por lo que se aceptará la validez del método escáner.

Resumiendo lo expuesto anteriormente en función de las mediciones estudiadas veríamos que en las longitudes de arcada y las discrepancias oseodentarias, el análisis está detectando diferencias significativas entre método escáner y método manual. Concretamente, las dimensiones están sobreestimadas con el escáner intraoral respecto al método manual algo que también ocurre a autores como Mullen et al. (2007), Rechlich et al. (2008), Cuperus et al. (2012), Naidu et al. (2013). Es decir, en aquellos trabajos donde existían diferencias significativas estadísticamente, siempre el escáner tendía a sobreestimar en dichas mediciones con respecto a los modelos de escayola.

Naidu y Freer (2013) intentaron buscar explicaciones para estas diferencias existentes entre el método manual y el método escáner y describieron las siguientes:

1. No hay una barrera física en los modelos digitales por lo que el operador tiende a medir el diámetro máximo del diente en las mediciones al colocar las referencias para la medición sin ningún tipo de barrera física como ocurre con el calibrador manual.
2. La dificultad para captar de manera correcta los puntos de contacto hace que el algoritmo del escáner tenga que “suponer” una serie de información que puede producir pequeñas variaciones en la posición de las referencias tomadas.
3. El software informático OrthoCAD®, tiene múltiples visualizaciones, que permiten en función de la experiencia del operador posicionar mejor o peor las referencias.
4. Los modelos físicos pueden modificar su volumen por la contracción del alginato previo al vaciado.
5. Existe una curva de aprendizaje para el uso del programa informático que hace que aunque los operadores se encuentren cómodos con el uso del software al tratarse de una herramienta poco utilizada todavía sea más inexacta que el método manual.

Por el contrario, para anchuras mesiodistales de los dientes y valores del índice de Bolton, se obtienen resultados similares con ambos métodos.

Como síntesis de los distintos subanálisis de validez, hacemos un análisis conjunto para conocer la validez de todas las medidas halladas con el método escáner y compararlas de esta manera con aquellas obtenidas con el método manual, y consideradas como referencia. En este análisis observamos que la correlación estimada es casi perfecta ($R^2=0,998$), lo cual no es condición suficiente para aceptar la validez del escáner. Sin embargo, los valores de pendiente 1,000 y constante 0,073, y sus respectivos intervalos, permiten concluir de forma general la validez del método escáner, a pesar de las diferencias puntuales a nivel de longitudes y discrepancias. Otros autores como Akyalcin et al., en 2013 y Jacob et al., en 2015 encontraron valores de correlación muy similares (0.926 0.999).

Como consideración téngase en cuenta en este modelo conjunto el gran peso que tienen los resultados de las medidas mesiodistales de tamaños dentarios, que suponen 1015 del total de 1440 pares (70,49%).

Añadir como reflexión final que el problema principal por tanto de concordancia que se encuentra en las mediciones directas son las longitudes de arcada, que además lastran las mediciones indirectas de las discrepancias oseodentarias.

6.3. REPRODUCIBILIDAD DEL MÉTODO ESCÁNER

De la misma manera que en el apartado anterior, previo al análisis y discusión de los resultados obtenidos en el estudio, definiremos el concepto de “reproducibilidad”, y hemos de saber que “reproducibilidad”, “fiabilidad” o precisión, son sinónimos y su objetivo es ver si un método u operador reproduce las medidas en condiciones idénticas. La “reproducibilidad” se centra en ver si hay un error aleatorio en el método.

Si medimos la reproducibilidad intraexaminador, se suele llamar repetitividad (o reliability, en algunos artículos en inglés).

Si medimos la reproducibilidad interexaminador, se suele llamar reproducibilidad simplemente (reproducibility).

A nivel intraexaminador

Por ejemplo, se lee que para el tamaño del diente 16, en la 1ª sesión de medición se mide, en promedio, 0,05 mm menos que en la 2ª. Cuanto más próxima a cero están media y desviación estándar, más reproducible es el proceso de medición.

La tendencia a medir más en la 2ª sesión parece repetirse en la mayoría del resto de parámetros (las diferencias medias suelen ser

negativas). Para concluir sobre este punto, se aporta el intervalo de confianza al 95% y se aplica un test t de medidas repetidas.

Por ejemplo, para el tamaño de la pieza 22, el IC 95% para la diferencia media es (-0,18 -0,01), que no contiene al 0 y que significa aceptar la existencia de un sesgo significativo, por escaso margen ($p=0,034$). Otras 4 piezas (36, 35, 34, 43) exhiben un error sistemático leve. En 2013, en un artículo muy similar publicado Wiralto et al., consideraron clínicamente insignificantes diferencias menores de 0,2mm en los tamaños dentales.

Más notable es, sin embargo, el referido a las longitudes de arcada, longitud de arcada superior (LAS) y longitud de arcada inferior (LAI) ($p=0,004$). En la 2ª sesión se midió hasta 0,61 y 0,86 mm más respectivamente que en la 1ª. Esto concuerda con lo encontrado por Jacob, Wyatt y Buschang, ya que en su trabajo publicado en 2015 observaron como las longitudes de arcada eran una de las medidas con mayor sesgo entre ambas mediciones con un error de ± 0.48 mm. El estadístico d de Dahlberg toma valores inferiores a 0,25 mm para la mayoría de medidas dentarias. Se trata de una estimación del error absoluto y son cifras razonablemente bajas. Schirmer y Wiltshire en 1997 afirmaron que a pesar de poder ser significativos, valores error menores de 0,20mm no eran clínicamente significativos. Estos resultados coinciden con los encontrados en la bibliografía con cifras

similares (-0.10 a 0.25mm) en los trabajos de Naidu et al., en 2009 y Grünheid, McCarthy y Larson en el año 2014. El hecho de que en algunos casos los resultados obtenidos puedan ser mejores que los nuestros podría ser debido a que en la mayoría de estos artículos, a diferencia del presente, realizan las impresiones de escaneado sobre un modelo “in-vitro”, y tal y como afirmaron Flügge et al. (2013) el escáner iTero es más preciso en el escaneado extraoral que en el realizado dentro de la boca, puesto que factores como la saliva, la movilidad de la lengua o la inclinación de la cámara de captación pueden influir en el modelo final obtenido.

Para las longitudes de arcada y discrepancias oseodentarias, los valores pueden elevarse hasta 1,30 mm; pero en relación a la magnitud de lo que se mide, también más que aceptables. Se reducen, de nuevo, para las anchuras y los índices de Bolton por debajo de 1 mm.

Todo ello se traduce, en términos relativos, es decir, cuando se compara con la magnitud de lo que se está midiendo, en valores del error del método coeficiente de variación (CV) por debajo del 2,5% para la mayoría de los parámetros.

Para los tamaños dentarios, se encuentra algún valor más dispar (como 6,69% para el diente 2.5, coherente con un $d=0,46$). Como es

un hecho aislado, puede ser el resultado simplemente de un eventual error en la transcripción final de los números sobre del fichero Excel®. Pero en general estar por debajo del 2,5% es lo habitual.

Las mediciones de longitudes de arcada y anchuras mesiodistales presentan CV incluso más bajos, por debajo del 2% a excepción de la ICI (2,44%).

No se ha calculado el CV para las discrepancias: son variables con valores pequeños, generalmente variables en torno al cero, a lo que el indicador es muy sensible y pierde su significado y utilidad.

Para los índices de Bolton, las cifras obtenidas 1,19% y 0,71% pueden considerarse de una bastante alta reproducibilidad.

En general, y como síntesis de este apartado, todas las cifras pueden interpretarse como de alta reproducibilidad.

Por último, se analiza el coeficiente de correlación intraclase (CCI), otro indicador del grado de concordancia entre las dos evaluaciones. Autores como Fleiss (1981) consideran que CCI superiores a 0,75 son significativos de una excelente reproducibilidad y se han obtenido valores siempre superiores a 0,70 y no son excepcionales los mayores

a 0,90, lo que corrobora que estamos ante un error intraclase bastante bajo, esto quiere decir que la repetitividad es bastante alta.

Podríamos extraer en base a los valores de los diferentes indicadores, que existe un grado de reproducibilidad intraexaminador bastante alto, de la misma manera que ya han confirmado otras fuentes (Naidu, Freer. 2013; Patzelt, Lamprino y Att., 2014; Jacob, Wyatt y Buschang., 2015; Aragon et al., 2016). Sólo para las longitudes de arcada se destacaría un cierto sesgo en la doble medición.

A nivel interexaminador

Las diferencias medias presentan una tendencia general a ser negativas; pero no tan marcada ni en tantos parámetros como en el caso intraexaminador. Dado que se está comparando la 1ª medición del examinador nº 1 con la 1ª del nº 2, se podría deducir que el examinador nº 1 presentó una cierta inclinación a medir 'menos de lo debido' en su primera sesión (tanto respecto a su 2ª sesión como a los datos del 2º examinador). Esto fuera tal vez, debido todavía a una falta de destreza con la técnica escáner de medición, algo que no le ocurrió al segundo examinador, al ser instruido por el primero y después de realizar un ensayo previo no incluido en la muestra.

Sin embargo, todos los intervalos de confianza para las diferencias medias contienen al cero, esto es, el sesgo, si existe, es inapreciable a nivel estadístico.

La d de Dahlberg toma valores también inferiores a 0,25 mm para la mayoría de medidas dentarias. Lo que concordaría con el trabajo de Wiranto et al. de 2013, donde encontraban unas diferencias de entre -0.24 a 0.07 para las mediciones realizadas por diferentes operadores de los modelos obtenidos con escáner intraoral, en este caso el LAVA C.O.S y asegurando que ninguna de estas diferencias eran significativas con respecto a las obtenidas en las mediciones con los modelos de escayola.

Para las medidas directas como, longitudes de arcada y anchuras dentales los valores se mantienen por debajo de 1,50 mm, un rango aceptable.

Las medidas indirectas, tales como las discrepancias oseodentarias e índices de Bolton, por debajo de 1 mm. En el caso de Wiranto et al. (2013) las diferencias iban incluso hasta el 1.5mm utilizando el escáner intraoral LAVA C.O.S, pero consideraron que aunque significativas desde el punto de vista estadístico, eran clínicamente insignificantes.

En términos relativos, el coeficiente de variación CV se encuentra por debajo del 3,0% para la mayoría de los parámetros.

Para los tamaños dentarios, sólo para la pieza 4.5 supera el 3,5%.

Las mediciones de longitudes y anchuras presentan CV bastante bajos: 0,69% y 1,69%, superior e inferior respectivamente.

Hay una cierta desviación en las anchuras intercaninas: son el 1º y 3º parámetro con más CV del conjunto de 34.

Para los índices de Bolton, las cifras obtenidas 1,10% y 0,53% pueden considerarse de una muy alta reproducibilidad.

Por último, coeficiente de correlación intraclase, para el que se han obtenido valores siempre superiores a 0,65 y no son excepcionales los mayores a 0,90. La repetitividad es bastante alta.

Como conclusión final, se acepta un grado de reproducibilidad interexaminador bastante alta. De hecho, no se detecta una pérdida de reproducibilidad respecto al estudio intraexaminador, lo cual defendería la idea de que el sistema de medición es ciertamente independiente de los operadores que participaron.

6.4. COMPARACIÓN DE LA REPRODUCIBILIDAD CON LOS DOS MÉTODOS DE MEDIDA EN LA DETERMINACIÓN DE LAS MEDIDAS DIRECTAS E INDIRECTAS

A nivel intraexaminador, el método manual se revela como el más reproducible para los tamaños dentarios.

Cuando se comparan con los resultados interexaminador, el aumento del error es prácticamente inexistente a excepción de las anchuras, intercanina e intermolar, para el escáner.

En cualquier caso, notar que casi todos los coeficiente de variación (CV) medios, en ambos métodos, están por debajo del 2,5%, lo que puede clasificarse como una bastante alta reproducibilidad.

Es decir, dentro del gran nivel de ambos métodos, el escáner es ligeramente menos reproducible.

Para el interexaminador, el manual es ligeramente más reproducible, especialmente en discrepancias óseodentarias y el escáner sobre todo en el índice de Bolton.

En cualquier caso, notar que casi todos los coeficientes de correlación intraclase (CCI) medios, en ambos métodos, están por encima del 0,75-0,80, lo que puede clasificarse también como una bastante alta

reproducibilidad. La mayor excepción son los cálculos del índice de Bolton con el método manual.

Es decir, dentro del gran nivel de ambos métodos, el escáner es ligeramente menos reproducible a nivel intraexaminador, esto se explicaría porque probablemente la falta de experiencia especialmente en la primera medición con el método escáner, incluso tras el ensayo previo, llevó a una mayor desviación en la primera medición respecto a los valores reales. Por otro lado, cabría destacar, que ninguno de los dos métodos, se penalizan por la entrada de un 2º operador.

6.5. LIMITACIONES DEL ESTUDIO

De modo crítico hemos analizado nuestro trabajo y observado que una de las principales limitaciones de este estudio es la comparación de dos métodos de medición con diferentes grados de experiencia en cada uno de ellos. Mientras que el método manual, es utilizado de manera cotidiana tanto a nivel clínico como experimental, en el método escáner, al tratarse de un sistema novedoso y poco utilizado, se ha de superar una curva de aprendizaje que ya se encuentra sobrepasada en el primero de los casos. Esto hace que, posibles desviaciones reflejadas en el método escáner no sean tales o al menos propias del método, sino más bien de los operadores en cuestión, que a pesar de un entrenamiento previo, difícilmente podrán llegar a los niveles de destreza que poseen con el método manual tras años llevándolo a cabo de manera cotidiana.

Otra de las cuestiones criticables es que, aunque las impresiones están tomadas a partir de un mismo escáner intraoral, como es el iTero® (Cadent®), en el proceso de medición interviene otro programa informático que puede darnos cierta distorsión en el proceso de medición, por la destreza del operador en su uso, y no reflejar de manera fidedigna el comportamiento real del escáner en la medición de los tamaños dentarios.

Además, aunque únicamente intervinieron dos operadores en las mediciones efectuadas, es cierto, que tanto las impresiones con el escáner intraoral como las convencionales con alginato, fueron tomadas por diferentes operadores, que aunque se les presupone cierta destreza y experiencia al tratarse de alumnos del programa de posgrado de especialización en Ortodoncia, pueden existir diferencias significativas en cuanto a sus habilidades, especialmente en aquellas impresiones tomadas mediante escáner intraoral, puesto que se iniciaron o superaron su curva de aprendizaje con la realización de dichas impresiones.

CONCLUSIONES

Las conclusiones de este estudio a cerca de la validez y reproducibilidad del escáner intraoral son las siguientes:

1. Se acepta la validez general del método escáner para la medición de parámetros dentales comparándolo con el método manual ó “Gold Standard”.
2. La concordancia máxima entre ambos métodos se obtuvo en la medición de tamaños mesiodistales de los dientes.
3. La concordancia mínima se obtuvo en la medición de longitudes de arcada y discrepancias oseodentarias, donde la tendencia del método escáner ha sido a sobreestimar los valores respecto a los obtenidos con el método manual.
4. La reproducibilidad de ambos métodos puede calificarse de bastante alta, tanto desde el punto de vista del componente sistemático como aleatorio del error.

5. Para la reproducibilidad intraexaminador, el método manual se revela como ligeramente más reproducible que el escáner, especialmente para las discrepancias óseodentarias.

6. En cuanto a la reproducibilidad interexaminador, los resultados del método escáner son ligeramente menos reproducibles que los del método manual, aunque cabría destacar que ninguno de los dos métodos se penaliza por la entrada de un segundo operador.

BIBLIOGRAFÍA

Akyalcin S, Cozad BE, English JD, Colville CD, Laman S. Diagnostic accuracy of impression-free digital models. *Am J Orthod.* 2013; 144: 916–922.

Aragon MLC, Pontes LF, Bichara LM, Flores-Mir C, Normando D. Validity and reliability of intraoral scanners compared to conventional gypsum models measurements: A systematic review. *Eur J Orthod.* 2016; 38 (4): 429-434.

Beazley WW. Assessment of mandibular arch length discrepancy utilizing an individualized arch form. *Angle Orthod.* 1971; 41: 45-54.

Birnbaum NS, Aaronson HB, Steven C, Cohen B. 3D digital scanners: a high-tech approach to more accurate dental impressions. *Inside Dent.* 2009; 5: 70-74.

Birnbaum NS, Aaronson HB. Dental impressions using 3D digital scanners: virtual becomes reality. *Compend Contin Educ Dent.* 2008; 29: 494-496, 498-505.

Bolton WA. The clinical application of a tooth-size analysis. *Am J Orthod.* 1962; 48: 504-529.

Bolton WA. Disharmony in tooth size and its relation to the analyses and treatment of malocclusion. *Angle Orthod.* 1958; 28 (3): 113-130.

Bravo LA, Plasencia E. Sobre la toma de decisiones clínicas en Ortodoncia. *Rev Esp Ortod.* 1998; 28: 235-245.

Brown A, Scarfe W, Scheetz J, Silveira A, Farman A. Linear Accuracy of Cone Beam CT Derived 3D Images. *Angle Orthod.* 2009; 79: 150–157.

Burhardt L, Livas C, Kerdijk W, Van der Meer WJ, Ren Y. Treatment comfort, time perception, and preference for conventional and digital impression techniques: A comparative study in young patients. *Am J Orthod.* 2016; 150(2): 261–267.

Canut JA. *Ortodoncia clínica y terapéutica.* 2001. Ed.Masson.

CEREC3: operating instructions for the acquisition unit. 2004.

Sirona The Dental Company, Bensheim, Germany. Cohen, JT. 1940.

Cohen JT. Growth and development of the dental arches in children. *J Am Dent Assoc.* 1940; 27: 1250-1260.

Costalos PA, Sarraf K, Cangialosi TJ, Efstratiadis S. Evaluation of the accuracy of digital model analysis for the American Board of Orthodontics objective grading system for dental casts. *Am J Orthod.* 2005; 128(5): 624-629.

Crosby DR, Alexander DG. The occurrence of tooth size discrepancies among different malocclusion groups. *Am J Orthod.* 1989; 95: 457-461.

De Luca Canto G, Pachêco-Pereira C, Lagravere MO, Flores-Mir C, Major PW. Intra-arch dimensional measurement validity of laser-scanned digital dental models compared with the original plaster models: a systematic review. *Orthod Craniofac Res.* 2015; 18: 65–76.

Dekock WH. Dental arch depth and width studied longitudinally from 12 years of age to adulthood. *Am J Orthod.* 1972; 62: 56-66.

Farah JW, Brown L. Comparison of the fit of crowns based on digital impressions with 3M ESPE lava chairside oral scanner C.O.S. vs. traditional impressions. *Dent Adv Res Report.* 2009; 22: 1-3.

Fleiss JL. *Statistical methods for rates and proportions.* New York: Wiley. 1981.

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.

Flügge TV, Schlager S, Nelson K, Nahles S, Metzger MC. Precision of intraoral digital dental impressions with iTero and extraoral digitization with the iTero and a modelscanner. *Am J Orthod.* 2013; 144, 471–478.

Galhano GA, Pellizer EP, Mazaro JV. Optical impression system for CAD-CAM restorations. *J Craniofac Surg.* 2012;23:e575-579.

Garg AK. Cadent iTero's digital system for dental impressions: the end of trays and putty? *Dent Implantol Update.* 2008; 19:1-4.

Geran RG, McNamara JA Jr, Baccetti T, Franchi L, Shapiro LM. A prospective long-term study on the effects of rapid maxillary expansion in the early mixed dentition. *Am J Orthod.* 2006; 129: 631-640.

Glassman S. Digital impressions for the fabrication of aesthetic ceramic restorations: a case report. *Pract Proced Aesthet Dent.* 2009; 21:60-64.

González-Cuesta J, Plasencia E. Estudio biométrico de la dentición permanente en una muestra de población maloclusiva. Parte II. Resultados odontométricos. *Rev Esp Ortod.* 1994;24:49-57.

Grünheid T, McCarthy SD, Larson BE. Clinical use of a direct chairside oral scanner: an assessment of accuracy, time, and patient acceptance. *Am J Orthod.* 2014; 146: 673–682.

Jacob HB, Wyatt GD, Buschang PH. Reliability and validity of intraoral and extraoral scanners. *Prog Orthod.* 2015; 16: 38.

Jung YR, Park JM, Chun YS, Lee KN, Kim M. Accuracy of four different digital intraoral scanners: effects of the presence of orthodontic bracket. *Int J Comput Dent.* 2016; 19(3): 203-215.

Kachalia PR, Geissberger MJ. Dentistry a la carte: in-office CAD-CAM technology. *J Calif Dent Assoc.* 2010; 38: 323-330.

Keene HJ. Mesiodistal crowns diameters of permanent teeth in male American Negroes. *Am J Orthod.* 1979; 76: 95-99.

Keim RG, Gottlieb EL, Vogels III DS, Vogels, PB. JCO study of orthodontic diagnosis and treatment procedures, part1: results and trends. *J Clin Orthod.* 2014; 48: 607–630.

Kim J, Heo G, Lagravère MO. Accuracy of laser-scanned models compared to plaster models and cone-beam computed tomography. *Angle Orthod.* 2014; 84: 443–450.

Kim JH, Kim KB, Kim WC, Kim JH, Kim HY. Accuracy and precision of polyurethane dental arch models fabricated using a three-dimensional subtractive rapid prototyping method with an intraoral scanning technique. *Korean J Orthod.* 2014; 44: 69–76.

Knott V. Longitudinal study of dental arch widths at four stages of dentition. *Angle Orthod.* 1972; 42: 387-394.

Lanuza A. Análisis biométrico de las arcadas en relación con el desarrollo de la dentición. Tesis doctoral. Universidad de Valencia. 1990.

Lee SJ, Gallucci GO. Digital vs. conventional implant impressions: Efficiency outcomes. *Clin Oral Implants Res.* 2013; 24(1): 111–115.

Lee SJ, Macarthur IV RX, Gallucci GO. An evaluation of student and clinician perception of digital and conventional implant impressions. *J Prosthet Dent.* 2013; 110(5): 420–423.

Leifert MF, Leifert MM, Efstratiadis SS, Cangialosi TJ. Comparison of space analysis evaluations with digital models and plaster dental casts. *Am J Orthod.* 2009; 136(1): 16.e1-4; discussion 16.

Logozzo S, Franceschini G, Kilpela A, Caponi M, Governi L, Blois L. A comparative analysis of intraoral 3D digital scanners for restorative dentistry. *Int J Med Tech.* 2011; 5(1).

Macías AB, Romero M, Crego A. The perception of facial aesthetics in a young Spanish population. *Eur J Orthod.* 2012; 34: 335–339.

Mills L. Arch width, arch length and tooth size in young adult males. *Institute Dent Research.* 1964; 34: 124-129.

Moorrees CFA, Thomsen SO, Jensen E, Yen PK. Mesiodistal Crown diameters of the deciduous and permanent teeth in individuals. *J Dent Res.* 1957; 36: 39-47.

Moorrees CFA. The dentition of the growing child. A longitudinal study of dental development between 3 and 18 years of age. Harvard University Press. Cambridge. Massachusetts, pp.245. 1959.

Mullen SR, Martin CA, Ngan P, Gladwin M. Accuracy of space analysis with emodels and plaster models. *Am J Orthod.* 2007; 132: 346–352.

Musich DR, Ackerman JL. The catenometer. A reliable for estimating dental arch perimeter. *Am J Orthod.* 1973; 63: 366-375.

Naidu D, Scott J, Ong D, Ho CT. Validity, reliability and reproducibility of three methods used to measure tooth widths for Bolton analyses. *Aust Orthod J*. 2009; 25: 97–103.

Nance NH. The limitation of Orthodontic treatment I. Mixed dentition diagnosis and treatment. *Am J Orthod*. 1947; 33: 177-223.

Nedelcu RG, Persson AS. Scanning accuracy and precision in 4 intraoral scanners: an in vitro comparison based on 3-dimensional analysis. *J Prosthet Dent*. 2014; 112, 1461–1471.

Okunami TR, Kusnoto B, BeGole E, Evans CA, Sadowsky C, Fadavi S. Assessing the American Board of Orthodontics objective grading system: Digital vs. plaster dental casts. *Am J Orthod*. 2007; 131(1): 51-56.

Paredes V. Desarrollo de un método digital para la medición y predicción de tamaños dentarios: Aplicaciones para determinar alteraciones en el índice de Bolton. Tesis doctoral. Universidad de Valencia. 2003.

Patzelt SB, Lamprinos SS, Att W. The time efficiency of intraoral scanners: an in vitro comparative study. *J Am Dent Assoc*. 2014; 145: 542–551.

Paulino V. Estudio comparativo de las características de las arcadas dentarias entre tres grupos de edad: adolescentes, adultos jóvenes y adultos. Tesis doctoral. Universidad de Valencia. 2009.

Peluso MJ, Sd J, Levine SW, Lorei BJ. Digital models: an introduction. *Semin Orthod*. 2004; 10: 226–238.

Proffit WR. *Ortodoncia: Teoría y práctica*. Madrid: Mosby-Doyma. 1994.

Quimby ML, Vig KWL, Rashid RG, Firestone AR. The accuracy and reliability of measurements made on computer-based digital models. *Angle Orthod*. 2004; 74(3): 298–303.

Redlich M, Weinstock T, Abed Y, Schneur R, Holdstein Y, Fischer A. A new system for scanning, measuring and analyzing dental casts based on a 3D holographic sensor. *Orthod Craniofac Res*. 2008; 11: 90–95.

Rheude B, Sadowsky PL, Ferriera A, Jacobson A. An evaluation of the use of digital study models in orthodontic diagnosis and treatment planning. *Angle Orthod*. 2005; 75: 300–304.

Sanin C, Savara BS. An analysis of permanent mesiodistal crown size. *Am J Orthod*. 1971; 59: 488-500.

Santoro M, Galkin S, Teredesai M, Nicolay O, Cangialosi T. Comparison of measurements made on digital plaster models. *Am J Orthod.* 2003; 124: 101-105.

Shapiro PA. Mandibular dental arch form and dimension. Treatment and postretention changes. *Am J Orthod.* 1974; 66: 58–70.

Schepke U, Meijer HJ, Kerdiijk W, Cune MS. Digital versus analog complete-arch impressions for single-unit premolar implant crowns: operating time and patient preference. *J Prosthet Dent.* 2015; 114: 403-406.

Schirmer UR, Wiltshire WA. Manual and computer-aided space analysis: a comparative study. *Am J Orthod.* 1997; 112: 676–680.

Sousa MV, Vasconcelos EC, Janson G, Garib D, Pinzan A. Accuracy and reproducibility of 3-dimensional digital model measurements. *Am J Orthod.* 2012; 142: 269–273.

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.* 2006; 129: 794–803.

Syrek A, Reich G, Ranftl D, Klein C, Cerny B, Brodesser J. Clinical evaluation of all-ceramic crowns fabricated from intraoral digital impressions based on the principle of active wavefront sampling. *J Dent.* 2010; 38: 553-559.

Ting-Shu S, Jian S. Intraoral digital impression technique: a review. *J Prosthodont.* 2015; 24 (4): 313-321.

Torassian G, Kau CH, English JD, Powers J, Bussa HI, Marie Salas-Lopez A, Corbett JA. Digital models vs plaster models using alginate and alginate substitute materials. *Angle Orthod.* 2010; 80(4): 474–481.

Viñas MJ, Pie de Hierro V. Utilización del escáner intraoral en ortodoncia: Ventajas e indicaciones. *Innova 3M.* 2014; 14: 78-84.

Ward DE, Workman J, Brown R, Richmond S. Changes in arch width. A 20-year longitudinal study of orthodontic treatment. *Angle Orthod.* 2006; 76: 6-13.

Wiranto MG, Engelbrecht WP, Tutein Nolthenius HE, Van Der Meer WJ, Ren, Y. Validity, reliability, and reproducibility of linear measurements on digital models obtained from intraoral and cone-beam computed tomography scans of alginate impressions. *Am J Orthod.* 2013; 143(1): 140-147.

Yuzbasioglu E, Kurt H, Turunc R, Bilir H. Comparison of digital and conventional impression techniques: evaluation of patients' perception, treatment comfort, effectiveness and clinical outcomes. BMC Oral Health. 2014; 14:10.

Zilberman O, Huggare JÅV, 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(3): 301-306.

ANEXOS



FACULTAD DE MEDICINA Y ODONTOLOGIA
UNIVERSITAT DE VALÈNCIA

DOCUMENTO DE INFORMACIÓN PARA EL PACIENTE

Yo _____ con DNI nº _____ he sido ampliamente informado del Trabajo de Investigación que va a ser llevado a cabo por el Odontólogo **Ignacio Faus Matoses** tutorizado por el **Dr. Gandia, la Dra. Vanessa Paredes y el Dr. Carlos Bellot**, que lleva por título **“ESTUDIO COMPARATIVO DE LA VALIDEZ Y REPRODUCIBILIDAD EN LA MEDICIÓN DE LOS TAMAÑOS MESIODISTALES DE LOS DIENTES Y DE LA ARCADA DENTARIA CON EL ESCÁNER INTRAORAL ITERO™ Y EL MÉTODO TRADICIONAL”** y que tiene como objetivos principales 1- Determinar el grosor y forma de la sínfisis mandibular a nivel del tejido duro y del tejido blando en función de la Clase esquelética ; 2- Determinar el grosor y forma de la sínfisis mandibular a nivel del tejido duro y del tejido blando en función del patrón facial.

Para dicho estudio se requiere un consentimiento informado que se adjunta a continuación. El paciente puede decidir no participar y retirarse en este estudio en cualquier momento del mismo.

Este estudio realizado en la Unidad Docente de Ortodoncia del Departamento de Estomatología de la Universidad de Valencia, no está financiado por ningún organismo público ni privado.

La participación o no en el estudio no tiene ningún tipo de consecuencias ni de riesgos asociados para el paciente, ya que únicamente se van a utilizar sus registros diagnósticos. Se trata de un estudio cuya participación es gratuita y no remunerada. En caso de necesitar aclaraciones o consultas al respecto, se me han facilitado datos de contacto (incluyendo teléfono) del investigador principal.

Valencia, a de de 20

Firma paciente/padre/madre o tutor

Firma investigador/a



FACULTAD DE MEDICINA Y ODONTOLOGIA
UNIVERSITAT DE VALÈNCIA

COMPROMISO DE CONFIDENCIALIDAD

Yo _____ con DNI nº _____ he sido ampliamente informado del Trabajo de Investigación que va a ser llevado a cabo por el Odontólogo **Ignacio Faus Matoses** tutorizado por el **Dr. Gandia, la Dra. Vanessa Paredes y el Dr. Carlos Bellot** y consiento libremente que todos mis datos y registros diagnósticos sean utilizados exclusivamente con fines de investigación. Asimismo, se me comunica el **derecho a acceder a la información** generada en el presente estudio.

Todos mis datos y registros diagnósticos recogidos serán tratados con absoluta **confidencialidad** por parte del personal encargado de la investigación.

Asimismo, si los resultados del estudio fueran susceptibles de publicación en revistas científicas, en ningún momento se proporcionarán datos personales de los pacientes que han colaborado en esta investigación, tal y como contempla la **Ley Orgánica 15/1999 de Protección de Datos de Carácter Personal, de 13 de diciembre (LOPD)**, podrá ejercer su derecho a acceder, rectificar o cancelar sus datos contactando con el investigador principal de este estudio.

Valencia, a de de 20

Firma paciente/padre/madre o tutor

Firma investigador/a



FACULTAD DE MEDICINA Y ODONTOLOGIA
UNIVERSITAT DE VALÈNCIA

CONSENTIMIENTO INFORMADO

Yo _____ con DNI nº _____

RECONOZCO haber sido informado de los pormenores del estudio, en la hoja de información al paciente del Trabajo de Investigación que va a ser llevado a cabo por el Odontólogo **Ignacio Faus Matoses** tutorizado por el **Dr. Gandía, la Dra. Vanessa Paredes y el Dr. Carlos Bellot**, que lleva por título **“ESTUDIO COMPARATIVO DE LA VALIDEZ Y REPRODUCIBILIDAD EN LA MEDICIÓN DE LOS TAMAÑOS MESIODISTALES DE LOS DIENTES Y DE LA ARCADA DENTARIA CON EL ESCÁNER INTRAORAL ITERO™ Y EL MÉTODO TRADICIONAL”**.

DECLARO que he entendido dicha información y ha podido pedir las aclaraciones oportunas.

DECLARO que se me ha informado de la posibilidad de retirarme en cualquier momento del estudio.

En virtud de tales condiciones, Yo _____ con DNI nº _____,

CONSIENTO participar libremente en este estudio.

Valencia, a de de 20

Firma paciente/padre/madre o tutor

Firma investigador/a

10

TRABAJOS RELACIONADOS

Presentación de la "Primera Comunicación" en la Sociedad Española de Ortodoncia (SEDO) en el 60 Congreso de la SEDO celebrado en Islantilla, Huelva, España.



Validación, fiabilidad y reproducibilidad del escáner intraoral iTerio™ en la medición de tamaños mesiodistales de dientes.

Ignacio Faus Matoses / Máster en Ortodoncia U.V



Presentación de trabajo en formato póster en el Congreso de la sociedad "World Federation of Orthodontic" (WOF) celebrado en Londres, Inglaterra.

