

EXACTITUD DE IMPRESORAS 3D EN LA IMPRESIÓN DE MODELOS DENTALES: ESTUDIO TRANSVERSAL

Manuela Montoya Vargas.¹ José Daniel Jiménez Restrepo.² Sebastián Muñoz Zapata.³ Mauricio Naranjo Pizano.⁴

Resumen

Introducción: Actualmente la confección de restauraciones como: Prótesis parcial fija, prótesis parcial removible, férulas y guías quirúrgicas, se realiza a partir de impresoras 3D, marcando la tendencia innovadora de la tecnología en odontología.

Objetivo: Comparar la precisión de diferentes impresoras 3D disponibles en el medio odontológico en la ciudad de Medellín a partir de un archivo STL de un modelo maestro . **Materiales y Métodos:** Se realiza impresión de 60 modelos dentales en 4 impresoras diferentes a partir de archivos STL, posteriormente se digitalizan con un escáner intraoral para obtener archivos STL nuevos y de esta manera comparar las medidas de puntos específicos de los modelos fabricados por cada una de las impresoras. **Resultados:** Para las medidas horizontales hay mayor congruencia de datos que para las medidas verticales, los resultados de comparación de las 4 impresoras congruentes con la comparación de estas con el

¹ Residente Rehabilitación Oral. Facultad de Odontología, Universidad CES. Dirección electrónica: ma_montoyava@uces.edu.co <https://orcid.org/0000-0001-9771-981X>

² Residente Rehabilitación Oral. Facultad de Odontología, Universidad CES. Dirección electrónica: jimenez.jose@uces.edu.co <https://orcid.org/0000-0002-1076-5491>

³ Odontólogo, especialista en Prótesis periodontal. Universidad CES. Dirección electrónica: smunoz@ces.edu.co <https://orcid.org/0000-0002-2420-5225>

⁴ Odontólogo, especialista en Prótesis Periodontal. Universidad CES. Dirección electrónica: mnaranjo@ces.edu.co <https://orcid.org/0000-0001-7180-184X>

modelo maestro. **Conclusión:** Se encontraron diferencias significativas en 2 de las 4 impresoras evaluadas para todas las medidas establecidas.

Palabras Clave: Impresión digital, impresión 3D, manufactura aditiva, modelo dental

3D PRINTER ACCURACY IN DENTAL MODEL PRINTING: CROSS-SECTIONAL STUDY

Abstract

Introduction: Currently the preparation of restorations such as: Fixed partial prosthesis, removable partial prosthesis, splints, and surgical guides, is carried out from 3D printers, marking the innovative trend of technology in dentistry. **Objective:** To compare the precision of different 3D printers available in the dental environment in the city of Medellín from an STL file of a master model. **Materials and Methods:** 60 dental models were printed on 4 different printers from an STL file, then scanned with an intraoral scanner to obtain new STL files and in this way compare the measurements of specific points of the models manufactured by each printer. **Results:** For horizontal measurements there is greater data congruence than for vertical measurements, comparison results of the 4 printers are congruent with the comparison of them with the master model. **Conclusion:** Significant differences were found in 2 of the 4 printers evaluated for all the established measures.

Key words: Digital printing, 3D printing, additive manufacturing, dental model.

Introducción

Desde hace algún tiempo las restauraciones protésicas odontológicas se han realizado a partir de modelos análogos , procedimientos que día a día están siendo reemplazados con el uso de tecnologías digitales (1) . La tecnología CAD/CAM (diseño asistido por computador – manufactura asistida por computador) ofrece facilidad durante el diagnóstico, planificación y ejecución de estos tratamientos. La fabricación de modelos de forma aditiva se usa para crear objetos tridimensionales a partir de archivos digitales, otorgando beneficios como: Menor tiempo de ejecución de procedimientos, menor uso de materiales y mayor precisión (2).

La tecnología CAD/CAM consiste en tres procesos principales: Digitalización, procesamiento de datos y manufactura (3). La fabricación aditiva comienza con una imagen virtual (4), interpretada como un archivo digital STL (lenguaje de teselación estándar) para posteriormente ser leído y procesado por medio de un software (5) . Se convierte en una necesidad evaluar las herramientas tecnológicas empleadas para la manufactura de modelos y restauraciones dada la relevancia clínica que tiene conocer la precisión de estas en el desarrollo de los tratamientos.

Las impresoras 3D disponibles en el campo odontológico para fabricación de modelos se usan para confeccionar restauraciones como: Prótesis parcial fija, prótesis parcial removible, férulas, guías quirúrgicas, entre otras. Se clasifican en 4 tipos de tecnología de impresión: Estereolitografía (SLA) , sinterización selectiva

por láser (SLS) , inyección y deposición de material fundido (FDM) (6). Las tecnologías predominantes en odontología son la SLA y la DLP (4) .

Para garantizar la calidad de una restauración a partir de un modelo impreso es indispensable evaluar la precisión (habilidad para obtener una medida real con muestras posteriores (7)) de las impresoras 3D y reconocer las diferencias en cuanto a su exactitud (se describe por dos métodos la veracidad y la precisión, veracidad hace referencia a la capacidad de obtener una medida real (7)). La tecnología CAD/CAM se ha tornado tan accesible que es de vital importancia conocer las características de los modelos impresos para determinar herramientas que permita un flujo de trabajo digital de alta calidad, reduciendo inconsistencias que puedan llevar a un proceso erróneo.

Son necesarios nuevos estudios que comparen la impresión de modelos odontológicos con diferentes impresoras. El objetivo de este estudio fue comparar la precisión de 4 diferentes impresoras 3D disponibles en el medio odontológico en la ciudad de Medellín a partir de un archivo STL de un modelo maestro .

Materiales y métodos

Modelo maestro

A partir de un archivo digital (STL) de un modelo maestro proveniente de una investigación pasada realizada por Duque y colaboradores en la Universidad CES (8), Medellín, Colombia, donde realizaron la digitalización de un tipodonto (PRO2002-UL-UP-FEM-28. NISSIN. Japón) sobre el cual crearon perforaciones

esféricas de 2 mm de diámetro en dientes 16, 26,13,23 entre 11 y 21 y rafé medio a nivel del primer molar superior, con el fin de obtener mediciones con potencial de comparación. Cada perforación está contenida en una base prismática que permite modificar la altura para alcanzar el mismo nivel en el plano horizontal. En el rafé medio se ubicó la base a una altura de 3mm paralela al plano horizontal con el objetivo de estandarizar los análisis métricos (8).

Obtención de las muestras

Este archivo digital (STL) seleccionado como modelo maestro se procesó en un software de manufactura asistida por computador (CAD) Autodesk meshmixer versión 3.5 (AUTODESK, California) para convertirlo a un archivo digital correspondiente a un modelo sólido, para posteriormente ser impreso. Se imprimieron 60 (n= 60) prototipos distribuidos en partes iguales en 4 impresoras diferentes (n=15) con el material resinoso específico establecido por la casa comercial de cada una de las empresas fabricantes de las impresoras con un espesor de capa de 100 micras (figura1)

La impresión de los prototipos se realizó según los siguientes protocolos:

Grupo 1 ST: Impresora CARES Straumann P40 (Basilea, Suiza), Tecnología DLP. Se cargó el archivo digital (STL) en el software de manufactura asistida por computador (CAM) Netfabb Rapid Shape Version 2021 de Microsoft (WA, Estados Unidos), se posicionaron en la superficie de producción de la impresora 2 modelos. Para completar la impresión de 15 modelos, se realizaron 8 impresiones en total. El

material de fabricación utilizado para esta impresora fue la resina Very model OS ivory resin (Kentucky, Estados Unidos).

Grupo 2 SP: Impresora Sprint Ray Pro Dental 3D printer (Los Angeles ,Estados Unidos) Tecnología DLP. Se cargó el archivo digital (STL) en un software de manufactura asistida por computador (CAM) Netfabb Rapid Shape Version 2021 de Microsoft (WA, Estados Unidos), se posicionaron en la superficie de producción de la impresora 3 modelos para un total de 5 impresiones. El material de impresión para esta impresora fue la resina SprintRay Die and Model 2 (Los Angeles, Estados Unidos).

Grupo 3 AS: Impresora Any Cubic Photon S (Shenzhen,China) Tecnología de pantalla de cristal liquido (LCD) basada en estereolitografía (SLA). Se cargó el archivo digital (STL) en un software de manufactura asistida por computador (CAM) Netfabb Rapid Shape Version 2021 de Microsoft (WA, Estados Unidos) se ubicaron 2 modelos en el área de impresión para un total de 8 impresiones. El material de impresión utilizado para esta impresora fue la resina Anycubic 3D printing UV sensitive resin basic (Shenzhen, China).

Grupo 4 AX: Impresora Any Cubic 3D Printing Photon Mono X (Shenzhen, China) Tecnología de pantalla de cristal liquido (LCD) basada en estereolitografía (SLA). Se cargó el archivo digital (STL) en un software de manufactura asistida por computador (CAM) Netfabb Rapid Shape Version 2021 de Microsoft (WA, Estados Unidos), se ubico un modelo en el área de impresión para un total de 15

impresiones. El material de impresión para esta impresora fue la resina Anycubic 3D printing UV sensitive resin basic (Shenzhen, China).

El paso posterior a la impresión de los modelos establecido como post procesado consistió en retirar los modelos del panel de impresión, retirar los soportes de impresión contruidos en resina, lavado en ultrasonido (Tbond, Monterrey , México) con alcohol isopropilico al 96% por 4 minutos para cada uno de los modelos y fotopolimerización final en una cámara de curado por luz LED (BesQual E300, NY, Estados Unidos) durante 4 minutos cada modelo.

Adicional se etiquetaron con códigos acorde a las impresoras utilizadas y con el número de modelo correspondiente al orden de impresión.

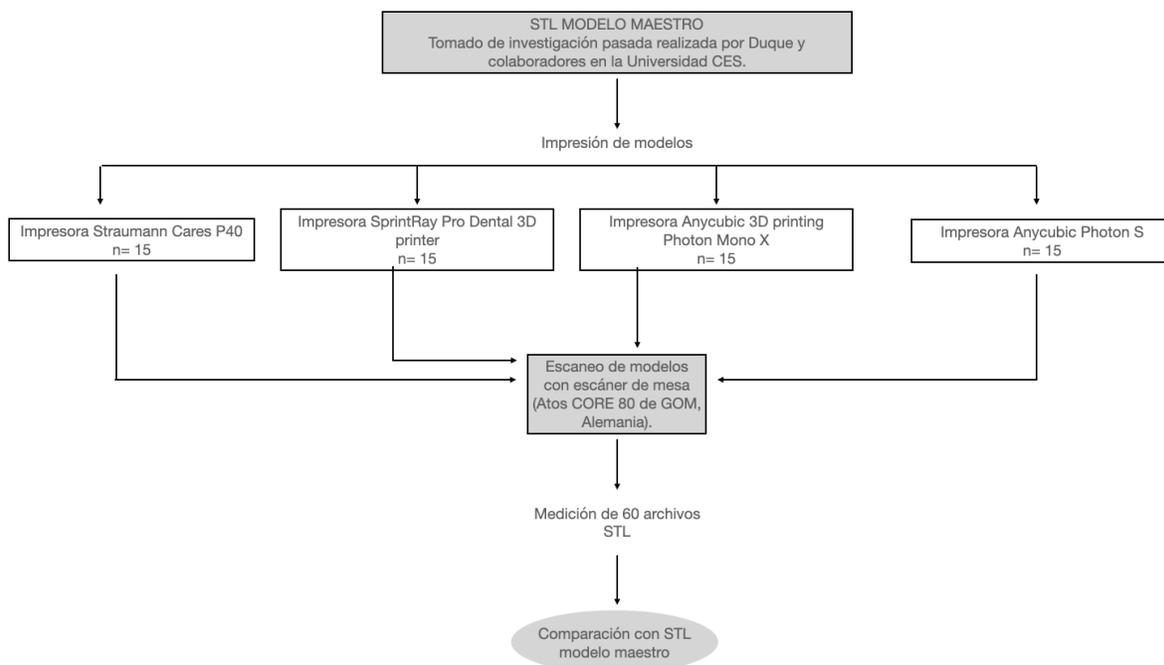


Figura 1. Flujograma de muestra.

La recopilación de las medidas del STL del modelo maestro se realizó con el software de análisis 3D (GOM-Inspect-version 2021, Suite, Alemania). Se obtuvieron teniendo presente los puntos de referencia en el plano horizontal y vertical demarcados en el modelo maestro (Figura 2), con el objetivo de contar con los mismos referentes para la comparación de medidas. La formación de los planos se realizó de la siguiente manera: *Medidas horizontales*: Distancia intercanina (DIC), distancia intermolar (DIM), distancia canino–molar derecha (DCMD), distancia canino derecho – molar izquierda (DCDMI), distancia canino–molar izquierda (DCMI), distancia canino izquierdo–molar derecha (DCIMD). *Medidas verticales*: Línea media entre centrales–rafe medio palatino (LMR), canino derecho–rafe medio palatino (CDR), canino izquierdo–rafe medio palatino (CIR), molar derecho – rafe medio palatino (MDR), molar izquierdo – rafe medio palatino (MIR) (Figura 2).

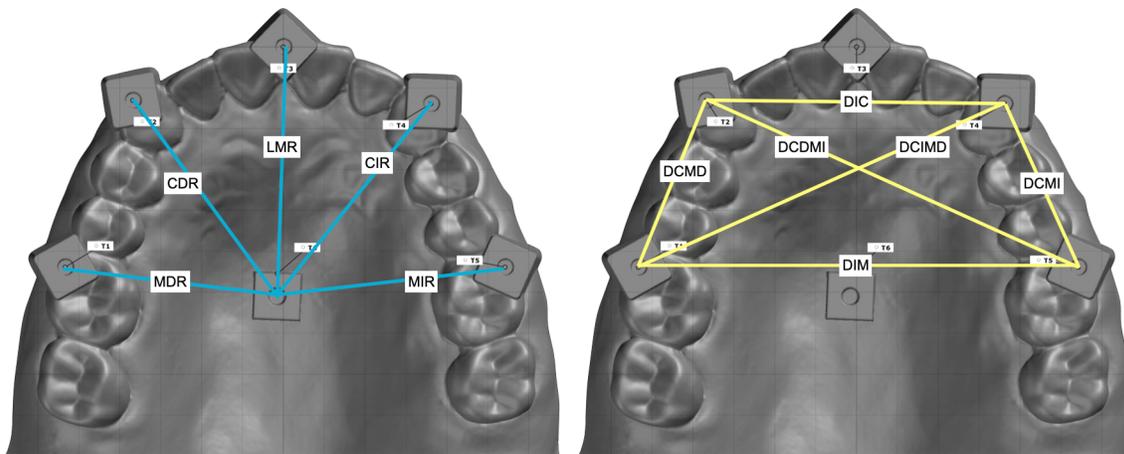


Figura 2 Modelo maestro. Medidas horizontales (amarillo) y medidas verticales (azul).

Posterior a la impresión y proceso de post procesado de la totalidad de los modelos (n=60) cada uno de ellos se digitalizó por medio de un escáner intraoral (Trios 3 Basic 3Shape, Copenhague, Dinamarca) por dos de los investigadores en un solo día, siguiendo la ruta de escaneo específica del fabricante que consiste en la toma de imágenes en el siguiente orden: Superficies oclusales, vestibulares y palatinas(9). La calibración del equipo se realizó antes de la primera digitalización de forma automática utilizando el software y calibrador específico del escáner, seguido de una calibración cada 15 escaneos, completando 4 calibraciones en total. Previo a tomar las 60 muestras cada investigador ejecutó 4 escaneos de un mismo modelo con la técnica sugerida (9).

Un experto en medición que desconocía el significado de la nomenclatura de los modelos realizó la recopilación de las mediciones digitales de los archivos STL a través de un software de calibración (GOM-Inspect-versión 2021,Suite, Alemania), obteniendo las medidas a partir de la combinación de los puntos de referencia que generaron los planos horizontales y verticales anteriormente mencionados. Todas las medidas fueron tomadas en cada una de las 60 muestras para relacionarlas entre los cada modelos y entre ellos y el modelo maestro.

Para el control de posibles sesgos aleatorios se estableció un valor alfa de 5% ($p < 0,005$) con un intervalo de confianza del 95%. Con el fin de evitar equivocaciones durante la recolección de las medidas, se realizó la verificación de estas por dos personas. El error sistemático durante el análisis de los datos se controló ejecutando

pruebas de normalidad e inferencia. Las medidas se recolectaron en una hoja de cálculo de Excel (Microsoft, Seattle, WA). Por medio de las medidas de tendencia central (media, mediana y moda) se realizó la descripción de los resultados para las variables cuantitativas (Estabilidad dimensional, distancia intercanina, distancia intermolar, distancia canino – molar unilateral derecha, distancia canino derecho – molar izquierda, distancia canino – molar unilateral izquierda, distancia canino izquierdo – molar derecha, distancia vertical – línea media entre centrales – rafe medio palatino, canino derecho – rafe medio palatino, canino izquierdo – rafe medio palatino, molar derecho – rafe medio palatino, molar izquierdo – rafe medio palatino). Para la inferencia de los datos, se utilizó el programa SPSS Statistics versión 22 (IBM, Armonk, NY) en donde utilizando pruebas de normalidad con distribución de Shapiro Wilk, posterior a definir la normalidad de los datos se realizó ANOVA de una vía.

Resultados

Tablas 1A y 1B. Análisis descriptivo y comparativo de las medidas horizontales y verticales de acuerdo al tipo de impresora 3D.

Tabla-1A

Medidas-horizontales	N	Media(μm)	Desviación-típica	Intervalo de confianza para la media al 95%		Mínimo	Máximo	
				Límite-inferior	Límite-superior			
DIC ^T	AS	15	35930,2 ^A	72,7	35890	35970,5	35840	36099
	AX	15	35954,7 ^A	40,5	35932,3	35977,1	35866	36014
	SP	15	36210,2 ^B	53,4	36180,7	36239,9	36111	36293
	ST	15	36915 ^C	65,8	36878,6	36951,5	36822	37074
DIM ^{GH}	AS	15	53284,4 ^A	195	53176,4	53392,4	53015	53650
	AX	15	53306,9 ^A	124,5	53238	53375,9	53023	53480
	SP	15	53508,9 ^B	86	53461,3	53556,5	53373	53639
	ST	15	54673 ^C	92,3	54621,9	54724,2	54505	54832
DCMD ^{GH}	AS	15	21717 ^A	38	21696	21738	21648	21793
	AX	15	21754,4 ^A	27,7	21739,1	21769,8	21698	21808
	SP	15	21869,8 ^B	29,2	21853,7	21886	21825	21914
	ST	15	22261,5 ^C	55,9	22230,6	22292,5	22172	22329
DCDMI ^{GH}	AS	15	49293,2 ^A	138,1	49216,7	49369,7	49137	49615
	AX	15	49272,1 ^A	92,2	49221,1	49323,2	49123	49387
	SP	15	49528,4 ^B	74,1	49487,3	49569,5	49418	49683
	ST	15	50497,8 ^C	103,8	50440,4	50555,3	50297	50685
DCMI ^T	AS	15	21694,6 ^A	36,5	21674,4	21714,9	21649	21754
	AX	15	21704,4 ^A	40,8	21681,9	21727,1	21655	21822
	SP	15	21804 ^B	43,8	21779,8	21828,2	21703	21857
	ST	15	22206,7 ^C	50,6	22178,7	22234,7	22124	22322
DCIMD ^{GH}	AS	15	48387,1 ^A	111,7	48325,3	48449	48248	48557
	AX	15	48473,4 ^A	73,3	48432,8	48514	48307	48589
	SP	15	48739,9 ^B	80	48695,7	48784,2	48591	48902
	ST	15	49749,4 ^C	67	49712,4	49786,6	49623	49892

Tabla-1B

Medidas-verticales	N	Media(μ m)	Desviación-típica	Intervalo de confianza para la media al 95%		Mínimo	Máximo	
				Límite-inferior	Límite-superior			
LMR ^T	AS	15	33143 ^A	63,9	33107,7	33178,4	32987	33208
	AX	15	33150,7 ^A	103,7	33093,3	33208,1	32933	33324
	SP	15	33308,7 ^B	105,9	33250,1	33367,4	33083	33538
	ST	15	33813,2 ^C	108,1	33753,4	33873,1	33599	33960
CDR ^T	AS	15	33029,3 ^A	69,1	32991,1	33067,6	32822	33116
	AX	15	33025,9 ^A	88,8	32976,8	33075,1	32862	33165
	SP	15	33131,4 ^B	128,1	33060,6	33202,4	32892	33510
	ST	15	33732,3 ^C	94,9	33679,8	33784,9	33559	33874
CIR ^T	AS	15	33374,3 ^A	65,2	33338,3	33410,4	33233	33510
	AX	15	33345,2 ^A	117	33280,5	33410	33105	33490
	SP	15	33556,5 ^B	92,9	33505,1	33608	33322	33692
	ST	15	34112,4 ^C	70,6	34073,3	34151,5	33978	34268
MDR ^T	AS	15	31922,1 ^A	93,2	31870,5	31973,8	31764	32115
	AX	15	31916,6 ^A	256,2	31774,8	32058,5	31014	32074
	SP	15	31995,7 ^B	99,9	31940,4	32051,1	31876	32281
	ST	15	32609,9 ^C	68,3	32572,1	32647,7	32446	32723
MIR ^T	AS	15	33467,4 ^A	91,5	33416,7	33518,1	33349	33649
	AX	15	33383,9 ^A	70,9	33344,7	33423,2	33244	33493
	SP	15	33550,6 ^B	53,6	33520,9	33580,3	33455	33660
	ST	15	34055,2 ^C	64,3	34019,6	34090,8	33921	34162

No hay diferencias estadísticamente significativas en : Superíndices iguales. Si hay diferencias estadísticamente significativas en: Superíndices diferentes. Cada medida fue contrastada con la prueba de rangos múltiples de Tukey(T), o en su defecto con la prueba Games Howell(GH) dependiendo de la homogeneidad de las varianzas. Todo lo anterior aplica igualmente para la Tabla2A y 2B.

Tabla 2A Y 2B Descripción de datos de desviación con modelo maestro

Tabla-2A

Medidas-horizontales	N	Media(μ m)	Desviación-típica	Intervalo de confianza para la media al 95%		Mínimo	Máximo	
				Límite-inferior	Límite-superior			
Dif_DIC ^T	AS	15	-541,7 ^A	72,7	-582,0	-501,5	-632	-373
	AX	15	-517,2 ^A	40,5	-539,7	-494,9	-606	-458
	SP	15	-261,7 ^B	53,4	-291,3	-232,1	-361	-179
	ST	15	443 ^C	65,8	406,6	479,5	350	602
Dif_DIM ^{GH}	AS	15	-492,6 ^A	195,0	-600,6	-384,6	-762	-127
	AX	15	-470 ^A	124,5	-539,0	-401,1	-754	-297
	SP	15	-268 ^B	86,0	-315,7	-220,5	-404	-138
	ST	15	896 ^C	92,3	844,9	947,2	728	1055
Dif_DCMD ^{GH}	AS	15	-283 ^A	38,0	-304,0	-262,0	-352	-207
	AX	15	-245,5 ^A	27,7	-260,9	-230,2	-302	-192
	SP	15	-130,1 ^B	29,2	-146,3	-114,0	-175	-86
	ST	15	261,5 ^C	55,9	230,6	292,5	172	329
Dif_DCMI ^{GH}	AS	15	-575,8 ^A	138,1	-652,3	-499,3	-732	-254
	AX	15	-596,8 ^A	92,2	-647,9	-545,8	-746	-482
	SP	15	-340,6 ^B	74,1	-381,7	-299,5	-451	-186
	ST	15	628,8 ^C	103,8	571,4	686,3	428	816
Dif_DCMI ^T	AS	15	-238,3 ^A	36,5	-258,6	-218,1	-284	-179
	AX	15	-228,5 ^A	40,8	-251,1	-205,9	-278	-111
	SP	15	-129 ^B	43,8	-153,2	-104,8	-230	-76
	ST	15	273,7 ^C	50,6	245,7	301,7	191	389
Dif_DCIMD ^{GH}	AS	15	-607,8 ^A	111,7	-669,7	-546,0	-747	-438
	AX	15	-521,6 ^A	73,3	-562,2	-481,0	-688	-406
	SP	15	-255 ^B	80,0	-299,3	-210,8	-404	-93
	ST	15	754,4 ^C	67,0	717,4	791,6	628	897

Tabla-2B

Medidas-verticales	N	Media(μ m)	Desviación-típica	Intervalo de confianza para la media al 95%		Mínimo	Máximo	
				Límite-inferior	Límite-superior			
Dif_LMR ^T	AS	15	-589,933 ^A	63,9	-625,3	-554,6	-746	-525
	AX	15	-582,267 ^A	103,7	-639,7	-524,9	-800	-409
	SP	15	-424,267 ^B	105,9	-482,9	-365,6	-650	-195
	ST	15	80,2 ^C	108,1	20,4	140,1	-134	227
Dif_CDR ^T	AS	15	-586,667 ^A	69,1	-624,9	-548,4	-794	-500
	AX	15	-590,067 ^A	88,8	-639,2	-540,9	-754	-451
	SP	15	-484,533 ^B	128,1	-555,4	-413,6	-724	-106
	ST	15	116,3 ^C	94,9	63,8	168,9	-57	258
Dif_CIR ^T	AS	15	-570,667 ^A	65,2	-606,7	-534,6	-712	-435
	AX	15	-599,733 ^A	117,0	-664,5	-535,0	-840	-455
	SP	15	-388,467 ^B	92,9	-439,9	-337,0	-623	-253
	ST	15	167,4 ^C	70,6	128,3	206,5	33	323
Dif_MDR ^T	AS	15	-366,867 ^A	93,2	-418,5	-315,2	-525	-174
	AX	15	-372,333 ^A	256,2	-514,2	-230,5	-1275	-215
	SP	15	-293,267 ^B	99,9	-348,6	-237,9	-413	-8
	ST	15	320,933 ^C	68,3	283,1	358,7	157	434
Dif_MIR ^T	AS	15	-329,6 ^A	91,5	-380,3	-278,9	-448	-148
	AX	15	-413,067 ^A	70,9	-452,3	-373,8	-553	-304
	SP	15	-246,4 ^B	53,6	-276,1	-216,7	-342	-137
	ST	15	258,2 ^C	64,3	222,6	293,8	124	365

En los resultados obtenidos se puede evidenciar un comportamiento similar en las medidas horizontales y verticales al comparar las impresoras entre sí (tabla1A,tabla1B) y con respecto al modelo maestro (tabla2A,tabla2B). Indicando que para las impresoras AX y AS las medidas no presentan diferencias estadísticamente significativas mientras que para SP y ST hay diferencias estadísticamente significativas respecto a las otras impresoras. No hay un patrón de comportamiento similar en cuanto a la precisión de las 4 impresoras al evaluar cada una de las medidas dado que la desviación estándar presenta un comportamiento aleatorio (tabla1A,tabla1B).

En la descripción de datos de desviación de las impresoras respecto al modelo maestro se puede evidenciar que la media(μm) para las impresoras AX, AS y SP son valores negativos en todas las medidas, por el contrario para la impresora ST la media(μm) siempre arrojo un valor positivo.

Discusión

En la odontología CAD CAM existen 2 modos de manufactura: Aditiva y sustractiva. Es importante conocer que la manufactura aditiva en odontología digital tiene grandes ventajas como la confección de formas compleja con un menor desperdicio de material, sin embargo presenta desventajas que incluyen, la necesidad de un proceso de post-procesado al finalizar la impresión cuando se utilizan materiales poliméricos (10), este proceso fue guiado por el estudio de Karakurt y Col utilizando una cámara de fotocurado por 4 minutos y lavado en ultrasonido con alcohol isopropilico al 96% por 5 minutos (11). En este estudio se evaluaron 4 impresoras con 2 tecnologías de manufactura diferentes: SLA y DLP, siendo las tecnologías

con mayor exactitud en la impresión de arcos completos como sugieren Etemad-Shahidi y Col (12) que además resultan ser las mas evaluadas en estudios como los de Choi y Col, Zhang y Col y Favero y Col(13), (14), (15).

La exactitud de las impresoras 3D fue evaluada por método de superposición, comparando cada una de ellas entre si y respecto a un modelo maestro pre establecido. Loflin y Col, determinaron como clínicamente aceptable evaluar la manufactura de modelos dentales a partir de impresoras 3D con un espesor de capa de impresión de 100 micras, sin embargo para incrementar la exactitud de los modelos impresos se recomienda en futuros estudios modificar el espesor de capa a 50 micras (15).

En la literatura se ha reportado un rango entre 100 y 500 micras como una distorsión clínicamente aceptable para modelos dentales impresos (12). Este rango varia dependiendo de la finalidad del modelo dental, para rehabilitación oral y prótesis según la ADA (American Dental Association) el valor máximo aceptado de desadaptación marginal es de máximo de 120 micras (16), de manera que para los modelos impresos con fines protésicos el rango oscila entre 100 y 200 micras de distorsión máxima respecto al archivo digital (12), con los resultados obtenidos en este estudio se puede asociar que las impresoras evaluadas son aptas para realizar modelos con fines ortodonticos y de diagnostico, sin embargo , no se consideran aptos para modelos de trabajo en prótesis fija, removible, ni procedimientos que requieran una adaptación menor de 120 micras. Estos resultados podrían diferir si la impresión fuera realizada a un espesor de capa menor de 100 micras.

Dentro de las limitaciones del estudio, es importante mencionar que la digitalización de la muestra por medio de un escáner intraoral puede interferir en los resultados dada su compleja manipulación y debido a que la realización la misma deberá ser en un entorno donde la luz ambiental se pueda controlar de manera que se evite desarrollar interferencias que ocasionen variaciones en la captación de las imágenes y modiquen los datos obtenidos (7), por lo cual se recomienda el uso de un escáner industrial para futuros estudios (17). La implementación de diferentes resinas puede influir en la estabilidad dimensional de los modelos impresos como se evidencio en los resultados arrojados en la descripción de la desviación de las impresiones respecto al modelo maestro donde las impresoras presentaron diferente comportamiento en cuanto a medidas dimensionales que pueden ser consecuencias de la variación en el grado de contracción por la diferente composición de la resina utilizada, por tanto se recomienda en próximos estudios universalizar el material de impresión (18).

En este estudio se estandarizo para la impresión un valor de 100 micras como espesor de capa, para próximas investigaciones se recomienda imprimir a la máxima resolución permitida por cada uno de los dispositivos utilizados con el fin de evaluar si el espesor de la fabricación de los modelos influye en la exactitud de la manufactura de los mismos. Zhe-zhen y Col, concluyeron en un estudio donde evaluaron la precisión de modelos impresos con tecnologías SLA y DLP que la calidad de las impresiones es superior en impresoras DLP a un espesor de capa de 50 micras contradiciendo los resultados obtenidos en este estudio , aunque este

comportamiento podría deberse al espesor de capa de 100 micras utilizado en esta investigación (14). Para las impresoras SLA indican que su calidad aumenta a medida que el espesor de cada capa disminuye deduciendo que el comportamiento para las impresoras SP y ST sería mejor a un espesor de capa menor de 100 micras (14).

Basados en estudio previo realizado por Joda y Col las mediciones de los modelos se deberán realizar antes de transcurridas 3 semanas después de impresos, dado que se ha evidenciado que posterior a este tiempo la estabilidad dimensional de los modelos tiene alteraciones, por esto los valores obtenidos después de este plazo pueden no ser los valores reales de medición, con esta premisa se determinó que el tiempo de escaneo se realizaría 1 semana después de impresa la totalidad de la muestra (19).

Conclusión

Dentro de las limitaciones del estudio se puede concluir que:

1. Para todas las medidas tomadas se encontró como mínimo diferencias entre 2 impresoras. AX y AS no mostraron diferencias estadísticamente significativas entre ellas pero si frente a SP y ST.
2. Las medidas que presentaron mayor variación entre las impresoras fueron: DIM, DCMD, DCDMI y DCIMD, determinando que a mayor distancia de la medida mayor será la distorsión de esta.

Agradecimientos

Luis Gonzalo Álvarez

Leonardo I3D

Laboratorio de Sonrisas

Laboratorio Actident

Referencias

1. Joda T(1 5), Zarone F(2), Ferrari M(3 4). The complete digital workflow in fixed prosthodontics: A systematic review. BMC Oral Health [Internet]. 19 de 2017 [citado 28 de junio de 2021];17(1). Disponible en: <https://cesproxy.elogim.com/auth-meta/login.php?url=http://ebSCO.cesproxy.elogim.com/login.aspx?direct=true&db=edselc&AN=edselc.2-52.0-85029763729&lang=es&site=eds-live&scope=site>
2. Blatz MB, Conejo J. The Current State of Chairside Digital Dentistry and Materials. Dent Clin North Am. abril de 2019;63(2):175-97.
3. Joda T, Ferrari M, Gallucci GO, Wittneben J-G, Brägger U. Digital technology in fixed implant prosthodontics. Periodontol 2000. febrero de 2017;73(1):178-92.
4. Current status and applications of additive manufacturing in dentistry: A literature-based review. - Buscar con Google [Internet]. [citado 2 de noviembre de 2021]. Disponible en:

https://www.google.com/search?q=Current+status+and+applications+of+additive+manufacturing+in+dentistry%3A+A+literature-based+review.&rlz=1C5CHFA_enCO847CO847&oq=Current+status+and+applications+of+additive+manufacturing+in+dentistry%3A+A+literature-based+review.&aqs=chrome..69i57.304j0j4&sourceid=chrome&ie=UTF-8

5. Bohner LOL, De Luca Canto G, Marció BS, Laganá DC, Sesma N, Tortamano Neto P. Computer-aided analysis of digital dental impressions obtained from intraoral and extraoral scanners. J Prosthet Dent. noviembre de 2017;118(5):617-23.

6. impresoras3d.com. Tipos de impresoras 3D [Internet]. impresoras3d.com. 2017 [citado 28 de junio de 2021]. Disponible en:

<https://www.impresoras3d.com/tipos-de-impresoras-3d/>

7. Richert R, Goujat A, Venet L, Viguie G, Viennot S, Robinson P, et al. Intraoral Scanner Technologies: A Review to Make a Successful Impression. J Healthc Eng. 2017;2017:8427595.

8. Mariana Duque, Alejandro Osorio, Maria Isabel Zuluaga, Mauricio Naranjo Pizano, Sebastian Muñoz. Precisión dimensional del escaner intraoral y extraoral con diferentes materiales de impresión: estudio in vitro. Universidad CES; 2020.

9. TRIOS® Safety and Setup Guide - Support | Manualzz [Internet]. [citado 12 de noviembre de 2021]. Disponible en:

<https://manualzz.com/doc/en/4390226/trios%C2%AE-safety-and-setup-guide---support>

10. Costa LPG da, Zamalloa SID, Alves FAM, Spigolon R, Mano LY, Costa C, et al. 3D printers in dentistry: a review of additive manufacturing techniques and

materials. Clin Lab Res Dent [Internet]. 18 de agosto de 2021 [citado 16 de noviembre de 2021]; Disponible en:

<https://www.revistas.usp.br/clrd/article/view/188502>

11. Karakurt I, Lin L. 3D printing technologies: techniques, materials, and post-processing. Curr Opin Chem Eng [Internet]. 1 de junio de 2020 [citado 2 de julio de 2021];28:134-43. Disponible en:

<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2211339820300265>

12. Etemad-Shahidi Y, Qallandar OB, Evenden J, Alifui-Segbaya F, Ahmed KE. Accuracy of 3-Dimensionally Printed Full-Arch Dental Models: A Systematic Review. J Clin Med. 20 de octubre de 2020;9(10):E3357.

13. Three-Dimensional Evaluation on Accuracy of Conventional and Milled Gypsum Models and 3D Printed Photopolymer Models [Internet]. [citado 16 de noviembre de 2021]. Disponible en:

<https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC6862028/>

14. Zhang Z-C, Li P-L, Chu F-T, Shen G. Influence of the three-dimensional printing technique and printing layer thickness on model accuracy. J Orofac Orthop Fortschritte Kieferorthopadie OrganOfficial J Dtsch Ges Kieferorthopadie. julio de 2019;80(4):194-204.

15. Loflin WA, English JD, Borders C, Harris LM, Moon A, Holland JN, et al. Effect of print layer height on the assessment of 3D-printed models. Am J Orthod Dentofacial Orthop [Internet]. 1 de agosto de 2019 [citado 13 de noviembre de 2021];156(2):283-9. Disponible en:

<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0889540619303828>

16. Diker B, Tak Ö. Comparing the accuracy of six intraoral scanners on

prepared teeth and effect of scanning sequence. *J Adv Prosthodont.* octubre de 2020;12(5):299-306.

17. Gómez JR, Ortega RM, Parada LA, Camargo EDJL, Benavides ERR, Muñoz MCT, et al. Comparación In Vitro de la adaptación marginal entre incrustaciones mod maquinadas con el sistema IPS e.max CAD® y restauraciones mod en oro colado tipo III. *Rev Salud Bosque [Internet].* 2011 [citado 13 de noviembre de 2021];1(2):7-14. Disponible en:

<https://revistasaludbosque.unbosque.edu.co/index.php/RSB/article/view/91>

18. Peutzfeldt A. Resin composites in dentistry: the monomer systems. *Eur J Oral Sci.* abril de 1997;105(2):97-116.

19. Joda T, Matthisson L, Zitzmann NU. Impact of Aging on the Accuracy of 3D-Printed Dental Models: An In Vitro Investigation. *J Clin Med [Internet].* mayo de 2020 [citado 13 de noviembre de 2021];9(5):1436. Disponible en:

<https://www.mdpi.com/2077-0383/9/5/1436>