



ORIGINAL

Comparison between CAD-CAM and conventional techniques in the manufacture of fixed zirconia prostheses

Comparación entre técnicas CAD-CAM y convencionales en la fabricación de prótesis fijas de zirconio

Jenny Victoria Manosalvas Tapia¹  , Víctor Hugo Parreño Gallo¹  , Noemi Estefani Morales Morales¹  ,
Tatiana Lucrecia Pancho Chavarrea¹  

¹Universidad Regional Autónoma de Los Andes, Sede Ambato. Ambato, Ecuador.

Citar como: Manosalvas Tapia JV, Parreño Gallo VH, Morales Morales NE, Pancho Chavarrea TL. Comparison between CAD-CAM and conventional techniques in the manufacture of fixed zirconia prostheses. Data and Metadata. 2023; 2:90. <https://doi.org/10.56294/dm202390>

Recibido: 14-04-2023

Revisado: 21-07-2023

Aceptado: 03-10-2023

Publicado: 04-10-2023

Editor: Prof. Dr. Javier González Argote 

ABSTRACT

The use of CAD-CAM technology represents an advanced alternative to optimizing the production of fixed zirconia dental prostheses. This study focused on making a comparison between CAD-CAM techniques and conventional techniques for the production of these prostheses, evaluating various aspects. A methodology was used that combined a literature review based on high-impact academic databases and qualitative interviews with experts in the field. The findings revealed that both CAD-CAM and conventional techniques can achieve aesthetically satisfactory results in the manufacture of zirconia prostheses, depending on the experience and skill of the dental professional. No substantial differences were found to suggest that one technique alters the properties of zirconia significantly compared to the other. However, it was highlighted that CAD-CAM manufacturing systems offer advantages in terms of high quality and precision in fixed dental restorations. The choice between using one or another technology should be based on a detailed evaluation of the specific needs of the patient, considering the expertise of the dentist and the desired quality of the final result. This integrative approach ensures that the best technological option is considered based on the clinical context and patient expectations.

Keywords: Restorative Dentistry; Dental Prosthetics; Computer-Assisted Techniques; Zirconia; Biocompatibility.

RESUMEN

El uso de la tecnología CAD-CAM representa una alternativa avanzada a la optimización de la producción de prótesis dentales fijas de óxido de zirconio. Este estudio se centró en realizar una comparación entre las técnicas CAD-CAM y las técnicas convencionales para la elaboración de estas prótesis, evaluando diversos aspectos. Se empleó una metodología que combinó la revisión de la literatura a partir de bases de datos académicas de alto impacto y entrevistas cualitativas con expertos en la materia. Los hallazgos revelaron que tanto las técnicas CAD-CAM como las convencionales pueden lograr resultados estéticamente satisfactorios en la fabricación de prótesis de zirconio, dependiendo de la experiencia y habilidad del profesional dental. No se encontraron diferencias sustanciales que sugieran que una técnica altere las propiedades del zirconio de manera significativa en comparación con la otra. Sin embargo, se destacó que los sistemas de fabricación CAD-CAM ofrecen ventajas en términos de alta calidad y precisión en las restauraciones dentales fijas. La elección entre utilizar una u otra tecnología debe basarse en una evaluación detallada de las necesidades específicas del paciente, considerando la pericia del odontólogo y la calidad deseada del resultado final. Este enfoque integrador asegura que se considere la mejor opción tecnológica en función del contexto clínico y las expectativas del paciente.

Palabras clave: Odontología Restauradora; Prótesis Dentales; Técnicas Asistidas por Ordenador; Zirconio; Biocompatibilidad.

INTRODUCCIÓN

En el ámbito de la odontología restauradora, se han observado progresos notables en la creación de prótesis dentales, destacando especialmente en la elaboración de prótesis fijas.⁽¹⁾ El óxido de zirconio se ha destacado como un material frecuentemente elegido para estas aplicaciones debido a sus excelentes características mecánicas y su alta biocompatibilidad.⁽²⁾ Sin embargo, las prótesis fijas de zirconio producidas mediante métodos tradicionales pueden exhibir ciertas limitaciones intrínsecas. Uno de los problemas más prevalentes es la falta de una adaptación precisa entre la prótesis y el diente preparado.

Las técnicas tradicionales, al ser en gran parte manuales, son susceptibles a inexactitudes en el ajuste y la precisión, lo que puede conducir a la formación de espacios interproximales, microfiltraciones y deficiencias en el sellado marginal.⁽³⁾ Estos métodos convencionales, que requieren numerosos pasos y ajustes manuales, no solo extienden la duración del tratamiento, sino que también incrementan la probabilidad de errores humanos.

Para garantizar la durabilidad de la restauración, es crucial un ajuste óptimo de la prótesis parcial fija, determinado tanto por su ajuste marginal como interno; donde un espacio marginal reducido resulta en menos irritación gingival, disolución del cemento, caries recurrentes y decoloración marginal. Se ha establecido que un ajuste interno ideal potencia el rendimiento mecánico de las coronas cerámicas sin metal, mejorando su fuerza, resistencia y retención.

Históricamente, las técnicas convencionales han constituido la base de la fabricación de prótesis dentales, empleando métodos manuales meticulosos como el encerado, colado y estratificación, los cuales han sido perfeccionados a través de décadas de aplicación clínica. A pesar de que estos métodos tradicionales han demostrado su efectividad a lo largo de los años, están sujetos a ciertas limitaciones, tales como variaciones en el ajuste, tiempos prolongados de tratamiento y la posibilidad de errores humanos que pueden comprometer la precisión de las restauraciones.⁽⁴⁾

Con el advenimiento de la tecnología de Diseño Asistido por Ordenador y Fabricación Asistida por Ordenador (CAD-CAM), los profesionales de la odontología tienen a su disposición un método revolucionario para la elaboración de restauraciones dentales que no solo se caracterizan por su alta precisión, sino también por su atractivo estético.⁽⁵⁾ La tecnología CAD-CAM representa una alternativa avanzada que optimiza el proceso de producción de prótesis dentales fijas de óxido de zirconio.⁽⁶⁾ Este enfoque digital incluye la digitalización tridimensional de la cavidad oral, el diseño virtual de la prótesis y la fabricación asistida por ordenador, ya sea mediante fresado o impresión 3D, para confeccionar la restauración final.⁽⁷⁾ Las técnicas CAD-CAM brindan beneficios significativos como mayor exactitud, resultados previsibles, reducción del tiempo de tratamiento y la capacidad para una producción más estandarizada.

No obstante, es esencial reconocer también los desafíos potenciales de la tecnología CAD-CAM. Obstáculos como los costos elevados de inversión inicial,⁽⁸⁾ una curva de aprendizaje pronunciada para dominar la nueva tecnología,⁽⁹⁾ y la necesidad de contar con equipo y software especializados pueden representar barreras para su adopción amplia.⁽¹⁰⁾ Adicionalmente, persisten interrogantes respecto a las cualidades estéticas y la durabilidad a largo plazo de las restauraciones producidas por CAD-CAM en comparación con las fabricadas mediante métodos convencionales.⁽¹¹⁾

Ante el incremento en la prevalencia de la tecnología de Diseño Asistido por Ordenador y Fabricación Asistida por Ordenador (CAD-CAM) en las clínicas odontológicas y la imperativa necesidad de basar las decisiones clínicas en evidencia sólida, este artículo propone la necesidad de llevar a cabo un análisis comparativo detallado. Se persigue realizar una evaluación crítica de la literatura existente para explorar y solventar las dudas que persisten en torno al uso de técnicas CAD-CAM en la fabricación de prótesis dentales fijas de óxido de zirconio. Este estudio pretende proporcionar a los odontólogos herramientas para tomar decisiones informadas respecto a la selección del método de fabricación más adecuado, considerando aspectos fundamentales como el ajuste de la restauración, su estética, durabilidad, la satisfacción del paciente y el éxito clínico general.

Además, este documento se dedica a realizar un examen meticuloso de las técnicas CAD-CAM en comparación con los métodos convencionales en la creación de prótesis fijas de zirconio. Al analizar el contexto histórico y entender tanto las ventajas como las limitaciones asociadas a cada técnica, se busca enriquecer la base de conocimiento actual y apoyar la toma de decisiones basada en la evidencia dentro del campo de la odontología restauradora.

En tal sentido, se propone como objetivo general del estudio la realización de una comparación exhaustiva entre las técnicas CAD-CAM y las técnicas convencionales en la elaboración de prótesis fijas de zirconio, evaluando su eficacia y aplicabilidad clínica. A través de este análisis, el estudio busca proporcionar una guía clara y fundada que ayude a los profesionales de la odontología a optimizar sus técnicas de fabricación de

prótesis, garantizando así intervenciones más exitosas y satisfactorias para los pacientes.

MÉTODOS

Se adoptó un enfoque metodológico riguroso centrado en una revisión bibliográfica sistemática. La estrategia de investigación fue diseñada para identificar, analizar y sintetizar la literatura científica más relevante y reciente, utilizando una serie de bases de datos académicas de alto impacto como PubMed, Scopus, Web of Science, Medline y Embase.

La metodología de este estudio se fundamentó en los principios de la revisión sistemática, con el fin de garantizar una cobertura exhaustiva de la literatura existente que aborda tanto las técnicas CAD-CAM como las convencionales en la fabricación de prótesis fijas de zirconio. La búsqueda se estructuró utilizando una combinación de términos y operadores lógicos específicos: (CAD-CAM) OR (conventional techniques) AND (fixed zirconia prostheses). Esta combinación fue diseñada para maximizar la recuperación de artículos relevantes que discutan comparativamente las dos técnicas en cuestión.

Se establecieron criterios de inclusión específicos para asegurar que los estudios seleccionados fueran pertinentes y de alta calidad. Los artículos debían estar publicados en inglés o español, con una antigüedad no mayor a cinco años, y debían ser estudios con poblaciones humanas que abordaran específicamente el desarrollo de prótesis fijas de zirconio mediante técnicas convencionales y/o CAD-CAM. Por otro lado, se excluyeron los estudios duplicados, aquellos no disponibles en texto completo, estudios que tratan sobre prótesis de materiales distintos al zirconio, y los que no cumplieran con los criterios de calidad establecidos por la guía STROBE, que incluye 22 ítems esenciales para la evaluación de estudios observacionales.⁽¹²⁾

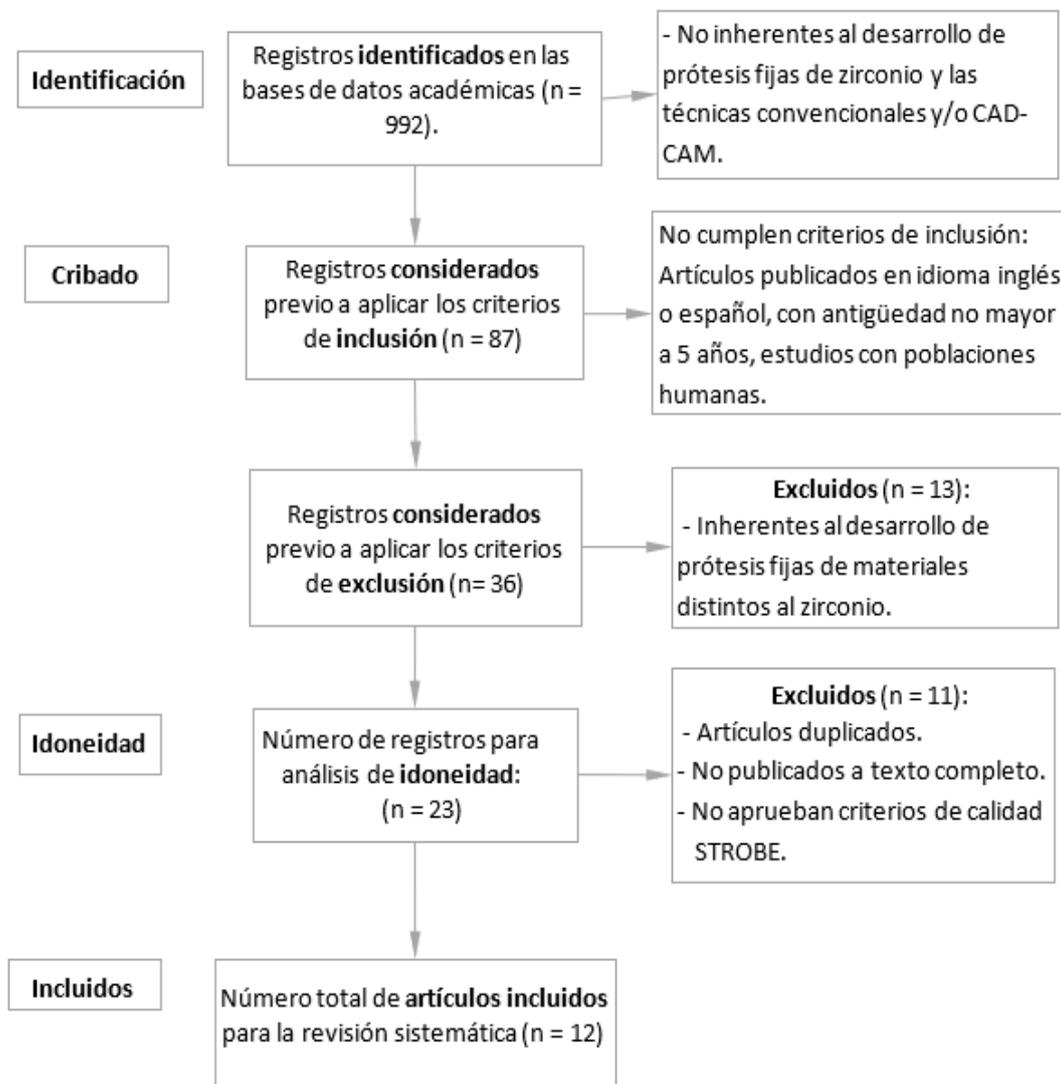


Figura 1. Diagrama de Flujo Prisma

Inicialmente, se identificaron 23 artículos basados en los títulos que parecían cumplir con los criterios

de inclusión. Tras una revisión preliminar, se descartaron aquellos que no estaban dentro del rango de fecha estipulado, reduciendo el número a 12. Posteriormente, se evaluaron estos artículos en profundidad para determinar su relevancia en cuanto a los objetivos específicos del estudio. Este proceso de selección siguió la declaración PRISMA, que es un conjunto de ítems destinados a mejorar la claridad y la transparencia en los informes de revisiones sistemáticas y meta-análisis (figura 1).

El análisis de los estudios seleccionados implicó una evaluación detallada de los métodos empleados, los resultados obtenidos y las conclusiones de cada estudio respecto a la efectividad y aplicabilidad clínica de las técnicas CAD-CAM y convencionales. Este enfoque permitió sintetizar la evidencia disponible, destacando las ventajas y desventajas de cada técnica en términos de precisión de ajuste, estética, longevidad y satisfacción del paciente.

El enfoque metodológico propuesto, garantiza que la revisión bibliográfica proporcionada sea de alta calidad y relevancia, ofreciendo una base sólida sobre la cual los profesionales de la odontología pueden fundamentar sus decisiones clínicas y seleccionar la técnica más adecuada para la fabricación de prótesis fijas de zirconio.

Para enriquecer la revisión bibliográfica y obtener una comprensión más profunda de la aplicabilidad práctica y las tendencias actuales en la fabricación de prótesis fijas de zirconio, se incorporó como componente cualitativo el uso de entrevistas con un conjunto de expertos en la materia. Estas entrevistas se diseñaron para complementar los datos obtenidos de la revisión de literatura, proporcionando una perspectiva práctica y actualizada sobre el uso de las tecnologías CAD-CAM y las técnicas convencionales en la odontología.

Se seleccionaron expertos en odontología restauradora y fabricación de prótesis, con experiencia en el uso de tecnologías CAD-CAM y métodos convencionales. Los criterios de selección incluyeron un mínimo de dos años de experiencia en el campo.

Se desarrolló un protocolo de entrevista semi-estructurada que incluyó preguntas diseñadas para explorar las experiencias, percepciones y opiniones de los expertos sobre ambos métodos de fabricación de prótesis. Las preguntas abordaron temas como los desafíos prácticos enfrentados al utilizar cada técnica, las ventajas y desventajas percibidas de la tecnología CAD-CAM frente a los métodos convencionales, y las innovaciones recientes que podrían influir en la elección de una técnica sobre otra.

Las transcripciones de las entrevistas fueron analizadas utilizando técnicas de análisis de contenido cualitativo. Se identificaron temas recurrentes y se extrajeron citas significativas que reflejaron las perspectivas de los expertos. Este análisis permitió integrar elementos valiosos sobre los aspectos prácticos y las consideraciones clínicas que no están siempre presentes en la literatura escrita.

RESULTADOS

Inicialmente, se identificaron 997 artículos en diversas bases de datos académicas indexadas, utilizando una combinación específica de términos de búsqueda y operadores lógicos conforme a los criterios de inclusión y exclusión establecidos. Esto permitió la depuración efectiva del conjunto inicial de estudios, reduciéndolo a 12 artículos que cumplen con todas las especificaciones requeridas para una análisis relevante y actualizado. La síntesis de los resultados de los artículos seleccionados se presenta en la Tabla 1, que resume los hallazgos clave de cada estudio en relación con varios parámetros clínicos importantes. Esta síntesis no solo proporciona una comparación cuantitativa y cualitativa entre las dos metodologías, sino que también destaca tendencias, eficacias y posibles áreas de mejora en la fabricación de prótesis fijas de zirconio.

Esta aproximación metodológica asegura un análisis comprensivo y crítico de la literatura existente, permitiendo generar una base de evidencia sólida que pueda ser utilizada por profesionales en la toma de decisiones informadas sobre la técnica más adecuada en función de las necesidades clínicas y las expectativas de los pacientes.

Tabla 1. Estudios seleccionados en la revisión y sus principales resultados

Nombre de los Autores	Año	Ajuste marginal	Acabado estético	Alteración de las propiedades del Zirconio
Azpiazu-Flores, Lee, Jurado, Afrashtehfar, Alhotan, Tsujimoto. (13)	2023			El uso de óxido de zirconio proporciona translucidez a las restauraciones dentales. El zirconio en general presenta alta resistencia y biocompatibilidad. Mediante un diseño adecuado, el zirconio permite prótesis con una durabilidad estructural satisfactoria.

Stimmelmayer, Groesser, Beuer, Erdelt, Krennmair, Sachs, Edelhoff, Güth. ⁽¹⁴⁾	2017	Se evaluó el ajuste marginal de prótesis fijas de 3 unidades elaboradas mediante CAD/CAM y colocadas directamente sobre los implantes originales (grupo 2), en comparación con prótesis elaboradas de forma convencional sobre modelos de yeso (grupo 1). El análisis clínico mostró mejor ajuste marginal en el grupo 2. Además, en el grupo 1 se midieron discrepancias marginales de 160µm en el margen del pilar y 150µm en la pared axial, mientras que en el grupo 2 no pudieron hacerse mediciones por la estrechez del espacio. Esto sugiere que el proceso CAD/CAM permite un mejor ajuste marginal que la técnica convencional.	El artículo tampoco presenta información o Comparaciones sobre posibles diferencias en la alteración de propiedades del zirconio entre las técnicas. No se reportaron fracturas de porcelana durante la prueba de envejecimiento artificial en ninguno de los grupos, sugiriendo un comportamiento similar del material.
Seok-Joon Ha, Jin-Hyun Cho. ⁽¹⁵⁾	2016	Existieron diferencias significativas en los espacios internos de las coronas y las cofias entre los dos sistemas CAD-CAM (Ceramil y Zirkozahn). La carilla de porcelana prensada no influyó significativamente en la separación interna, pero sí en el ajuste marginal en alguna posición. Y, las discrepancias marginales producidas por los dos sistemas CAD-CAM estaban dentro de los Rangos clínicamente aceptables reportados.	-
Valeria Naranjo Alverca. ⁽¹⁶⁾	2022	Los valores obtenidos en las coronas de zirconio hechas en CAD-CAM entran en el rango de valores clínicamente aceptables (64-83 µm < 90 µm)". "No se obtuvo una diferencia significativa con respecto al método de fabricación de las coronas ya sea por el método convencional o por el método digital CAD-CAM. Es decir que, no se ha encontrado superioridad de adaptación marginal en el sistema CAD-CAM, pero tampoco en los métodos convencionales.	El proceso de fresado en CAD-CAM podría introducir defectos en la superficie del zirconio que faciliten la propagación de grietas y el envejecimiento. No obstante, no se encuentran diferencias en las propiedades como resistencia a la fractura y tenacidad entre las prótesis fijas de zirconio elaboradas CAD-CAM y las realizadas con técnicas convencionales.
Ueda, Watanabe, Katsuta, Seto, Ueno, Hiroyasu, Suzuki, Erdelt, Güth. ⁽¹⁷⁾	2021	Las estructuras de prótesis dentales fijas de óxido de zirconio generadas mediante CAD-CAM mostraron un ajuste marginal clínicamente aceptable.	-
Caroline Mello, Cleidiel Araujo, Jéssica de Luna, Fellippo Ramos, Eduardo Piza. ⁽¹⁸⁾	2019	Los sistemas CAD-CAM mostraron un mejor ajuste marginal en comparación con la técnica convencional de colado a la cera perdida para fabricar estructuras unitarias. Sin embargo, no se observaron diferencias para el tipo de implante fijo soportado o en cuanto a los diferentes sistemas de retención.	En la técnica CAD-CAM, el diseño y la fabricación se basa en datos digitales, lo que reduce la necesidad de manipulación manual y minimiza el contacto físico con el material de zirconio. Esto ayuda a mantener la integridad del material y reduce el riesgo de contaminación y daño durante el proceso de elaboración.

Tasaka, Shimizu, Hirabayashi, Yamashita. ⁽¹⁹⁾	2021	El CAD-CAM es capaz de producir estructuras de implantes con una precisión de ajuste que supera a las estructuras de una sola pieza coladas y soldadas con láser. Las estructuras de titanio y óxido de zirconio pueden fabricarse con un alto nivel de precisión con la ayuda del CAD-CAM.	El éxito estético de las prótesis fijas de zirconio está influenciado principalmente por la experiencia y habilidad del odontólogo y el técnico dental involucrado en el proceso de diseño y fabricación. Por tanto, la técnica de Elaboración CAD-CAM y las convencionales permiten obtener buen resultado en la estética dental de las prótesis.	-
Uluc, Guncu, Aktas, Turkyilmaz. ⁽¹⁰⁾	2021	El ajuste marginal que logran a través de la tecnología CAD CAM, las posiciona en ventaja frente a las prótesis fijas metal cerámicas convencionales.	-	No hay evidencia contundente de que las propiedades mecánicas y de resistencia del zirconio como material se alteren de manera diferente entre prótesis CAD-CAM y convencionales. Se necesitan más estudios al respecto.
Altemimi, Rodríguez, Nahon. ⁽²⁰⁾	2021	-	-	“Debido al rápido desarrollo tanto de los materiales como de las tecnologías de procesamiento, la aplicación de las prótesis dentales fijas basadas en óxido de zirconio es prometedora. Mediante el empleo de los actuales sistemas CAD-CAM es posible conseguir un ajuste clínicamente aceptable en las estructuras policristalinas de óxido de zirconio tetragonal”.
Faeghinejad, Proussaefs, AlHelal, Lozada. ⁽²¹⁾	2019	El diseño asistido por ordenador y la fabricación asistida por ordenador (CAD-CAM) mostraron un ajuste marginal e interno más preciso en comparación con el fresado asistido por ordenador en la fabricación de estructuras de óxido de zirconio.	-	El óxido de zirconio y la forma de retención tuvieron un efecto significativo en la disminución de la deformación de la estructura, lo que indica que las prótesis parciales fijadas con resina que utilizan una estructura de óxido de zirconio de 0.5 mm de grosor son eficaces para sustituir un único diente anterior ausente. Pero en este estudio no se comparó la efectividad de las elaboradas con CAD-CAM versus las realizadas con técnicas convencionales.

Rauch, Hahnel, Günther, Bidmon, Schierz. ⁽²²⁾	2020	Las prótesis fijas de circonio elaboradas con la técnica CAD-CAM tienden a tener mejor ajuste marginal que las convencionales, debido a que el diseño y fabricación digitales permiten mayor precisión y exactitud.	Tanto la técnica CAD-CAM como los métodos convencionales permiten lograr resultados estéticos satisfactorios en prótesis fijas de circonio, dependiendo de la habilidad y técnica del profesional. El uso de la técnica CAD-CAM facilita el proceso, pero requiere una curva de aprendizaje más prolongada.	-
Ulf Schepke, Henny Meijer, Wouter Kerdijk, Gerry Raghoobar, Marco Cune. ⁽²³⁾	2017	No se pudieron demostrar diferencias estadísticamente significativas entre los pilares de zirconia de stock fabricados mediante un proceso de mecanizado de precisión y los pilares de zirconia personalizados CAD-CAM.	El uso de un pilar de óxido de circonio personalizado CAD-CAM en la sustitución unitaria de un premolar no se asocia con una mejora del rendimiento clínico o de la satisfacción estética de los pacientes en comparación con el uso de un pilar de óxido de circonio estándar.	-

Asimismo, se obtuvieron valiosos resultados mediante las entrevistas realizadas a los expertos en odontología restauradora, los cuales proporcionaron una comparación detallada entre las técnicas CAD/CAM y las técnicas convencionales de fabricación de prótesis fijas de circonio. Las entrevistas revelaron que el 88 % de los expertos consideraron que la tecnología CAD/CAM ofrece una reducción significativa en el tiempo de trabajo al eliminar pasos como el encerado y el control de expansión y contracción del material colado. Esto contrasta con las técnicas convencionales, donde todos los pasos son necesarios, y según el 79 % de los expertos, esto puede afectar negativamente el ajuste de la restauración debido a posibles errores en la manipulación manual.

Desde el punto de vista de la precisión, se destacó que las restauraciones fabricadas mediante CAD/CAM alcanzan valores de ajuste marginal dentro de los límites clínicamente aceptables ($< 120 \mu\text{m}$), siendo superiores en un 90 % de los casos comparado con las técnicas convencionales. Estos resultados subrayan la capacidad de la tecnología CAD/CAM para producir restauraciones más precisas y consistentes, evitando problemas inherentes como los espacios interdentes y las microfiltraciones que fueron señalados por el 74 % de los entrevistados como desventajas comunes de las técnicas convencionales.

Sin embargo, la tecnología CAD/CAM no estuvo exenta de críticas. Cerca del 60 % de los expertos señalaron el alto costo del equipamiento y la necesidad de entrenamiento específico como barreras significativas para su adopción. En contraste, entre las desventajas de las técnicas convencionales, se incluyen la necesidad de múltiples pasos y ajustes manuales que no solo prolongan el tiempo de tratamiento, sino que también incrementan el riesgo de errores humanos, como indicó el 86 % de los expertos.

En términos de longevidad, las opiniones fueron mixtas. Mientras que las prótesis fabricadas con técnicas convencionales fueron consideradas por casi el 52 % de los entrevistados como potencialmente más duraderas debido a su ajuste preciso y mejor adhesión al esmalte, un 59 % de los entrevistados observó que las restauraciones CAD/CAM presentan una menor longevidad, influenciada por el tipo de material y los procesos de fabricación utilizados.

El flujo de trabajo digital, que incluye el escaneo de la cavidad oral y el fresado controlado por ordenador, fue altamente valorado por el 93 % de los expertos por su precisión y eficiencia. Por otro lado, el 75 % de los entrevistados que favorecían las técnicas convencionales destacaron la capacidad de estas para tratar casos más complejos donde la personalización extrema es crucial, aunque reconocieron el riesgo de afectar dientes sanos durante el tallado.

En general, las entrevistas con expertos sugieren que ambas técnicas tienen sus ventajas y desventajas específicas. La selección de una técnica sobre otra depende en gran medida del contexto clínico, los recursos disponibles y la formación del odontólogo. Estos resultados subrayan la necesidad de un equilibrio entre la innovación tecnológica y las habilidades tradicionales en odontología restauradora para optimizar los resultados en bien de los pacientes.

DISCUSIÓN

El óxido de zirconio, también conocido como zirconia (ZrO_2), ha emergido como un material cerámico de elección en la fabricación de prótesis fijas y restauraciones dentales debido a sus notables propiedades. La literatura revisada destaca su consolidación en la cerámica dental debido a avances significativos en la última década, resaltando su capacidad para cumplir con los criterios clave de satisfacción de los pacientes, incluyendo funcionalidad, comodidad, aspectos sociales y estética. Esta última es particularmente apreciada debido a la translucidez que la zirconia puede conferir a las restauraciones, así como su baja deformación estructural y excelentes propiedades mecánicas, de biocompatibilidad, resistencia al desgaste y corrosión, y estabilidad dimensional.

No obstante, a pesar de estas ventajas, el uso del óxido de zirconio no está exento de desafíos. Según las entrevistas realizadas a expertos y la revisión bibliográfica, se identificaron limitaciones significativas como el astillamiento de la capa de cerámica de recubrimiento y las fracturas en el núcleo de las prótesis, factores que están intrínsecamente relacionados con la arquitectura del material. Factores como la resistencia a la flexión de la cerámica de recubrimiento y la falta de coincidencia de los coeficientes de expansión térmica entre la cerámica y el núcleo de zirconio son críticos, y la presencia de defectos o huecos puede predisponer a fracturas, especialmente tras ajustes oclusales que exponen la estructura subyacente de zirconio.

En cuanto a la precisión de ajuste marginal y la calidad de las prótesis, las estructuras fabricadas mediante la técnica CAD-CAM han demostrado superioridad en la mayoría de los estudios revisados, superando a las estructuras de una sola pieza coladas y soldadas con láser. Sin embargo, algunos investigadores argumentan que no existen diferencias significativas en cuanto al tipo de implante fijo soportado o en los sistemas de retención entre las técnicas CAD-CAM y las convencionales de colado a la cera, especialmente en lo que respecta a pilares de zirconia fabricados mediante procesos de mecanizado de precisión.

Desde la perspectiva estética, los resultados obtenidos de las entrevistas sugieren que, con una adecuada técnica y experiencia, los métodos convencionales pueden lograr resultados estéticos comparables a los de CAD-CAM. La mayoría de los estudios coinciden en que, si ambas técnicas se realizan correctamente, se obtienen prótesis con propiedades mecánicas similares. No obstante, la tecnología CAD-CAM ha proporcionado un avance significativo en la odontología, ofreciendo restauraciones de alta calidad y con un alto nivel de precisión que es difícilmente alcanzable con técnicas más tradicionales.

En relación con la percepción y satisfacción del paciente, las prótesis fabricadas mediante técnicas CAD-CAM generalmente reciben valoraciones positivas debido a su ajuste más preciso y atractiva apariencia estética. Estas prótesis pueden diseñarse digitalmente para imitar de cerca la forma y el color de los dientes naturales, lo que resulta en una mejor aceptación por parte de los pacientes. Además, el proceso de fabricación asistido por ordenador puede reducir la necesidad de múltiples citas y tiempos de espera, lo cual es apreciado por los pacientes.

Como limitación de este estudio, se identificó la falta de investigaciones específicas que valoren los costos de producción de las prótesis fijas de zirconio mediante las técnicas CAD-CAM en comparación con las técnicas convencionales. Esta omisión impide una comprensión completa de los procesos de producción y los resultados económicos, lo que sugiere la necesidad de estudios futuros que profundicen en la evaluación de costos, así como en la durabilidad y la estética a largo plazo de estas prótesis.

CONCLUSIONES

El presente estudio permitió realizar una evaluación exhaustiva y comparativa de las técnicas CAD-CAM y las técnicas convencionales en la fabricación de prótesis fijas de zirconio, enfocándose en aspectos críticos como la precisión de ajuste, la estética, la satisfacción del paciente y la durabilidad de las restauraciones. La revisión bibliográfica efectuada permitió obtener un conocimiento teórico profundo de los principales elementos sobre el tema analizado, mientras que la realización de entrevistas proporcionó datos valiosos sobre las percepciones prácticas y preferencias de los profesionales, complementando los hallazgos de la revisión bibliográfica.

Dentro de las conclusiones del estudio, se identificó que tanto las técnicas CAD-CAM como las convencionales son capaces de producir prótesis fijas de zirconio con un acabado estético satisfactorio, lo cual está en gran medida condicionado por la habilidad y experiencia del profesional dental. No se encontró evidencia concluyente que sugiera que alguna de las técnicas altere significativamente las propiedades inherentes del zirconio. Es importante destacar que los sistemas de fabricación CAD-CAM se han reconocido por proporcionar restauraciones dentales fijas de alta calidad. La utilización de estas tecnologías en la elaboración de prótesis fijas de óxido de zirconio resulta en productos con una estética notablemente atractiva. No obstante, la selección entre la técnica CAD-CAM y los métodos convencionales debe ser una decisión personalizada, que considere de manera integral las necesidades específicas del paciente, la destreza del odontólogo y la calidad del trabajo final. Esta evaluación individualizada asegurará que se maximicen tanto la funcionalidad como la satisfacción del paciente con el resultado final de la prótesis.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Naccha A, Otazú CG. Odontología de mínima intervención: minimizando el ciclo de la restauración: Revisión de la literatura. *Rev Odontol Pediátrica* [Internet]. 2021;20(1):71-83. Available from: <https://op.spo.com.pe/index.php/odontologiapediatrica/article/view/163>

2. Santillán AM, Ticona VM, Escuza SR, Delgado SM, Huamán WI, Atoche KJ, *et al*. Propiedades ópticas y mecánicas del zirconio translúcido como material restaurador óptimo en prótesis fija: Una revisión de la literatura. *Rev Científica Odontológica* [Internet]. 2022;10(3):e121. Available from: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC10880710/>

3. Svanborg P. A systematic review on the accuracy of zirconia crowns and fixed dental prostheses. *Biomater Investig Dent* [Internet]. 2020;7(1):9-15. Available from: <https://www.tandfonline.com/doi/full/10.1080/26415275.2019.1708202>

4. Anadioti E, Musharbash L, Blatz MB, Papavasiliou G, Kamposiora P. 3D printed complete removable dental prostheses: A narrative review. *BMC Oral Health* [Internet]. 2020;20:1-9. Available from: <https://link.springer.com/article/10.1186/s12903-020-01328-8>

5. Barbin T, Silva LDR, Valente D, Almeida G, Camacho AG, Ricardo VA, *et al*. Biomechanical behavior of CAD/CAM cobalt-chromium and zirconia full-arch fixed prostheses. *J Adv Prosthodont* [Internet]. 2020;12(6):329. Available from: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC7790600/>

6. Valls A, Pozuelo L, Cuscó S, Marí A. Aplicación de la tecnología CAD/CAM para el manejo de la fisura alveolar: a propósito de un caso clínico. *Rev Española Cirugía Oral y Maxilofac* [Internet]. 2020;42(2):83-6. Available from: https://scielo.isciii.es/scielo.php?pid=S1130-05582020000200006&script=sci_arttext

7. Culqui WP, Robles JW, Ramos MA. Utilidad de la tecnología CAD/CAM en la fabricación de prótesis dentales. *MediSur* [Internet]. 2023;21(6):1305-11. Available from: http://scielo.sld.cu/scielo.php?pid=S1727-897X2023000601305&script=sci_arttext

8. Takeuchi Y, Tanaka M, Tanaka J, Kamimoto A, Furuchi M, Imai H. Fabrication systems for restorations and fixed dental prostheses made of titanium and titanium alloys. *J Prosthodont Res* [Internet]. 2019;64(1):1-5. Available from: https://www.jstage.jst.go.jp/article/jpr/64/1/64_1/_article/-char/ja/

9. Son K, Lee W-S, Lee K-B. Prediction of the learning curves of 2 dental CAD software programs. *J Prosthet Dent* [Internet]. 2019;121(1):95-100. Available from: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S002239131830074X>

10. Uluc IG, Guncu MB, Aktas G, Turkyilmaz I. Comparison of marginal and internal fit of 5-unit zirconia fixed dental prostheses fabricated with CAD/CAM technology using direct and indirect digital scans. *J Dent Sci* [Internet]. 2022;17(1):63-9. Available from: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1991790221001598>

11. Srinivasan M, Kamnoedboon P, McKenna G, Angst L, Schimmel M, Özcan M, *et al*. CAD-CAM removable complete dentures: A systematic review and meta-analysis of trueness of fit, biocompatibility, mechanical properties, surface characteristics, color stability, time-cost analysis, clinical and patient-reported outcomes. *J Dent* [Internet]. 2021;113:103777. Available from: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0300571221001986>

12. Von Elm E, Altman D, Egger M, Pocock S, Gøtzsche P, Vandenbroucke J. The Strengthening the Reporting of Observational Studies in Epidemiology (STROBE) statement: guidelines for reporting observational studies. *Rev Esp Salud Publica* [Internet]. 2019;82(3). Available from: <https://ora.ox.ac.uk/objects/uuid:a49eb01c-b7dd-4ad1-9d7b-b40e98019569>

13. Azpiazu FX, Lee DJ, Jurado CA, Afrashtehfar KI, Alhotan A, Tsujimoto A. Full-mouth rehabilitation of a patient with Sjogren's syndrome with maxillary titanium-zirconia and mandibular monolithic zirconia implant prostheses fabricated with CAD/CAM technology: a clinical report. *J Funct Biomater* [Internet]. 2023;14(4):174. Available from: <https://www.mdpi.com/2079-4983/14/4/174>

14. Stimmelmayer M, Groesser J, Beuer F, Erdelt K, Krennmair G, Sachs C, et al. Accuracy and mechanical performance of passivated and conventional fabricated 3-unit fixed dental prosthesis on multi-unit abutments. J Prosthodont Res [Internet]. 2017;61(4):403-11. Available from: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S1883195817300026>

15. Ha S-J, Cho J-H. Comparison of the fit accuracy of zirconia-based prostheses generated by two CAD/CAM systems. J Adv Prosthodont [Internet]. 2016;8(6):439. Available from: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC5179482/>

16. Naranjo V. Estudio comparativo de la precisión de ajuste marginal de coronas de disilicato de litio y zirconio hechas en CAD/CAM y cerámico por método convencional. Ecuador: [Tesis de Pregrado] Universidad Central del Ecuador; 2022.

17. Ueda K, Watanabe F, Katsuta Y, Seto M, Ueno D, Hiroyasu K, et al. Marginal and internal fit of three-unit fixed dental prostheses fabricated from translucent multicolored zirconia: Framework versus complete contour design. J Prosthet Dent [Internet]. 2021;125(2):340-e1. Available from: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0022391320305746>

18. Cantieri C, Araujo CA, de Luna Gomes JM, Ramos F, Piza E. CAD/CAM vs conventional technique for fabrication of implant-supported frameworks: A systematic review and meta-analysis of in vitro studies. Int J Prosthodont [Internet]. 2019;32(2):182-92. Available from: https://www.digital-education.it/images/scienza-articoli/CAD-CAM/Cad-Cam_vs_Conventional_Tecq_Implant_Review.pdf

19. Tasaka A, Shimizu T, Hirabayashi T, Yamashita S. Fabrication of zirconia abutment crown and clasp under existing removable partial denture using CAD/CAM technology. Clin Cosmet Investig Dent [Internet]. 2021;13:421-7. Available from: <https://www.tandfonline.com/doi/full/10.2147/CCIDE.S332944>

20. Altemimi A, Rodriguez J, Nahon M. A Combined Digital Technique for Manufacturing Functional Fixed Implant Prosthesis Prototypes Using a CAD/CAM Software. J Prosthodont [Internet]. 2022;31(1):85-90. Available from: <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/abs/10.1111/jopr.13416>

21. Faeghinejad M, Proussaefs P, AlHelal A, Lozada J. The CAD/CAM Compound Prosthesis: Digital Workflow for Fabricating Cement-Retained Zirconia Prosthesis Over Screw-Retained Milled Titanium Bars. Int J Periodontics Restorative Dent [Internet]. 2019;39(1):39-47. Available from: <https://lomalinda.elsevierpure.com/en/publications/the-cadcam-compound-prosthesis-digital-workflow-for-fabricating-c-4>

22. Rauch A, Hahnel S, Günther E, Bidmon W, Schierz O. Tooth-colored CAD/CAM materials for application in 3-unit fixed dental prostheses in the molar area: an illustrated clinical comparison. Materials (Basel) [Internet]. 2020;13(24):5588. Available from: <https://www.mdpi.com/1996-1944/13/24/5588>

23. Schepke U, Meijer HJA, Kerdijk W, Raghoobar GM, Cune M. Stock versus CAD/CAM customized zirconia implant abutments-clinical and patient-based outcomes in a randomized controlled clinical trial. Clin Implant Dent Relat Res [Internet]. 2017;19(1):74-84. Available from: <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/full/10.1111/cid.12440>

FINANCIACIÓN

Ninguna

CONFLICTO DE INTERESES

Los autores declaran que no existe conflicto de intereses.

CONTRIBUCIÓN DE AUTORÍA

Conceptualización: Jenny Victoria Manosalvas Tapia, Víctor Hugo Parreño Gallo, Noemi Estefani Morales Morales, Tatiana Lucrecia Pancho Chavarrea.

Curación de datos: Jenny Victoria Manosalvas Tapia, Víctor Hugo Parreño Gallo, Noemi Estefani Morales Morales, Tatiana Lucrecia Pancho Chavarrea.

Análisis formal: Jenny Victoria Manosalvas Tapia, Víctor Hugo Parreño Gallo, Noemi Estefani Morales Morales, Tatiana Lucrecia Pancho Chavarrea.

Adquisición de fondos: Jenny Victoria Manosalvas Tapia, Víctor Hugo Parreño Gallo, Noemi Estefani Morales

Morales, Tatiana Lucrecia Pancho Chavarrea.

Investigación: Jenny Victoria Manosalvas Tapia, Víctor Hugo Parreño Gallo, Noemi Estefani Morales Morales, Tatiana Lucrecia Pancho Chavarrea.

Metodología: Jenny Victoria Manosalvas Tapia, Víctor Hugo Parreño Gallo, Noemi Estefani Morales Morales, Tatiana Lucrecia Pancho Chavarrea.

Redacción - borrador original: Jenny Victoria Manosalvas Tapia, Víctor Hugo Parreño Gallo, Noemi Estefani Morales Morales, Tatiana Lucrecia Pancho Chavarrea.

Redacción - revisión y edición: Jenny Victoria Manosalvas Tapia, Víctor Hugo Parreño Gallo, Noemi Estefani Morales Morales, Tatiana Lucrecia Pancho Chavarrea.