



UNIVERSIDAD PERUANA
CAYETANO HEREDIA
FACULTAD DE ESTOMATOLOGÍA

EVALUACIÓN *IN VITRO* DE LAS ADAPTACIONES MARGINAL E INTERNA DE COFIAS METÁLICAS DE ALEACIÓN COBALTO CROMO (Co-Cr) SOBRE UNA LÍNEA DE TERMINACIÓN TIPO CHAMFER, CONFECCIONADAS CON DOS TÉCNICAS: CERA PÉRDIDA COLADA POR CENTRIFUGACIÓN CONVENCIONAL Y EL SISTEMA FUSIÓN SELECTIVA POR LÁSER ASISTIDO POR COMPUTADOR (CAD/CAM).

Tesis para obtener el Título de Especialista en
Rehabilitación Oral

Yovana Elisa Flores Valverde

Lima - Perú

2017

ASESORES

Mg. Esp. Martín Gilberto Quintana del Solar

Departamento Académico de Clínica Estomatológica

Mg. Esp. Diana Esmeralda Castillo Andamayo

Departamento Académico de Odontología Social

JURADO EXAMINADOR

Presidente : Mg. Antonio Balarezo Razzeto

Secretario : Mg. Claudia Delgado Nava

Miembro : Mg. Rosalía Amaro Padilla

FECHA DE SUSTENTACIÓN: 22 de mayo de 2017

CALIFICATIVO : Aprobado

DEDICATORIA

A mis padres por su apoyo incondicional y a
mi novio quien me alentó para continuar y
siempre estuvo conmigo.

AGRADECIMIENTO

- A Dios por bendecirme siempre, ha sido mi fortaleza en los momentos más difíciles de mis estudios.
- A mis padres Eleodoro y Sonia, por su apoyo incondicional en toda mi carrera y su gran amor hacia a mí.
- A mi novio Pedro, que siempre estuvo motivándome para poder realizar esta investigación.
- A mis asesores, Martín y Diana por su paciencia, dedicación y ser mis guías en la elaboración de la presente investigación.
- A todas las personas que de manera directa e indirecta me apoyaron en la culminación de mis estudios.

RESUMEN

Objetivo: El propósito de este estudio fue evaluar in vitro las adaptaciones marginal e interna de cofias metálicas de aleación Cobalto-Cromo (Co-Cr) sobre una línea terminación tipo chamfer, confeccionadas con dos técnicas: Cera pérdida colada por centrifugación convencional y fusión selectiva por láser CAD/CAM. **Materiales y Métodos:** Se confeccionó un modelo maestro de Co-Cr de una pieza preparada con terminación chamfer mediante sistema de fresado en CAD/CAM, de los cuales se fabricaron 26 cofias de aleación Co-Cr en total, 13 cofias para cada sistema a evaluar. Se utilizó la técnica de réplica de silicona para evaluar las adaptaciones marginales e internas con la silicona VPES Fit CheckerTM Advance (GC corporation, Tokyo, Japan). **Resultados:** La técnica de fusión selectiva por láser (a1: $24.70 \pm 10.29 \mu\text{m}$, f1: $34.32 \pm 35.92 \mu\text{m}$) obtuvo una menor discrepancia marginal en sentido vestíbulo-palatino en comparación con la técnica de cera pérdida colada por centrifugación convencional (a1: $89.65 \pm 58.39 \mu\text{m}$, f1: $92 \pm 88.40 \mu\text{m}$) encontrándose diferencias estadísticamente significativas ($p < 0.05$) entre ambas técnicas. En cambio, al comparar la discrepancia interna entre ambos sistemas no se encontraron diferencias estadísticamente. **Conclusiones:** Las cofias que presentaron una mejor adaptación marginal fueron las que se confeccionaron mediante la técnica de fusión selectiva por láser en CAD/CAM, demostrándose resultados concluyentes. En cuanto a la adaptación interna, aunque las medidas de la discrepancia interna de la técnica de fusión selectiva por láser fueron numéricamente menores en comparación con la técnica de cera pérdida colada por centrifugación convencional, sólo fueron valores descriptivos que no fueron concluyentes.

PALABRAS CLAVE: CAD/CAM, microfiltración, adaptación marginal, adaptación interna, aleación cobalto cromo, fusión láser.

ABSTRACT

Purpose. The purpose was to determine the marginal and internal accuracy of dental Co-Cr alloy copings whit line termination chamfer, fabricated by two techniques: cast wax conventional centrifugation and selective laser mealing CAD/CAM.

Materials and methods. A model of Co-Cr with CAD/CAM of a piece prepared with chamfer finish milling system was made, of which 26 metal coping of Co-Cr, were produced in total. The silicone replica technique was used to evaluate the marginal and internal accuracy with the VPES Fit CheckerTM Advance (GC corporation, Tokyo, Japan)

Results: The selective laser mealing CAD/CAM technique (a1: $24.70 \pm 10.29 \mu\text{m}$, f1: $34.32 \pm 35.92 \mu\text{m}$) obtained a smaller marginal discrepancy compared to the cast wax conventional centrifugation technique (a1: $89.65 \pm 58.39 \mu\text{m}$, f1: $92 \pm 88.40 \mu\text{m}$). Statistically significant differences were found between both systems. In contrast, when assessing the internal discrepancy between the two systems, no statistically significant difference was found.

Conclusions: The copings that presented a better marginal accuracy were those that were fabricated by the selective laser mealing CAD/CAM technique, demonstrating conclusive results. Regarding the internal accuracy, although the measures of the internal discrepancy of the selective laser mealing CAD/CAM technique were numerically smaller in comparison with the cast wax conventional centrifugation technique, they were only descriptive values that were not conclusive.

Keyword: CAD/CAM system, all-ceramic Crown-coping, chamfer preparation, marginal fit, internal fit.

ÍNDICE DE TABLAS

		Pag.
Tabla 1.	Discrepancia marginal en cofias metálicas unitarias de aleación Co-Cr, sobre una línea de terminación tipo chamfer, confeccionadas con la técnica de cera pérdida colada por centrifugación convencional según tipo de corte y punto marginal.	43
Tabla 2.	Discrepancia interna en cofias metálicas unitarias de aleación Co-Cr, sobre una línea de terminación tipo chamfer, confeccionadas con la técnica de cera pérdida colada por centrifugación convencional según tipo de corte, zona y punto interno.	45
Tabla 3.	Discrepancia marginal en cofias metálicas unitarias de aleación Co-Cr, sobre una línea de terminación tipo chamfer, confeccionadas con la técnica fusión selectiva por láser CAD/CAM según tipo de corte y punto marginal.	47
Tabla 4.	Discrepancia interna en cofias metálicas unitarias de aleación Co-Cr, sobre una de línea terminación tipo chamfer, confeccionadas con la técnica fusión selectiva por láser CAD/CAM según tipo de corte, zona y punto interno.	49
Tabla 5.	Análisis de Supuesto de Normalidad de las discrepancias marginales e internas según punto de evaluación y técnica de confección.	51
Tabla 6.	Comparación de la adaptación marginal en cofias metálicas unitarias de aleación de Co-Cr sobre una línea de terminación tipo chamfer confeccionadas por dos técnicas: cera pérdida colada por centrifugación convencional y fusión selectiva por láser en CAD/CAM, según tipo de corte y punto marginal.	52
Tabla 7.	Comparación de la adaptación interna en cofias metálicas unitarias de aleación de Co-Cr sobre una línea de terminación tipo chamfer confeccionadas por dos técnicas: cera pérdida colada por centrifugación convencional y fusión selectiva por láser en CAD/CAM, según tipo de corte, zona y punto interno.	53

ÍNDICE DE GRÁFICOS

		Pag.
Gráfico 1.	Gráfico de caja y bigotes de la discrepancia marginal en cofias metálicas unitarias de aleación Co-Cr, sobre una línea de terminación tipo chamfer, confeccionadas con la técnica de cera pérdida colada por centrifugación convencional según tipo de corte y punto marginal.	44
Gráfico 2.	Gráfico de caja y bigotes de la discrepancia interna en cofias metálicas unitarias de aleación Co-Cr, sobre una línea de terminación tipo chamfer, confeccionadas con la técnica de la cera pérdida colada por centrifugación convencional según tipo de corte, zona y punto interno.	46
Gráfico 3.	Gráfico de caja y bigotes de la discrepancia marginal en cofias metálicas unitarias de aleación Co-Cr, sobre una línea de terminación tipo chamfer, confeccionadas con la técnica de fusión selectiva por láser CAD/CAM según tipo de corte y punto marginal.	48
Gráfico 4.	Gráfico de caja y bigotes de la discrepancia interna en cofias metálicas unitarias de aleación Co-Cr, sobre una línea de terminación tipo chamfer, confeccionadas con la técnica de fusión selectiva por láser CAD/CAM según tipo de corte, zona y punto interno.	50

LISTA DE FIGURAS

- Figura 1.** Premolar superior.
- Figura 2.** Llave de silicona para la preparación.
- Figura 3.** Preparación dentaria del premolar superior.
- Figura 4.** Diseño de la cofia.
- Figura 5.** Fresado en seco en CAD/CAM.
- Figura 6.** Sinterizado del modelo maestro.
- Figura 7.** Modelo maestro (zona vestibular)
- Figura 8.** Modelo maestro (zona palatino).
- Figura 9.** Modelo maestro (zona distal).
- Figura 10.** Modelo maestro (zona mesial).
- Figura 11.** Curvatura cervical del modelo maestro.
- Figura 12.** Encerado de patrón de cera.
- Figura 13.** Revestimiento del patrón de cera.
- Figura 14.** Fundición de la aleación Co-Cr .
- Figura 15.** Centrifugación convencional.
- Figura 16.** Escáner del modelo de yeso.
- Figura 17.** Diseño de la cofia metálica.
- Figura 18.** Confección de cofias metálicas con el sistema de fusión selectiva por láser.
- Figura 19.** Obtención de cofias metálicas.
- Figura 20.** Silicona VPES blanco Fit CheckerTM Advance (GC Corporation, Tokyo, Japan).
- Figura 21.** Presión con la máquina de ensayo universal Instron CTM-5L (LG Electronics, Seúl, Korea).
- Figura 22.** Cofia de Silicona VPES blanco Fit CheckerTM Advance (GC Corporation, Tokyo, Japan).
- Figura 23.** Silicona de relleno inyectada.

Figura 24. Replica de silicona, vestibulo palatino.

Figura 25. Replica de silicona, mesio distal .

LISTA DE ABREVIATURAS Y SÍMBOLOS

ADA	:	American Dental Association.
ANSI	:	American National Standards Institute,
Au	:	Oro.
Ag	:	Plata.
Be	:	Berilio.
CAD	:	Diseño asistido por computador
CAM	:	Manufactura asistido por computador.
Co	:	Cobalto.
Cr	:	Cromo.
Cu	:	Cobre.
Fe	:	Fierro.
Ga	:	Galio.
In	:	Indio.
Mn	:	Manganeso.
mm	:	Milímetros.
Mo	:	Molibdeno.
N	:	Nitrógeno.
Nd-YAG	:	Granate de aluminio de itrio dopado con neodimio.
Ni	:	Níquel.
Nb	:	Niobio
Pd	:	Paladio.
Pt	:	Platino.
Si	:	Silicio.
SLM	:	Selective Laser Melting o fusión selectiva por láser.
SLS	:	Selective Laser Sintering o sinterizado selectiva por láser.
TiAlV	:	Titanio Aluminio Vanadio.

μm	:	Micrómetros.
VPS	:	Polivinilsiloxano.
VPES	:	Vinil polieter silicona.
W	:	Wolframio o tungsteno.
Zn	:	Zinc.

INDICE DE CONTENIDOS

	Pág.
I. INTRODUCCIÓN	1
II. PLANTEAMIENTO DE LA INVESTIGACIÓN	3
II.1. Planteamiento del problema	3
II.2. Justificación	5
III. MARCO CONCEPTUAL	6
IV. OBJETIVOS	23
IV.1. Objetivo general	23
IV.2. Objetivos específicos	23
V. HIPÓTESIS	25
VI. MATERIAL Y MÉTODOS	26
VI.1. Diseño del estudio	26
VI.2. Población	26
VI.3. Muestra	26
VI.4. Criterios de selección	26
VI.4.1. Criterios de inclusión	26
VI.4.2. Criterios de exclusión	27
VI.5. Variables	28
VI.6. Técnicas y/o procedimientos	28
VI.7. Plan de Análisis	37
VI.8. Consideraciones Éticas	37
VII. RESULTADOS	38
VIII. DISCUSIÓN	54
IX. CONCLUSIONES	59
X. RECOMENDACIONES	61
XI. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	62
XII. ANEXOS	64

I. INTRODUCCIÓN

La adaptación marginal de las coronas metalcerámica es un punto muy importante para la rehabilitación protésica ya que al alcanzar un adecuado *gap* disminuye las fallas protésicas que podrían presentarse por caries, acumulación de placa bacteriana y por enfermedad periodontal en los tejidos circundantes. Presentándose diferentes valores clínicamente aceptables desde discrepancias marginales iguales o menores a 40 μm hasta valores encontrados en el estudio de McLean y von Fraunhofer, quienes llegaron a la conclusión, que una discrepancia marginal de hasta 120 μm es clínicamente aceptable.¹

La adaptación interna es el grado de precisión a nivel axial y oclusal entre la superficie de la preparación y la superficie interna de la cofia metálica, hace referencia al asentamiento completo de la restauración durante la cementación.¹

Hoy en día las aleaciones metálicas de las coronas metalcerámica siguen teniendo un alto grado de éxito. La aleación níquel-cromo (Ni-Cr) es una de las más utilizadas; sin embargo, han exhibido limitaciones inherentes como son la formación de óxidos excesivos y las reacciones alérgicas que pueden ocasionar. Debido a todas estas características la aleación cobalto-cromo (Co-Cr) es una alternativa novedosa por su buena biocompatibilidad, resistencia mecánica, resistencia a la corrosión y su costo aceptable.²

Las nuevas tecnologías en odontología están experimentando un cambio de la producción de estructuras metálicas convencionales, como es la técnica de cera pérdida colada por centrifugación, a las tecnologías digitalizadas. Estas tecnologías pueden clasificarse como basada en la manufactura de sustracción, el cual consiste en el mecanizado de materiales prefabricados asistidos por un ordenador, o en la

fabricación aditiva, como el de la tecnología de fusión selectiva por láser desarrollado recientemente.³

El propósito de este estudio será evaluar la adaptación marginal e interna de cofias metálicas unitarias de aleación Cobalto-Cromo (Co-Cr) sobre una línea de terminación tipo *chamfer*, confeccionadas con dos técnicas: cera pérdida colada por centrifugación convencional y fusión selectiva por láser CAD/CAM, brindando información valiosa sobre la elección de la técnica que ofrezca mejores resultados.

II. PLANTEAMIENTO DE INVESTIGACIÓN

II. 1. Planteamiento del problema

La adaptación marginal e interna son criterios muy importantes a tener en cuenta en las restauraciones de prótesis fija, determinando la longevidad de la corona. El éxito de estas restauraciones depende en gran medida de un adecuado sellado marginal. Las discrepancias marginales exponen el material de cementación al medio ambiente oral, lo que conduce a una disolución del cemento y microfiltración, y por consecuencia contribuye a la filtración de las bacterias hacia la estructura dentaria, pudiendo causar caries dental e inflamación de la pulpa.^{4,5}

El tipo de línea de terminación tiene como objetivo lograr una adecuada adaptación de las restauraciones, lo que contribuye a una menor disolución del cemento; además, se relaciona con el espacio suficiente para un adecuado grosor de la aleación y la porcelana obteniendo un óptimo contorno. Dentro de las diferentes configuraciones cervicales la literatura señala tres tipos para las coronas metalcerámica siendo estas: *chamfer*, hombro bisel y bisel de 135°. En un estudio de Hunter y Hunter en 1990 mostraron que la línea de terminación cervical empleada en las restauraciones dentarias puede afectar la adaptación cervical de dichas restauraciones. Concluyendo que la línea de terminación tipo *chamfer* proporciona frecuentemente una mejor adaptación marginal.⁶⁻⁸

Para la elaboración de una corona metalcerámica se debe tener en cuenta la aleación metálica a utilizar; ya que de esto depende la tasa de supervivencia con respecto a sus propiedades biológicas y mecánicas. Dentro de las aleaciones metálicas la que presenta mejores características clínicas es la aleación Cobalto-Cromo (Co-Cr), por presentar alta resistencia a la corrosión en el medio biológico.⁹

El desarrollo de nuevas técnicas en la obtención de la subestructura metálica se ha convertido en un esfuerzo importante para mejorar las propiedades mecánicas y sobre todo la adaptación marginal. Para la obtención del metal se pueden utilizar diferentes técnicas, una de ellas es la técnica de cera pérdida colada por centrifugación convencional, que consiste en encerar un patrón de cera de la estructura que se desea obtener, posteriormente la cera es evaporada por el calor mediante un soplete y por último se impulsa el metal fundido por medio de una fuerza centrífuga en el molde a través de un canal denominado bebedero.¹⁰

Otra de las técnicas de elaboración es la tecnología de Fusión selectiva por láser CAD/CAM, la cual fabrica copias de aleaciones metálicas por aplicación de un láser de Nd-YAG, que fusiona selectivamente un polvo de metal creando capas de metal solidificado. Para la elaboración de una restauración por este método se deben seguir tres fases: digitalización de la preparación dental obtenida por medio de un escáner, diseño de la restauración lograda mediante un programa de computador y fusión selectiva por láser del polvo de aleación Co-Cr del cual se obtiene la restauración.¹¹

Es así que la presente investigación, evaluó el nivel de la adaptación marginal e interna de copias metálicas de aleación Cobalto-Cromo (Co-Cr) sobre una línea de terminación tipo *chamfer*, confeccionadas con dos técnicas: cera pérdida colada por centrifugación convencional y fusión selectiva por láser CAD/CAM.

Por todo lo expuesto se formula la siguiente pregunta:

¿Cuál de las dos técnicas de fabricación, cera pérdida colada por centrifugación convencional o fusión selectiva por láser CAD/CAM, presentarán mejor adaptación marginal e interna para la confección de copias unitarias de aleación de Co-Cr sobre una línea de terminación tipo *chamfer*?

II. 2. Justificación

Teórico: El presente estudio tiene relevancia científica porque aporta nuevos conocimientos y evidencia en cuanto a niveles de adaptaciones marginal e interna de cofias metálicas de aleación Co-Cr con línea de terminación tipo *chamfer*, para tratamientos con prótesis fijas unitarias, elaboradas mediante dos técnicas; cera pérdida colada por centrifugación convencional y fusión selectiva por láser en CAD/CAM.

Clínica: Los resultados de la investigación in vitro tienen relevancia clínica porque nos da a conocer cuál de las técnicas de fabricación: cera pérdida colada por centrifugación convencional o la técnica de fusión selectiva por láser en CAD/CAM tiene mejores resultados en las adaptaciones marginal e interna para la confección de cofias de aleación Co-Cr sobre una línea de terminación *chamfer*. Así como las ventajas y desventajas que posee cada técnica, y esto ayude a elegir la más adecuada teniendo en consideración la precisión en las estructuras, tiempos de elaboración y costos y así evitar posibles complicaciones biológicas, técnicas y estéticas de las restauraciones con prótesis fijas unitarias.

III. MARCO CONCEPTUAL

Línea de terminación

La línea de terminación puede ser definida como la configuración del margen cervical de una preparación dentaria, sobre la cual encajará una restauración de prótesis fija. Esta restauración tiene que tener una perfecta adaptación de sus márgenes a la línea de terminación de la preparación dentaria, de tal manera que las preparaciones incorrectas y una mala elección de la línea de terminación estarán asociadas a fracasos en la adaptación marginal.¹²

La forma de la línea de terminación se ha ido modificando de acuerdo a la resistencia de los materiales, la estética, la estructura dentaria y a los tejidos periodontales. Durante el tallado de la configuración cervical se recomienda seguir una serie de objetivos que establecerán la durabilidad en el tiempo de la corona dental. Dichos objetivos están encaminados a la obtención de una correcta adaptación marginal. Como son: una preparación sencilla y conservadora, evidente identificación en la impresión y en el troquel de yeso de trabajo, proporcionar un adecuado espacio para el material de restauración y con esto obtener suficiente resistencia cuando se realice la función, no debe ser irregular y no se debe tener ángulos de esmalte sin soporte.⁶

Hay muchas líneas de terminación para restauraciones metalcerámicas, tales como: *chamfer*, hombro bisel y bisel de 135°. La diferencia entre estas preparaciones se da por las diferentes configuraciones a nivel cervical. En la terminación tipo *chamfer* se da una unión entre la pared axial y gingival realizada por un segmento de círculo y se realiza con una fresa troncocónica diamantada de punta redondeada. En la terminación hombro bisel, entre la pared axial y gingival se da un ángulo de aproximadamente de 90° y tiene un biselado de la arista cavo superficial realizado

con una fresa diamantada tipo flama. En la terminación bisel de 135°, las uniones entre la pared axial y gingival son hechas con una fresa diamantada tipo punta de lápiz en su extremo, permite tener buena adaptación marginal pero no tiene suficiente espacio a nivel cervical para la colocación de la porcelana.⁷

Aunque aún no hay una evidencia clara de cuál de ellas es la mejor, la mayoría de autores recomienda la terminación tipo *chamfer* en coronas metalcerámicas, ya que proporciona un adecuado espacio a nivel cervical para el opáquer y la cerámica, un buen ajuste tras el proceso de colado y suficiente resistencia para que la cocción de la porcelana no distorsione esa adaptación y además consigue buenos ajustes marginales y mejor escurrimiento del cemento.¹³

En el 2007 Bottino *et al* ⁶, evaluaron la adaptación marginal en cofias metálicas de tres líneas de terminación: *chamfer*, bisel de 135° y hombro redondeado, realizándose 60 especímenes para cada grupo de terminación, luego se cementaron las cofias con diferentes agentes cementantes como fueron el fosfato de zinc, ionómero de vidrio y cemento resinoso, después con un microscopio óptico se realizaron las mediciones. Entre sus conclusiones se evidenció una mejor adaptación cervical con la línea de terminación tipo *chamfer*.

Adaptación Marginal e Interna

La adaptación marginal se define como el adecuado ajuste que debe existir entre la línea de terminación de la preparación dentaria y el margen cervical de la corona, la distancia que existe entre estos dos puntos se conoce como discrepancia marginal o “*gap*” marginal, cuando hay una menor discrepancia marginal existe una mejor adaptación marginal. Una buena adaptación marginal disminuye la probabilidad de caries, enfermedad periodontal y fracaso de la restauración.¹⁴ La adaptación interna

se define como el ajuste que se da entre la estructura de la corona y la superficie del pilar dentario, la distancia perpendicular que existe entre estos dos puntos se conoce como discrepancia interna o “*gap*” interno, esta distancia debe ser uniforme para proporcionar un espacio adecuado al agente cementante y así conferir a la corona la retención y resistencia adecuada. La discrepancia marginal, varía entre diferentes estudios y no existen consensos que nos brinden información acerca de cuál sería el espacio o *gap*, que clínicamente sea aceptable para el cemento. Algunos estudios sugieren espacios de 50 a 100 μm , mientras que otros autores sugieren que 120 μm pueden ser consideradas como aceptable.^{1,15}

Una adecuada adaptación marginal es uno de los factores técnicos más importantes para el éxito a largo plazo de las coronas metalcerámica. Grandes desadaptaciones pueden llevar al fracaso del tratamiento y puede producir una serie de alteraciones ya sean estéticas, mecánicas y/o biológicas. Los problemas estéticos son los que afectan a la forma, color y textura, principalmente, y pueden ser producidos por la afectación de los tejidos periodontales. La frecuente descementación de la restauración forma parte de los problemas mecánicos y suele ser debido al desajuste marginal existente entre la restauración y el diente. Aumentando la discrepancia marginal se expone el material de cementación al medio ambiente oral, lo que conduce a una disolución del cemento y por lo tanto a la microfiltración de la corona dental, el sellado del cemento se desvanece y permite la filtración de bacterias causando hiperemia de la pulpa vital. La precisión de una restauración también se puede definir en términos de desajuste, medido en varios puntos entre la superficie de la restauración y la estructura dentaria.¹⁶

La causa del desajuste marginal en una restauración de prótesis fija se puede dar en el proceso de elaboración, tanto clínicas como de laboratorio; entre las cuales se enumeran las siguientes:¹⁷

- Durante la preparación del diente, donde influye el ancho y la altura de la preparación, el ángulo de convergencia, y la elección del tipo de la línea de terminación.
- Durante los procedimientos de toma de impresión y vaciado de yeso del modelo de trabajo.
- Durante el proceso de laboratorio.
- Durante el protocolo de cementación de la restauración.

Sin embargo; así se controle todas estas situaciones siempre existirá un cierto desajuste marginal de las restauraciones, existiendo una interfase entre el diente y la restauración.¹⁷

La Norma ANSI-ADA de la Asociación Dental Americana establece en su especificación número ocho, “que el espesor de película del agente cementante puede influir en el correcto asentamiento de las coronas, por eso el grosor de película debe de ser máximo de 25 μm para un agente cementante, que corresponde al grosor de película del cemento de fosfato de zinc tipo I”.¹ Se evidencia mejor adaptación marginal al colocar el espaciador en el modelo a una distancia de 0,5 a 1 mm de la línea de terminación.¹⁸

En el 2014 Xu *et al*¹¹, compararon la adaptación marginal de 36 coronas de aleación metálica de Co-Cr con línea de terminación *chamfer* fabricados con dos técnicas: fusión selectiva por láser y la técnica de cera pérdida colada por centrifugación convencional. Se utilizaron 18 muestras para cada técnica. Se evaluó la adaptación marginal a través de la técnica de réplica de silicona, cada corona se seccionó en

cuatro partes, y se evaluó con un esteriomicroscopio Stemi 2000C (Carl Zeiss Microscopy, NY, USA) a 100x con el software SPOT v4.6 (Carl Zeiss Microscopy, NY, USA). Resultando que la menor discrepancia marginal de las coronas fabricadas por el sistema de fusión selectiva por láser fue de 102,86 μm obteniendo una mejor adaptación marginal en comparación con las coronas coladas por centrifugación convencional que fueron de 170,19 μm , encontrando estos resultados diferencias estadísticamente significativas.

En el 2014 Nesse *et al*³, evaluaron tres métodos de fabricación: fresado de bloques blandos presinterizados en seco, fusión selectiva por láser y cera pérdida colada por centrifugación convencional en puentes fijos. Se preparó un modelo patrón de plástico con una preparación a nivel cervical tipo *chamfer*, luego se utilizaron 30 cofias de Co-Cr para ppf de tres unidades con pilar premolar y molar, evaluándose diez cofias de ppf para cada sistema. Se analizó la adaptación interna y marginal con el método de la réplica de silicona, el cual utilizó como indicador una silicona VPES Fit CheckerTM Advance (GC Corporation, Tokyo, Japan) que simuló el espacio del cemento, luego se colocó una silicona polisiloxano pesada Xantopren® (Heraeus Kulzer, Hanau, Germany), ejerciendo una presión similar a la situación clínica, se retiró el espécimen de silicona y se seccionó en dirección vestíbulo-palatino y mesio-distal. Para evaluar el grosor de la silicona se utilizó un microscopio electrónico y un programa de medición digital y para medir la adaptación marginal se utilizó el método de visión directa. Se encontraron diferencias estadísticamente significativas en la adaptación interna y marginal entre los grupos de prueba. Se concluyó que la técnica de fresado de bloques blandos presinterizados en seco obtuvo mejores resultados en la adaptación marginal e interna, seguido de la cera pérdida colada por centrifugación y fusión selectiva por láser.

En el 2015 Huang *et al*¹⁸, compararon la adaptación marginal e interna de coronas metalcerámica confeccionadas con aleaciones de Co-Cr y Au-Pt en diferentes tipos de dientes, se fabricaron 110 cofias por cada grupo con un diseño cervical tipo *chamfer*: cofias de aleación Co-Cr fabricados con la técnica de fusión selectiva por láser (SLM), cofias fabricadas por la técnica de colado de aleación Au-Pt y aleación Co-Cr. La adaptación marginal e interna se registró mediante la técnica de réplica de silicona. Las réplicas de las muestras de las piezas anteriores y premolares fueron seccionadas en dos partes; mientras que las réplicas de molares fueron seccionadas en cuatro partes. El ancho de la brecha marginal e interna de cada sección transversal fue examinado por un esteriomicroscopio SteREO Discovery.V12 (Carl Zeiss Microscopy, NY, USA) a 30x de magnificación con el software. Se obtuvieron como resultados que la discrepancia marginal del grupo de SLM Co-Cr ($75.6 \pm 32.6 \mu\text{m}$) fueron resultados similares al del grupo de colado de aleación Au-Pt ($76.8 \pm 32.1 \mu\text{m}$), pero fue menor que el grupo de la técnica de colado de aleación Co-Cr ($91.0 \pm 36.3 \mu\text{m}$). El promedio de la discrepancia interna a nivel axial del grupo de SLM Co-Cr ($129.9 \pm 61.1 \mu\text{m}$) fue numéricamente menor, que del grupo de la técnica de colado de aleación Co-Cr ($142.5 \pm 63.7 \mu\text{m}$), pero entre los tres grupos no se encontró diferencias estadísticamente significativas. El promedio de la discrepancia interna a nivel oclusal del grupo de SLM Co-Cr fue de $309.8 \pm 106.6 \mu\text{m}$, siendo significativamente mayor en comparación a los grupos de la técnica de colado de aleación Au-Pt ($254.6 \pm 109.6 \mu\text{m}$), y Co-Cr ($249.6 \pm 110.4 \mu\text{m}$). La discrepancia marginal, axial y oclusal entre los especímenes anterior, premolar y molar no fue estadísticamente significativa. Los autores concluyeron que la adaptación marginal de coronas metalcerámicas del grupo de SLM de aleación Co-Cr fueron similares a las del grupo de colado de aleación Au-Pt y mejores que el grupo de colado de

aleación Co-Cr. En la adaptación axial no se encontró diferencias estadísticamente significativas entre los grupos de SLM de aleación Co-Cr y los grupos colados, pero estos grupos obtuvieron mejores adaptaciones a nivel oclusal.

En el 2015 Koutsoukis *et al* ¹⁹ revisaron el efecto del procedimiento de fusión selectiva por láser (SLM) sobre las propiedades de las estructuras dentales hechas de aleaciones Co-Cr y evaluaron su calidad y la compararon con las técnicas de fresado y de colado. Donde encontraron que la técnica de fusión selectiva por láser es una tecnología muy prometedora, dadas las limitaciones de las otras técnicas. Además que proporcionó restauraciones menos costosas y rápidamente confeccionadas sin comprometer su calidad, ganando en la producción cotidiana de restauraciones protésicas, también se mencionó que en la adaptación marginal e interna en el sistema de fusión selectiva por láser CAD/CAM obtuvieron resultados satisfactorios.

Hoy en día no hay un acuerdo sobre la medida de la discrepancia marginal en los sistemas CAD/CAM. Huang *et al* dentro de su publicación hace referencia a Gonzalo y col, donde encontraron que un espacio de cemento predeterminado de 50 μm sería suficiente para obtener un gap marginal satisfactorio en las restauraciones. Blackman también consideró que una discrepancia marginal no debería ser mayor a 50 μm . Blind y Morman evaluaron el gap marginal en coronas CAD/CAM en preparaciones cervicales tipo *chamfer* reportando resultados de 17 a 43 μm . Como conclusión de las diversas investigaciones la mayoría de autores coinciden que la discrepancia marginal no debe ser mayor a 120 μm , en la discrepancia interna no hay aún un consenso entre los autores, pero la gran mayoría coinciden en que debe ser uniforme, pudiendo oscilar en un rango de 50 a 350 μm .^{1,16,18}

Tipo de Aleaciones

En odontología se utilizan aleaciones de mayor o menor complejidad en función de los elementos que intervengan. Estas aleaciones presentan una resistencia a la corrosión y una composición que las hacen adecuada para el uso clínico.²⁰

Una aleación se define como la mezcla de dos o más metales o de un metal y ciertos no metales. Las aleaciones en el campo odontológico contienen al menos cuatro metales o más.¹²

Las aleaciones para restauraciones dentales se han incrementado enormemente en los últimos 25 años. Hay las que contienen metales inertes que no reaccionan químicamente a sustancias que provocan corrosión y oxidación como los metales nobles: oro, plata, paladio y platino. También las que contienen metales reactivos que reaccionan químicamente a sustancias que provocan corrosión y oxidación como: cobalto, níquel, cromo, zinc, cobre y titanio.²¹

De acuerdo a una publicación de la Asociación Dental Americana (ADA) las aleaciones dentales pueden ser clasificadas de acuerdo al contenido de material noble que presenta la aleación: 1. Aleaciones altamente nobles (mayor o igual a 40% de oro); 2. Aleaciones nobles (contenido de metal noble mayor o igual a 25%); 3. Aleaciones metal base (contenido de metal noble menor a 25%).²²

En las aleaciones con alto contenido en metal noble, más del 60% del metal es noble con un mínimo del 40% en oro como las de Au-Pt. Debido a la gran estabilidad termodinámica del oro presentan una gran resistencia a la corrosión, una gran facilidad para el colado, además de una gran ductilidad.²⁵

Las aleaciones nobles, presentan un mínimo del 25% de metal noble, son aleaciones ricas en paladio. Las más utilizadas son la aleación de Au-Cu-Ag-Pd, Au-Ag-Pd-In, Pd-Cu-Ga y Ag-Pd. Tienen un módulo de elasticidad más alto que las aleaciones ricas en oro y poseen unas buenas propiedades físicas y mecánicas.²²

Las aleaciones metal base, presentan menos de un 25% de metal noble, este es el caso de las aleaciones compuestas por Ni-Cr-Be, Ni-Cr-Mo o Co-Cr.²³

Cuando se realiza una corona metalcerámica, la elección de la aleación que se utilizará depende de diferentes factores como: el precio, la rigidez, la facilidad de trabajo, el acabado y pulido, la resistencia a la corrosión y la biocompatibilidad. No existe una aleación que sea mejor en todos los aspectos.^{22,23}

Las aleaciones altamente nobles y las aleaciones nobles son costosas además de no ser compatible con todas las cerámicas. Por ese motivo se utilizan más las aleaciones metal bases, por ser económicas y compatibles con todas las cerámicas. Una de las aleaciones metal base para colar más usadas es la de Ni-Cr-Be (80% Ni, 13% a 22 % de Cr, 1% a 3% Be), el Ni incrementan la dureza y resistencia a la corrosión, el Cr resistencia a la corrosión y crea los óxidos para la adhesión de la cerámica, mientras que el Berilio incrementa la fluidez ayudando a que el vaciado de la aleación se más exacto y controla la oxidación superficial mejorando la unión a la cerámica, pero es potencialmente cancerígeno; por eso han aparecido aleaciones para colar de Ni-Cr-Mo (61% Ni, 26% Cr, 11% Mo, 1.5% Si, 1.2% Fe) donde el Mo aumenta la elasticidad y estabilidad química protegiendo a la aleación de carburación no deseada, el Si influye en las propiedades del flujo aumentando la fluidez de la masa mejorando la colabilidad; ambas aleaciones de Ni-Cr tienen una buena unión a la cerámica pero existen reportes del 5 al 8% de la población que tienen alergia al Ni. Otra aleación metal base para colar que se está utilizando con mayor fuerza es la de Co-Cr (63 % Co, 24% Cr, 3% Mo, 8% W, 1% Si, <1% Mn y N), donde el Co aumenta la dureza, la resistencia a la corrosión, a la oxidación, al desgaste y en las aleaciones de colado la fluidez de la masa fundida mejorando la buena colabilidad, el W tiene un efecto similar que el Mo reduciendo la expansión térmica, el Mn tiene un

efecto de desoxidación en la masa fundida y el N permite alcanzar alta dureza con alta ductibilidad. La aleación Co-Cr tiene mayor oxidación que las aleaciones de Ni-Cr, teniendo una unión a la cerámica aceptable y duradera, estas aleaciones presentan una resistencia a la corrosión y una composición que las hacen adecuada para el uso clínico. Actualmente es una de las aleaciones más utilizadas debido a que cumplen de modo satisfactorio estas propiedades.²¹

El alto módulo de elasticidad que presenta la aleación de Co-Cr (promedio de 250Gpa dependiendo de la casa comercial, de los porcentajes de cada elemento de la aleación y del proceso a que ha sido sometido) y su alta resistencia a la corrosión, hace que sea un material de elección al realizar tratamientos protésicos. De todas maneras, aunque la aleación utilizada siempre es Co-Cr la proporción de cromo, cobalto y la variación porcentual del resto de elementos presentes en la aleación varían para poder ser procesados adecuadamente por los distintos sistemas de fabricación.²³

Las aleaciones de Co-Cr han ido ganando popularidad a través de los años. Recientes investigaciones han dado como resultado aleaciones que no muestran corrosión en aplicaciones clínicas en restauraciones de prótesis fija. Este aumento en su uso se debe a su baja densidad, bajo precio, alto módulo de elasticidad (rigidez) y la resistencia a la pigmentación de estas aleaciones.²⁴

Hoy en día las aleaciones de Co-Cr se pueden trabajar mediante la técnica de cera pérdida colada por centrifugación convencional e inducción y técnicas CAD/CAM, pudiéndose presentar en pastillas para colar, en polvo para fusión por láser y para fresar en forma de bloques duros sinterizados y bloques blandos presinterizados esta es luego sinterizado en horno de gas Argón, lo que varía es la composición de las aleaciones, según sea el sistema de fabricación.^{24,25}

La comparación de los porcentajes de cada componente en pastillas de Co-Cr para colado y en el polvo Co-Cr para la fusión por láser es como sigue: ²⁵

	Co	Cr	Mo	Si	Nb	W	Mn	Fe	N
Colado (Co-Cr)	63 %	24%	3%	1%	<1%	8%	<1%	-	<1%
Fusión por láser (Co-Cr)	60.5%	28%	-	1.5%	<1%	9%	<1%	<1%	<1%

Técnicas para la Elaboración de Prótesis Fija con estructura metálica

Técnica de cera pérdida colado por centrifugación convencional

El colado dental es uno de los métodos más comunes y antiguos para la fabricación de las aleaciones metálicas. El primero en utilizarlo por primera vez para producir incrustaciones de oro fue Taggart en 1907. Los procedimientos del colado consisten en la elaboración de un patrón de cera, el cual es fabricado a la forma de la estructura metálica requerida.¹⁰

El patrón de cera se realiza colocando primero sobre el troquel de yeso el aislante para cera y el grosor del espaciador luego se comienza con la cera para hombro a nivel de toda la línea de terminación, dentro de las características de esta cera es su casi nula distorsión, para obtener un adecuado sellado a nivel cervical, luego se realiza la técnica de inmersión, donde el troquel es sumergido en un recipiente de cera derretida calibrada a 0.5 mm. Obtenido el patrón de cera se adjunta un bebedero, su propósito es proporcionar un canal a través del cual se vierte la aleación metálica fundida al espacio que se creará cuando se funda la cera, en un cilindro de colado se coloca un yeso de revestimiento alrededor del patrón de cera. El cilindro utilizado debe mantener la integridad a la temperatura del colado sin modificar los yesos dentales. En la etapa de la fundición, primero se retira la cera colocando el cilindro

de colado en un horno a una temperatura determinada, para dejar el espacio de la futura estructura. La aleación metálica es vertida en el espacio ocupado anteriormente por la cera; ya que esta se evapora por el calor, es importante que la cera no deje residuos porque podría afectar la calidad de la restauración final. Con un soplete mediante aire comprimido con gas propano se funde la aleación metálica, con el uso de una centrifuga a una alta velocidad se hace ingresar el metal fundido. El objetivo del procedimiento de fundición es proporcionar una duplicación metálica del patrón de cera con una alta precisión. Se retiran los excesos del yeso de revestimiento, se eliminan las irregularidades con un aire abrasivo, y seguido a eso se realiza la eliminación de los bebederos y la adaptación de las cofias metálicas al troquel de yeso.²⁶

Según diversos autores es muy importante controlar las expansiones que se puedan dar durante el proceso como son: las expansiones del fraguado y la expansión térmica y las posibles distorsiones de la cera ²⁷. Además, de las temperaturas a las que se funden las aleaciones metálicas. Es muy difícil controlar todos estos pasos ya que muchos aún son artesanales y no se pueden calibrar del todo, pudiendo repercutir en el resultado de las estructuras metálicas.¹⁰

Sistemas con tecnología CAD/CAM

Los avances tecnológicos han contribuido al descubrimiento de sistemas mecanizados, como es el diseño asistido por computador CAD/CAM y las ventajas que tiene sobre la técnica convencional.²⁸ El uso de los sistemas de CAD/CAM se debe fundamentalmente a la necesidad que tiene la odontología en minimizar la problemática que deriva de la técnica de cera pérdida colado por centrifugación, por ejemplo: porosidades, ajuste marginal, el ahorro económico y de tiempo de trabajo. Estos sistemas funcionan generalmente siguiendo tres pasos: El primero consiste en

la captura digital de la preparación dentaria directamente de la boca con un escáner intraoral o del modelo de yeso con un escáner de laboratorio. Una vez escaneado, se genera digitalmente el diseño de lo que se desea fabricar y finalmente esta información pasa a una máquina que fabrica, total o parcialmente la prótesis, pudiendo escoger el tipo de material y diferentes técnicas de elaboración.²⁹

Las tecnologías de CAD/CAM para obtener estructuras metálicas se pueden dividir en grupos de acuerdo a la técnica usada:²⁹

1. Técnica sustractiva de un bloque duro sinterizado o bloque blando presinterizado de una aleación.
2. Técnica aditiva, mediante la fusión o sinterización de un polvo de aleación sobre una matriz por medio de un láser.

Técnica de Fusión Selectiva por láser (SLM)

El sistema de fusión selectiva por láser en CAD/CAM es una técnica de impresión 3D para metales, está catalogado como una técnica aditiva. Este proceso se da por una aleación de polvo de Co-Cr o de TiAlV que se va añadiendo por capas una encima de la otra mediante el calor generado por un rayo láser de fibra de alta potencia Nd-YAg produciendo la fusión de cada una de las capas del polvo.²⁹

Al utilizar una aleación se debe considerar los parámetros tales como: temperatura de fusión, la velocidad del calentamiento para minimizar la posible distorsión térmica del producto, el tamaño del haz de láser, la distancia al objetivo, la velocidad de barrido, el espesor de las capas, la absorción del haz de láser, el grosor del grano del polvo, coeficientes de reflexión y conductividad térmica, ya que una fusión completa produce un material casi completamente denso con adecuadas propiedades mecánicas con una micro estructura diferente, menor porosidad, mejor ajuste interno,

superior adaptación marginal y una buena adhesión a la cerámica. La fusión selectiva por láser ofrece muchas ventajas con respecto a los sistemas de colado, fresado y sobre el procedimiento de sinterización; tiene un mínimo desperdicio que permite realizar producción en serie, reduciendo así los tiempos de fabricación y los costos.²⁸

El proceso de fusión selectiva por láser (SLM) dental usando el polvo de Co-Cr comienza cuando el primer pistón eleva el recipiente de polvo de tamaño de 10 a 30 μ m de aleación Co-Cr, luego un rodillo pasa sobre el polvo y deposita al menos 2 a 3 veces el espesor de la capa sobre la placa de fabricación, que se encuentra en el segundo recipiente, la capa es recorrida por el rayo láser de fibra de Nd-YAG de alta potencia, el cual provoca la fusión de la aleación fabricando una capa de la pieza, creando conjuntamente las estructuras de soporte. Las estructuras de soporte sirven para soportar voladizos de piezas que podrían fabricarse con una calidad inferior o no podrían fabricarse en absoluto sin soportar construcciones auxiliares. Además, las estructuras de soporte tienen la tarea de fijar las piezas en la placa de fabricación de una manera segura y sin distorsión además de disipar el calor condicionado al proceso. Para evitar la formación excesiva de óxidos u otras impurezas, el proceso se realiza en ausencia de oxígeno y con presencia de algún gas inerte como nitrógeno o argón. Después la placa de fabricación desciende 20 μ m a través de un pistón creando el espesor de capa y se reparte una nueva capa de polvo encima, el polvo sobrante queda al lado de la placa de fabricación, la capa es recorrida otra vez por el rayo láser construyéndose las piezas de forma aditiva capa por capa, de abajo hacia arriba, transformando el polvo y logrando la cohesión de una capa de material a la capa anterior. Las etapas se repiten hasta obtener las piezas sólidas en 3D.¹⁹

Esta tecnología de fabricación por capas permite confeccionar piezas pequeñas con una geometría muy compleja y con un tiempo de fabricación muy reducido. Además permite la elaboración de varias piezas simultáneamente.¹²

La fusión selectiva por láser presenta una metodología de fabricación totalmente digitalizada utilizando un fichero CAD 3D que es de alta calidad y óptima resolución para obtener productos óptimos. Este fichero es utilizado para transferir el modelo a la máquina. Este paso es común para todos los sistemas de fabricación CAD/CAM. El software de la máquina hace capas de hasta 20 μm de espesor y las envía a la máquina que escanea la superficie activando el láser de fibra de alta potencia sólo en las zonas donde existe espesor de material. Debido, al calor aportado por la fusión, el polvo de Co-Cr alcanza su temperatura de fusión uniendo una capa con la anterior y así sucesivamente hasta acabar de construir la pieza completa, después de enfriar el material se solidifica. Durante la fusión no hay contracción por ser dos estados diferentes, pasa de polvo de Co-Cr a un sólido de Co-Cr. Una vez fabricada la estructura de Co-Cr se separa de la estructura de soporte y se realiza el pulido del metal de forma manual usando técnicas convencionales.^{29,30}

Los procesos de fabricación tienen diferencias según el procedimiento de elaboración sea mediante la técnica de cera pérdida colado por centrifugación convencional o por la técnica de fusión selectiva, la cual requiere menor número de pasos.³ (Anexo 1)

También existen diferentes maneras de medir la adaptación marginal e interna, no hay un consenso en cuanto a los métodos óptimos para una buena medición de la adaptación.¹⁵

Materiales para medición de discrepancias marginal e interna

Hay diversos estudios que presentan una gran variedad de materiales para emplearlas como indicadores para medir las discrepancias marginales e internas como la silicona

de adición polivinilsiloxano (VPS) fluida y extrafluida. Dentro de las siliconas un material nuevo destaca por sus características y ventajas para evaluar la adaptación de restauraciones: el Fit Checker™ Advanced (GC Corporation, Tokyo, Japan) es un vinil polieter silicona (VPES) que reúne las propiedades de precisión y fidelidad de los polieteres además de la elasticidad y manejo sencillo de las siliconas, tiene una consistencia muy fina acompañado de una óptima fluidez, un breve tiempo de fraguado e hidrofilia, es flexible pero sumamente resistente al desgarramiento para una fácil extracción, consistencia tixotrópica con un buen flujo bajo presión, mínimo espesor de película para una colocación precisa de la restauración, viene en color blanco para comprobar el ajuste de las restauraciones y prótesis removibles con base metálica y de color azul para restauraciones estéticas, como las coronas y puentes con base cerámica, y para comprobación oclusal incluso con un grosor inferior a 100 µm.^{16,17}

Métodos básicos para medir discrepancias marginales e internas

Existen varios métodos básicos para medir discrepancias marginales e internas. A continuación se presentan diversos métodos:¹⁵

1. Vista directa (examinación con un microscópico externo). La técnica de vista directa es el método ampliamente utilizado pero los resultados no pueden ser muy fiables.
2. Técnica de corte transversal después de la cementación (examen microscópico interno).
3. Técnica de impresión obteniendo una réplica de silicona (enfoque de réplica interna con examen microscópico interno)
4. Examen visual y exploración con un explorador.

Técnica de réplica de silicona

Se utiliza un material indicador de silicona VPES blanco Fit CheckerTM Advance (GC Corporation, Tokyo, Japan), para simular el espacio del cemento. Se inyecta la silicona al interior de las cofias y utilizando una presión para simular una situación clínica se coloca en un modelo maestro. Se retira la cofia con la película de Fit CheckerTM Advance (GC Corporation, Tokyo, Japan) al interior y se coloca una silicona VPS de relleno, antes de la extracción, se secciona con un bisturí en una dirección bucopalatino y posteriormente en una dirección mesiodistal. Se realiza las mediciones del grosor de la película de Fit CheckerTM Advance (GC Corporation, Tokyo, Japan) en imágenes realizadas con microscopía óptica y un programa de medición digital. Este método de réplica es ampliamente utilizado y tiene varias ventajas ya que las muestras pueden ser reproducibles al no destruir las coronas.^{16,17}

IV. OBJETIVOS

IV. 1. Objetivo general

Evaluar las adaptaciones marginal e interna de cofias metálicas unitarias de aleación cobalto cromo (Co-Cr) sobre una línea terminación tipo *chamfer*, confeccionadas con dos técnicas: Cera pérdida colada por centrifugación convencional y fusión selectiva por láser CAD/CAM, según tipo de corte, punto marginal, zona y punto interno.

IV. 2. Objetivos específicos

1. Determinar la discrepancia marginal en cofias metálicas unitarias de aleación Co-Cr sobre una línea de terminación tipo *chamfer*, confeccionada por la técnica de cera pérdida colada por centrifugación convencional, según tipo de corte y punto marginal.
2. Determinar la discrepancia interna en cofias metálicas unitarias de aleación Co-Cr sobre una línea de terminación tipo *chamfer*, confeccionada por la técnica de la cera pérdida colada por centrifugación convencional, según tipo de corte, zona y punto interno.
3. Determinar la discrepancia marginal en cofias metálicas unitarias de aleación Co-Cr sobre una línea de terminación tipo *chamfer*, confeccionada por la técnica fusión selectiva por láser CAD/CAM, según tipo de corte y punto marginal.
4. Determinar la discrepancia interna de las cofias metálicas unitarias de aleación Co-Cr sobre una línea de terminación tipo *chamfer*, confeccionada por la técnica fusión selectiva por láser CAD/CAM, según tipo de corte, zona y punto interno.
5. Comparar la adaptación marginal en cofias metálicas unitarias de aleación de Co-Cr sobre una línea de terminación tipo *chamfer*, confeccionadas por dos técnicas:

Cera pérdida colada por centrifugación convencional, fusión selectiva por láser en CAD/CAM, según tipo de corte y punto marginal.

6. Comparar la adaptación interna en cofias metálicas unitarias de aleación de Co-Cr sobre una línea de terminación tipo *chamfer*, confeccionadas por dos técnicas: Cera pérdida colada por centrifugación convencional y fusión selectiva por láser CAD/CAM, según tipo de corte, zona y punto interno.

V. HIPÓTESIS

Las cofias metálicas unitarias de aleación Co-Cr sobre una línea terminación tipo *chamfer* fabricadas mediante la técnica de fusión selectiva por láser CAD/CAM, presentan mejor adaptación marginal e interna en comparación con las cofias metálicas unitarias de aleación Co-Cr con línea terminación tipo *chamfer* confeccionadas mediante la técnica de cera pérdida colada por centrifugación convencional.

VI. MATERIALES Y MÉTODOS

VI.1. Diseño del estudio

El presente estudio fue de tipo experimental y transversal.

VI.2. Población

La población del estudio estuvo conformada por cofias metálicas en Co-Cr con línea de terminación tipo *chamfer* confeccionadas en modelos de yeso obtenidos de un modelo maestro.

VI.3. Muestra

Se determinó el tamaño muestral tomando como base el estudio realizado por Huang et al³⁰ en 2014 y al cual se le aplicó la fórmula estadística que es una media de población infinita.

$$n = \frac{Z^2 \alpha / 2S^2}{\epsilon^2}$$

$$n = \frac{(1,645)^2 * (32,6)^2}{15^2} = 12,78 \rightarrow 13 \text{ cofias}$$

Luego de haber aplicado la fórmula se obtuvo 13 cofias como tamaño muestral para cada grupo de trabajo con un intervalo de confianza de 90%.

Adicionalmente se realizó una prueba piloto para evaluar los procedimientos y materiales que se utilizó en el estudio.

VI.4. Criterios de Selección

VI.4.1. Criterios de Inclusión

- Impresiones del modelo maestro con polivinilsiloxano nítidas, sin distorsiones, ni burbujas.

- Modelos de trabajo sin imperfecciones, donde se confeccionó las cofias para cada sistema.
- Modelos de trabajo con línea de terminación tipo *chamfer*,
- Cofias metálicas unitarias de aleación Co-Cr, elaboradas mediante la técnica de fusión selectiva por láser.
- Cofias metálicas unitarias de aleación Co-Cr, elaboradas mediante la técnica de cera pérdida colada por centrifugación convencional.
- Cofias que visualmente presentaron un margen cervical íntegro y continuo en la zona de medición.
- Cofias que al ser colocadas al modelo de trabajo presentaron un asentamiento pasivo.
- Cofias sin corrosión, ni deterioro de la aleación.
- Muestras de la réplica de silicona VPES con ausencia de burbujas, integras en la zona de medición.
- Muestras de la réplica de silicona VPES que exhibieron integridad y continuidad en la zona de medición entre los materiales.

VI.4.2. Criterios de Exclusión

- Impresiones de polivinilsiloxano defectuosas que carecieron de nitidez.
- Modelos de trabajo de yeso que presentaron irregularidades e imperfecciones.
- Modelos de trabajo con líneas de terminación diferente al tipo *chamfer*.
- Cofias metálicas unitarias confeccionadas mediante otros sistemas.
- Cofias metálicas unitarias confeccionadas con aleaciones metálicas diferentes al Co-Cr.

- Cofias de Co-Cr, confeccionadas mediante la técnica de fusión selectiva por láser en CAD/CAM que presentaron falta de integridad marginal, burbujas y/o falta de asentamiento pasivo.
- Cofias de Co-Cr, confeccionadas mediante la técnica cera pérdida colada por centrifugación convencional que presentaron falta de integridad marginal burbujas y/o falta de asentamiento pasivo.
- Muestras de réplica de silicona VPES que presentaron burbujas o desgarros en la zona de medición.
- Muestras de la réplica de silicona VPES que no presentaron continuidad entre materiales.

VI.5. Variables

Ver cuadro de operacionalización de variables (Anexo 2).

VI.6. Técnicas y/o procedimientos

Método:

Observación estructurada.

Instrumentos:

Se utilizó una ficha de recolección de datos en donde se registraron en μm los niveles de adaptación marginal e interna en cada una de las réplicas de silicona VPES y para cada sistema de fabricación (Anexo 3).

La lectura de los datos se realizó a través del estereomicroscopio Greenough Leica S8 APO (Leica Biosystems GmbH, Wetzlar, Germany) con el software Leica Application Suite LAS v3.4 (Leica Biosystems GmbH, Wetzlar, Germany).

Materiales y Procedimientos:

Selección del diente maestro:

El presente estudio se realizó preparando un primer premolar superior extraído dentro de la clínica docente asistencial de la UPCH por motivos ortodóncicos libre de caries y de restauraciones previas, otorgado por el Docente encargado del área, el cual fue sumergido en solución salina fisiológica durante 7 días. Esta pieza se colocó en una base acrílica de autopolimerización Duracryl® (New Stetic, Antioquia, Colombia) que facilitó el soporte y manipulación del espécimen.

Preparación dentaria:

La preparación del espécimen se realizó siguiendo el diseño para una corona metalcerámica, tomando como referencia la técnica descrita por el doctor Stephen Rosentiel²⁸ en su libro “Prótesis Fija contemporánea”. Previamente se confeccionó una llave matriz de silicona PVS Elite HD+ Putty Soft Normal Set® (Zhermack Group, Badia Polesine, Italy) con el propósito de guiar y calibrar el desgaste de la preparación. Fue preparado con línea de terminación tipo chamfer con una convergencia hacia oclusal de 12°, el cual fue de 2 mm a nivel oclusal, de 1,5 mm a nivel de las paredes axiales y a nivel del hombro de 1mm de espesor, empleando una fresa troncocónica de extremo redondeado de granulometría de 100-120 µm con halo azul código 198-025 MDT (Micro Diamond Technologies, Afula, Israel) y finalmente pulida con una fresa troncocónica de granulometría de 20-30 µm de halo amarillo código 198-019 MDT (Micro Diamond Technologies, Afula, Israel), la diferencia entre las alturas de la terminación vestibulo-palatina y mesio distal fue de 0.75mm (Figura 1,2,3, anexo 4).

Elaboración de modelo maestro:

Luego de la preparación dentaria se llevó al espécimen para la elaboración de una réplica metálica de Cobalto-Cromo en CAD/CAM, se usó el escáner Ceramill® map400 (Amann Girrbach AG, Koblach, Austria), utilizando un software de diseño Ceramill® Mind (Amann Girrbach AG, Koblach, Austria), se obtuvo imágenes digitales de alta resolución las cuales se generaron mediante proyecciones de luz con unos sensores en 3D de alta sensibilidad, después se procedió al fresado en seco de un bloque blando pre sinterizados de Co-Cr, Ceramill® Sintron (Amann Girrbach AG, Koblach, Austria), el que se colocó en el soporte de la maquina fresadora Ceramill® Motion 2 (Amann Girrbach AG, Koblach, Austria), para el procesamiento rotatorio mecanizado. Finalmente se realizó el proceso de sinterizado en el horno de sinterización para Co-Cr, Ceramill® Argothem 2 (Amann Girrbach AG, Koblach, Austria), y así se obtuvo el patrón de Co-Cr denominado modelo maestro. Posteriormente se colocó el modelo maestro en una base acrílica de autopolimerización Duracryl® (New Stetic, Antioquia, Colombia) para su pulido se utilizó cauchos para pulir metal (Jota AG, Rüthi, Switzerland) y trapos de felpa (Jota AG, Rüthi, Switzerland) (Figura 4, 5,6, anexo 4). Finalmente se marcó la cara mesial (M), distal (D), vestibular (V) y palatino (P) para un mejor manejo y manipulación, la diferencia entre las alturas de la terminación vestibulo-palatina y mesio distal fue de 0.75mm (Figura 7, 8, 9, 10,11, anexo 5).

Toma de impresión del modelo maestro:

Una vez obtenido el modelo maestro de Co-Cr se utilizaron dispositivos de plástico rígido que simulaban cubetas individuales, tapón hembra CPVC para agua caliente Pavco® (Mexichem, Lima, Perú), los cuales se impregnaron con adhesivo universal

para silicona, adhesivo universal Tray Adhesive® (Zhermack Group, Badia Polesine, Italy) y posteriormente se realizó 14 impresiones (13 para la técnica de colado por centrifugado convencional y 1 para la técnica de fusión selectiva por láser) con la técnica de doble mezcla con el material de impresión silicona PVS pesada Elite HD+ Putty Soft Normal Set® (Zhermack Group, Badia Polesine, Italy) dispensado en una proporción 1:1 de base y catalizador con las cucharillas dispensadoras del fabricante, en simultáneo, se dispuso la silicona PVS fluida Elite HD+ Light Body Normal Set® (Zhermack Group, Badia Polesine, Italy). El material pesado se colocó en la cubeta y el fluido sobre el modelo maestro realizando la impresión en un solo paso y esperando la polimerización completa del material siguiendo las especificaciones del fabricante.

Elaboración de modelos de trabajo:

Obtenida la impresión y esperando el tiempo recomendado por el fabricante (60 minutos) para la eliminación de subproductos se procedió al vaciado con yeso tipo IV extraduro Elite Master® (Zhermack Group, Badia Polesine, Italy), para lo cual se usó el dosificador de yeso Smartbox X2 (Amann Girrbach AG, Koblach, Austria) para una relación ideal entre yeso-agua y mezclador Smartmix (Amann Girrbach AG, Koblach, Austria) para obtener una mezcla uniforme e isotrópica. Se vertió el material directamente en la impresión con vibración constante para evitar la aparición de burbujas en el modelo de trabajo, finalmente se esperó el tiempo de fraguado para retirar el modelo de la impresión y realizar los recortes de excesos. Una vez fraguado el yeso se guardaron los modelos de trabajo en envases sellados herméticamente para evitar su alteración. Obtenidos los modelos de trabajo se procedió a realizar la delimitación del margen cervical con un lápiz de color rojo en los 360° de la línea de terminación.

Confección de cofias en Co- Cr:

Técnica de la cera pérdida colada por centrifugación convencional

Para la confección de las cofias metálicas con la técnica de la cera pérdida colada por centrifugación convencional en los modelos ya preparados, se aplicó un sellador de poros o endurecedor de 5 μm llamado die:master dúo (Renfert GmbH, Hilzingen, Germany) en toda la preparación, esto permite sellar los poros y la superficie adquiera así una gran dureza y es repelente al agua. Luego se aplicó dos capas del espaciador Pico-Fit (Renfert GmbH, Hilzingen, Germany) de 20 μm a 1 milímetro por encima de la línea de terminación de la preparación y finalmente una capa de aislante para cera Picosep (Renfert GmbH, Hilzingen, Germany) de 5 μm en toda la preparación, obteniendo las siguientes medidas de 10 μm en la zona cervical y de 50 μm en el resto de la preparación hacia oclusal. Se enceró la cofia primero colocando cera cervical roja StarWax C (Dentaurum GmbH, Ispringen, Germany), luego con la ayuda del hotty LED (Renfert GmbH, Hilzingen, Germany) que permite conseguir espesores uniformes unitarios de las capas de las cofias de cera GEO Dip (Renfert GmbH, Hilzingen, Germany) mediante una distribución homogénea de la temperatura de la cera, se confecciona el resto de la cofia (Figura 12, anexo 6). Luego se retoca a nivel cervical con instrumentos de encerado PKT N°1 con cera para modelar crema StarWax D (Dentaurum GmbH, Ispringen, Germany) y se formó un collar cervical. Se retiró la cofia de cera y se midió con un calibrador de cera, el cual fue de 0.5 mm de espesor. Finalmente se readaptó el margen con la cera cervical roja StarWax C (Dentaurum GmbH, Ispringen, Germany) utilizando el instrumento PKT N°1 dejando una banda de 1mm de ancho, se recortó los excesos de cera marginal se dejó enfriar y se retiró del modelo, se colocó un bebedero de cera según

especificación del fabricante, se puso la cofia de cera en un cilindro preformado el cual fue llenado con un yeso de revestimiento Formula 1 (Whip Mix®, Louisville, USA) se espera que fraguó 40 min luego se llevó al horno de precalentamiento rápido DE2 (Zhermack Group, Badia Polesine, Italy) para la eliminación de cera por evaporación a una temperatura de 920°C directo por 30 min , luego se realizó la fundición de las pastillas de aleación Co- Cr CROMORON Premium C (DG DENTAL d.o.o, Gornji Grad, Slovenia) con ayuda de un soplete para fija M-3 con pico de lluvia (TECNODENT, Buenos Aires, Argentina) con intervalo de fusión de 1304°C-1369°C y temperatura de colados de 1400°C-1480°C. Se impulsó la aleación metálica al interior de la cámara de moldeado mediante la acción de una centrifuga para colados TECHINC (TECNICA DENTAL, Bogotá, Colombia) con una fuerza centrífuga de 300-3000 rpm alrededor de su eje, una vez que el colado enfrió a temperatura ambiente se procedió al desrevestido, acabado de la cofia y pulido de la cofia (Figura 13,14,15, anexo 6).

Técnica de fusión selectiva por láser

Para la confección de las cofias metálicas de la técnica de fusión selectiva por láser en CAD/CAM, se utilizó un escáner de modelos de alta precisión 3Shape D2000 (3Shape, Copenhagen, Denmark) donde se obtuvo las imágenes digitales en 3D y un software 3Shape Dental Designer (3Shape, Copenhagen, Denmark) creó digitalmente las piezas a imprimir con la máquina de tecnología de fusión selectiva por láser MLab Cusing (Concept Láser, Lichtenfels, Germany) que utiliza un láser de fibra de Nd-YAG de alta potencia tecnología LaserCUSING® en una atmosfera de Nitrógeno, con las diferentes medidas anteriormente mencionadas, utilizando el

polvo de Co-Cr remanium®star CL (Dentaurum GmbH, Ispringen, Germany) de 10 a 30 μm (Figura 16,17,18,19, anexo 7).

Calibración de medidas de las cofias confeccionadas mediante la técnica de fusión selectiva por láser en CAD/CAM

Se realizó una prueba piloto para elegir la medida a nivel cervical determinando el espacio interno en μm de las cofias elaboradas mediante la técnica de fusión selectiva por láser en CAD/CAM.

Se realizaron cofias con medidas a nivel cervical de 10 μm , 20 μm , 30 μm , 40 μm , 50 μm , luego se hizo la inspección donde se evaluó el asentamiento y adaptación marginal de la cofia en el modelo maestro a través de la inspección visual, el uso de la punta de un explorador y con la técnica de la réplica de silicona VPES blanco Fit CheckerTM Advance (GC Corporation, Tokyo, Japan), se determinó cuál de ellos obtuvo mejores medidas de discrepancia marginal en el estereomicroscopio Greenough Leica S8 APO (Leica Biosystems GmbH, Wetzlar, Germany) con el software Leica Application Suite LAS v3.4 (Leica Biosystems GmbH, Wetzlar, Germany) . Obteniendo que la medida de 50 μm a nivel cervical fue la mejor opción.

Se realizó otra prueba piloto para definir las medidas internas en micras, para ello se realizó cofias de 50 μm , 60 μm , 70 μm , 80 μm , 90 μm , 100 μm , 110 μm a nivel interno, se observó que tenga un buen asentamiento y que no hubiese una rotación de las cofias sobre el modelo maestro. Se decidió utilizar las medidas de 70 μm a nivel interno por obtener mejores resultados.

Por lo tanto, para el desarrollo de nuestra investigación, se realizaron las cofias para la técnica de fusión selectiva por láser CAD/CAM en medidas de 50 μm a nivel cervical y de 70 μm a nivel interno.

Evaluación de la Adaptación Marginal e Interna

Prueba piloto para la evaluación de la adaptación marginal

Para la evaluación de la adaptación marginal se utilizó la técnica de réplica de silicona con diferentes materiales, los cuales fueron escogidas debido a sus características, como su baja contracción, estas fueron: silicona VPS fluida con silicona VPS pesada, silicona VPS fluida con silicona VPS mediana, silicona VPS fluida con silicona VPS para registro de mordida, silicona VPS fluida con acrílico de combustión completa, silicona VPS extra fluida con silicona VPS fluida y una silicona VPES blanco con silicona VPS fluida. Se realizó una prueba piloto donde se fueron descartando uno a uno los materiales mencionados debido a factores tales como: aparición de burbujas internas debido a la falta de escurrimiento del material, falta de contraste entre ambos materiales lo cual dificultó la evaluación al microscopio y desgarro del material.

Una vez realizada la prueba piloto, se eligió la técnica de la réplica de silicona con silicona VPES blanco Fit CheckerTM Advance (GC Corporation, Tokyo, Japan) y silicona VPS Elite HD+ Ligth Body Normal Set® (Zhermack Group, Badia Polesine, Italy). Primero se colocó la silicona VPES blanco Fit CheckerTM Advance (GC Corporation, Tokyo, Japan) en el interior de la cofia, seguidamente esta se asentó sobre el modelo maestro y fue sometida a una presión constante de 15 N durante 2 minutos y a una temperatura constante de 23°C, tiempo y temperatura indicados por el fabricante, en una máquina de ensayo universal Instron CTM-5L (LG Electronics, Seúl, Korea), la cual tiene puntas con diferentes formas geométricas que permiten ejercer presión de diferente manera; se escogió la punta de forma cilíndrica con extremo redondeado que fue la más adecuada para ejercer una presión en la parte

media de las cofias. Esta máquina universal de presión permitió conseguir una presión constante y uniforme para todas las impresiones disminuyendo así los rangos de error. Luego que la silicona polimerice se retiró la presión y la cofia fue removida con cuidado del modelo maestro conservando la película de silicona VPES Fit CheckerTM Advance (GC Corporation, Tokyo, Japan) en el interior de ésta y de forma inmediata se inyectó al interior de la cofia la silicona VPS Elite HD+ Ligth Body Normal Set® (Zhermack Group, Badia Polesine, Italy) se esperó su polimerización completa para ser removida (Figura 20,21,22,23, anexo 8).

Obtenida la réplica de silicona esta se seccionó con una hoja de bisturí N°11 primero en sentido vestíbulo-palatino obteniendo dos fragmentos, una mesial y otra distal, para la toma de las medidas al estéreomicroscopio se utilizó el fragmento mesial. La segunda sección fue en sentido mesio-distal y las medidas fueron tomadas en el fragmento vestibular, ambos cortes fueron examinadas bajo un estéreomicroscopio Greenough Leica S8 APO (Leica Biosystems GmbH, Wetzlar, Germany) a un aumento de 40X con el software Leica Application Suite LAS v3.4 (Leica Biosystems GmbH, Wetzlar, Germany) se midió en μm el espesor de la película de silicona VPES Fit CheckerTM Advance (GC Corporation, Tokyo, Japan) a nivel de la zona cervical, axial y oclusal. La medición del espesor se realizó en 2 puntos marginales y 4 puntos internos en los cortes en sentido vestíbulo-palatino y mesio-distal, haciendo un total de 12 puntos de medición por muestra (Figura 24 y 25, anexo 8 y 9).

VI.7. Plan de Análisis

Se elaboró una base de datos en una hoja de cálculo Microsoft Excel 2013 que fue exportado al programa STTA versión 12 para el análisis univariado y bivariado, con

la información recolectada se elaboró una base de datos, donde se evaluaron los supuestos de normalidad con la prueba de Shapiro-Wilk.

Se realizó el análisis univariado evaluando la media aritmética y desviación standar; para el análisis bivariado se empleó la prueba de t de Student para distribución normal y la prueba de U Mann-Whitney si no se presentó distribución normal. El presente estudio utilizó un nivel de confianza al 90%.

VI.8. Consideraciones Éticas

- Se realizó la inscripción al SIDISI (Anexo 10)
- Aprobación por el comité de investigación de la FAEST (Facultad de Estomatología “Roberto Beltrán”-UPCH) (Anexo 11).
- Aprobación por el CIE (comité institucional de ética) de la UPCH (Universidad Peruana Cayetano Heredia) (Anexo 12).
- Carta de aprobación para uso del estéreo microscopio por el laboratorio de patología y medicina oral de la FAEST-UPCH (Anexo 13).
- Carta de aprobación para el uso del equipo de ensayo universal para presión constante Instron de la UCSUR (Universidad Científica del Sur) (Anexo 14).

Este estudio es parte de otros estudios experimentales que se están realizando a través del Grupo de Investigación de Restauraciones Computarizadas (GIREC) del área de Rehabilitación Oral del Postgrado de Estomatología de la Universidad Peruana Cayetano Heredia comandados por el Mg. Esp. Martín Quintana del Solar y la Mg. Esp. Diana Castillo Andamayo.

VII. RESULTADOS

La presente investigación se basó en un estudio experimental in vitro, tuvo como propósito comparar las adaptaciones marginal e interna en cofias metálicas unitarias de aleación de Co-Cr confeccionadas por dos técnicas: cera pérdida colada por centrifugado convencional y fusión selectiva por láser CAD/CAM. Para determinar el tamaño muestral se realizó el estudio piloto. Obteniendo en total de 26 cofias, 13 cofias de aleación Co-Cr para cada técnica a evaluar, donde se realizaron un total de 12 medidas por muestra.

Para determinar la discrepancia marginal e interna se realizó dos cortes a la réplica de silicona: vestíbulo-palatino y mesio-distal. La numeración 1 correspondió al corte en sentido vestíbulo-palatino y la numeración 2 al corte en sentido mesio-distal. En el corte en sentido vestíbulo-palatino se obtuvo dos puntos marginales a1 fue el punto marginal vestibular y f1 fue el punto marginal palatino, b1 y e1 representaron las zonas axiales, c1 y d1 la zona oclusal. En el corte en sentido mesio-distal el punto a2 fue el punto marginal mesial y f2 fue el punto marginal distal, b2 y e2 representaron las zonas axiales, c2 y d2 las zonas oclusales (Anexo 9).

En la tabla 1 se muestran los resultados descriptivos de la discrepancia marginal de las cofias realizadas mediante la técnica de cera pérdida colada por centrifugación convencional según tipo de corte y punto marginal, donde se encontraron menores discrepancias marginales en el corte vestíbulo-palatino en el punto a1 de $89.65 \pm 58.39 \mu\text{m}$, y en el punto f1 de $92 \mu\text{m} \pm 88.40 \mu\text{m}$, en comparación con las medidas del corte mesio-distal en el punto a2 de $91.72 \pm 67.13 \mu\text{m}$ y en f2 de $97.66 \pm 50.59 \mu\text{m}$.

En el grafico 1 se puede apreciar una mayor dispersión en los datos con respecto de la discrepancia marginal de la técnica de la cera pérdida por centrifugación convencional, donde observamos que la mayoría de valores son menores de 120 μm en ambos cortes mesio-distal y vestíbulo-palatino, donde además observamos en f1 puntos influyentes (outliers) extremos en comparación del resto de los tres puntos marginales de medición.

En la tabla 2 se muestran los resultados descriptivos de la discrepancia interna obtenidos con la técnica de cera pérdida colada por centrifugado convencional según tipo de corte, zona y punto interno. En el corte vestíbulo-palatino a nivel axial se obtuvieron valores promedios en el punto b1 de $60.09 \pm 22.66 \mu\text{m}$, en el punto e1 de $58 \pm 15.63 \mu\text{m}$. Mientras que en el corte mesio-distal a nivel axial la discrepancia interna fue menor presentando valores en b2 de $42.30 \pm 23.32 \mu\text{m}$ y en e2 de $52.62 \pm 26.16 \mu\text{m}$. En el corte vestíbulo-palatino a nivel oclusal se obtuvo menores promedios de discrepancias internas en el punto c1 de $162,67 \pm 53.38 \mu\text{m}$ y en d1 de $195.92 \pm 69.47 \mu\text{m}$; en comparación con los valores encontrados en el corte mesio-distal se obtuvo promedios en c2 de $209.19 \pm 55.71 \mu\text{m}$ y en d2 de $203.78 \pm 62.94 \mu\text{m}$. Las menores discrepancias internas en ambos cortes mesio-distal y vestíbulo-palatino fueron a la zona axial en comparación a la zona oclusal.

En el grafico 2 se puede apreciar una mayor dispersión en los datos de la discrepancia interna con la técnica de la cera pérdida colada por centrifugado convencional según tipo de corte, zona y punto interno, donde observamos valores menores de 100 μm en la zona axial en ambos cortes en sentido vestíbulo-palatino y mesio-distal en los puntos b1,e1,b2 y e2 . Además se muestra que la discrepancia interna de la zona axial para el corte en sentido mesio-distal presentó menores

valores que la discrepancia interna de la zona axial para el corte vestíbulo-palatino. Podemos observar que en los puntos b1, c1 y e2 existen puntos influyentes.

En la tabla 3 se observó que los menores promedios de discrepancias marginales de las cofias realizadas mediante la técnica de fusión selectiva por láser CAD/CAM según tipo de corte y punto marginal, fueron alcanzados en el corte mesio-distal en el punto a2 de $21.82 \pm 5.94 \mu\text{m}$ y en el punto f2 de $32.49 \pm 20.02 \mu\text{m}$, en comparación con las medidas del corte vestíbulo-palatino en el punto a1 de $24.70 \pm 10.29 \mu\text{m}$ y en el punto f1 de $34.32 \pm 35.92 \mu\text{m}$.

En el grafico 3 se puede apreciar una menor dispersión en los datos con respecto a la discrepancia marginal con la técnica de fusión selectiva por láser CAD/CAM según tipo de corte y punto marginal, donde encontramos valores menores de $50 \mu\text{m}$ en ambos cortes mesio-distal y vestíbulo-palatino, donde observamos en f1 y f2 puntos influyentes extremos.

En la tabla 4 se observó que los menores promedios de discrepancias internas de las cofias realizadas mediante la técnica de fusión selectiva por láser CAD/CAM según tipo de corte, zona y punto interno fue en el corte mesio-distal a nivel axial en el punto b2 de $38.10 \pm 8.64 \mu\text{m}$ y en el punto e2 de $51.64 \pm 9.26 \mu\text{m}$; en el corte vestíbulo-palatino a nivel oclusal fue en el punto c1 de $165.11 \pm 40.75 \mu\text{m}$ y en el punto d1 de $162.37 \pm 41.98 \mu\text{m}$. Las menores discrepancias internas en ambos cortes mesio-distal y vestíbulo-palatino fueron a nivel axial en comparación a la zona oclusal.

En el grafico 4 se puede apreciar una mayor dispersión en los datos con respecto a la discrepancia interna con la técnica de fusión selectiva por láser CAD/CAM según tipo de corte, zona y punto interno, donde observamos valores menores de $100 \mu\text{m}$ en

la zona axial en ambos cortes vestíbulo-palatino y mesio-distal en los puntos b1,e1,b2 y e2. Además se muestra que la discrepancia interna de la zona axial para el corte mesio-distal presento menores valores que la discrepancia interna de la zona axial para el corte vestíbulo-palatino, donde se encontró en d1 y d2 puntos influyentes extremos.

En la tabla 5 se muestra los resultados en la prueba de Shapiro-Wilk hallando los datos que presentan distribución normal y resultados que no presentan distribución normal. En aquellos que presentan distribución normal, se utilizó pruebas estadísticas paramétricas (t de Student) y aquellas que no presentan distribución normal, se utilizó pruebas estadísticas no paramétricas (U Mann-Whitney). Los puntos que presentaron distribución normal son aquellos que obtuvieron valores de $p > 0.05$.

En la tabla 6 se comparó las adaptaciones marginales según tipo de corte y punto marginal entre las dos técnicas, en el corte vestíbulo-palatino se obtuvo valores en el punto a1 de $p= 0.0001$, f1 de $p =0.0009$ y en el corte mesio-distal en los puntos a2 de $p < 0.0001$ y f2 de $p= 0.0001$. Encontrándose que existe diferencia estadísticamente significativa en la comparación de la adaptación marginal entre las dos técnicas evaluadas. Obteniéndose mejor adaptación marginal en la técnica de fusión selectiva por láser.

En la tabla 7 se comparó las adaptaciones internas entre las dos técnicas, con la técnica de la cera pérdida por centrifugación convencional, en el corte vestíbulo-palatino, en la zona axial se encontró menor valor en el punto e1 con el valor promedio de $58 \mu\text{m}$, en este mismo punto con la técnica de fusión electiva por láser se encontró un valor promedio de $57.17 \mu\text{m}$ con una diferencia estadísticamente de $p=0.8794$, determinando que no existe diferencia estadísticamente significativa en la

adaptación interna entre ambas técnicas en ningún punto de medición. Mientras que para la técnica de cera pérdida colada por centrifugación en el corte mesio-distal, en la zona axial se encontró a nivel del punto c2 el valor promedio de 209.19 μm y en el mismo punto para la técnica de fusión selectiva por láser obtuvo el valor promedio de 165.78 μm obteniendo un valor de $p=0.0129$ siendo estadísticamente significativo a nivel de este punto de medición, para los demás puntos de medición no existe diferencia estadísticamente significativa en la adaptación interna entre ambas técnicas.

Tabla1. Discrepancia marginal en cofias metálicas unitarias de aleación Co-Cr, sobre una línea de terminación tipo *chamfer*, confeccionada con la técnica de cera pérdida colada por centrifugación convencional, según tipo de corte y punto marginal.

Tipo de corte	Punto Marginal	Min	Max	Promedio	D.E.	Mediana	DIC
Vestíbulo-Palatino	a1	32.77	219.94	89.65	58.39	57.93	38.04
	f1	26.18	296.20	92.00	88.40	56.92	30.48
Mesio-Distal	a2	23.02	224.83	91.72	67.13	63.50	44.76
	f2	38.62	202.63	97.66	50.59	84.42	32.39

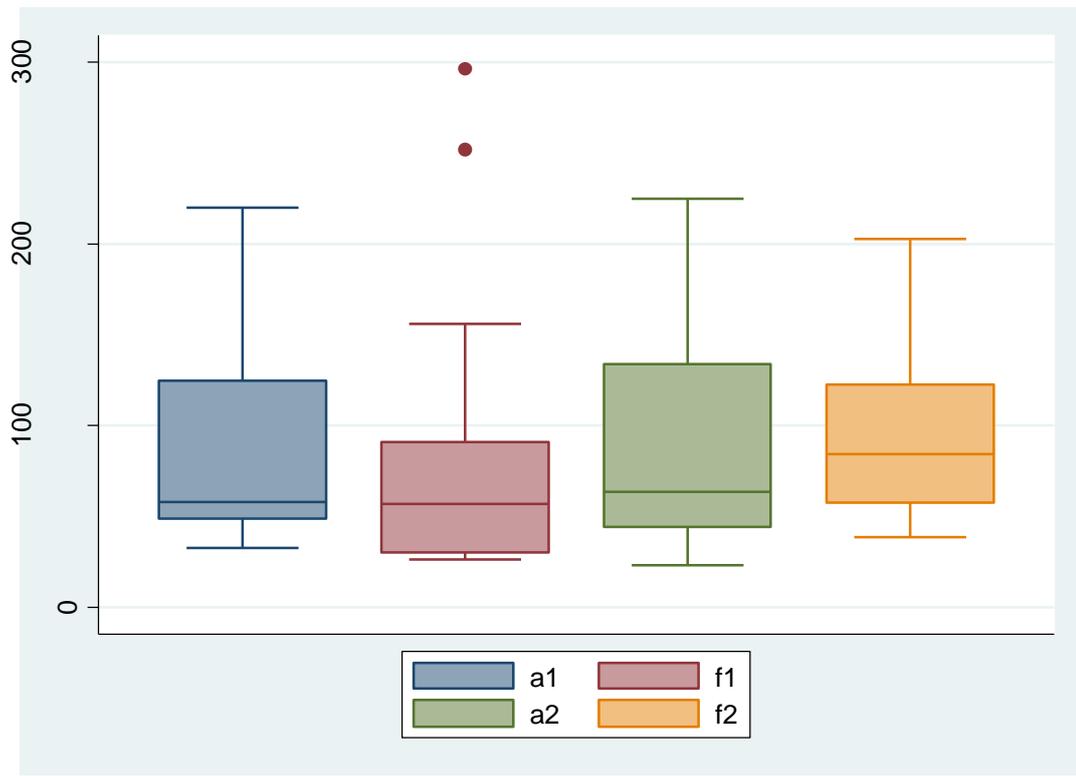


Gráfico 1. Gráfico de caja y bigotes de la discrepancia marginal en cofias metálicas unitarias de aleación Co-Cr sobre una línea de terminación tipo *chamfer*, confeccionada por la técnica de cera pérdida colada por centrifugación convencional, según tipo de corte y punto marginal.

Tabla 2. Discrepancia interna en cofias metálicas unitarias de aleación Co-Cr sobre una línea de terminación tipo *chamfer*, confeccionada por la técnica de la cera pérdida colada por centrifugación convencional, según tipo de corte, zona y punto interno.

Tipo de corte	Zona interna	Punto Interno	Min	Max	Promedio	D.E.	Mediana	DIC
Vestíbulo-Palatino	Axial	b1	29.32	100.43	60.09	22.66	54.61	14.43
		e1	35.42	79.57	58.00	15.63	61.03	21.24
	Oclusal	c1	90.56	280.50	162.67	53.38	161.45	34.14
		d1	115.30	331.73	195.92	69.47	166.99	73.99
Mesio-Distal	Axial	b2	11.43	80.17	42.30	23.32	35.76	27.92
		e2	24.26	114.87	52.62	26.16	44.45	22.71
	Oclusal	c2	119.41	296.00	209.19	55.71	201.18	88.94
		d2	120.66	304.41	203.78	62.94	195.59	80.75

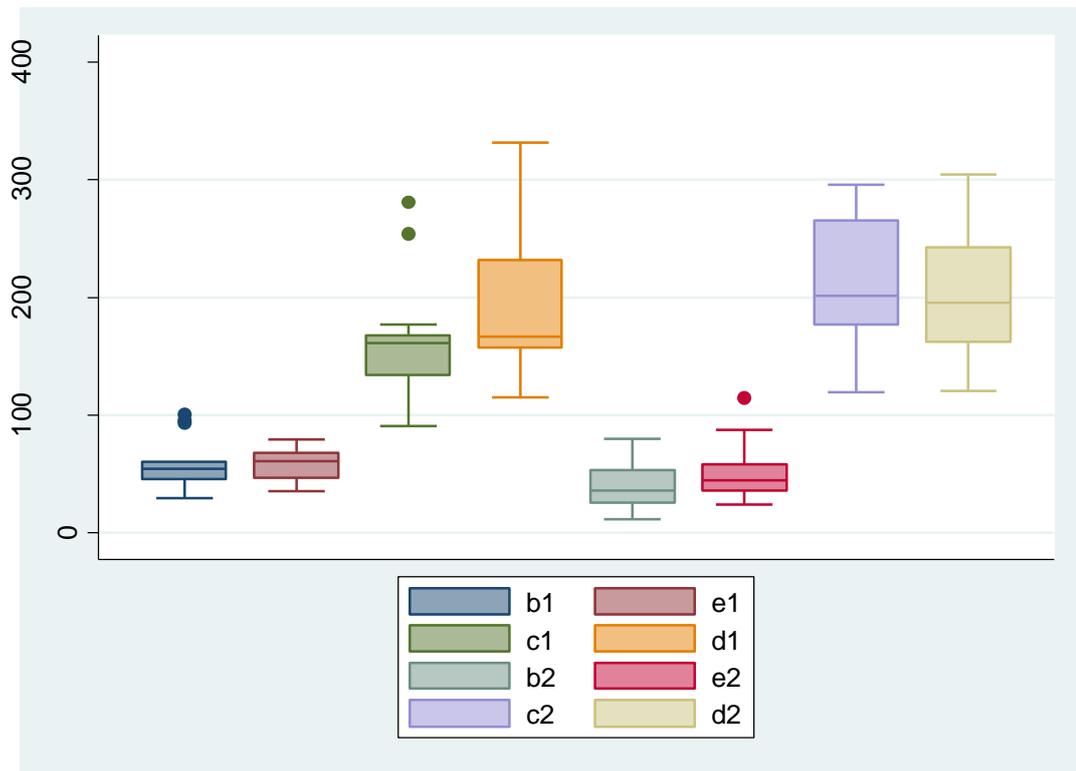


Gráfico 2. Gráfico de caja y bigotes de la discrepancia interna en cofias metálicas unitarias de aleación Co-Cr sobre una línea de terminación tipo *chamfer*, confeccionada por la técnica de la cera pérdida colada por centrifugación convencional, según tipo de corte, zona y punto interno.

Tabla 3. Discrepancia marginal en cofias metálicas unitarias de aleación Co-Cr, sobre una línea de terminación tipo *chamfer*, confeccionada con la técnica fusión selectiva por láser en CAD/CAM, según tipo de corte y punto marginal.

Tipo de corte	Punto Marginal	Min	Max	Promedio	D.E.	Mediana	DIC
Vestíbulo-Palatino	a1	14.65	51.24	24.70	10.29	21.85	13.06
	f1	13.01	147.46	34.32	35.92	21.85	2.88
Mesio-Distal	a2	10.77	34.96	21.82	5.94	21.62	2.85
	f2	17.36	94.40	32.49	20.02	28.73	12.85

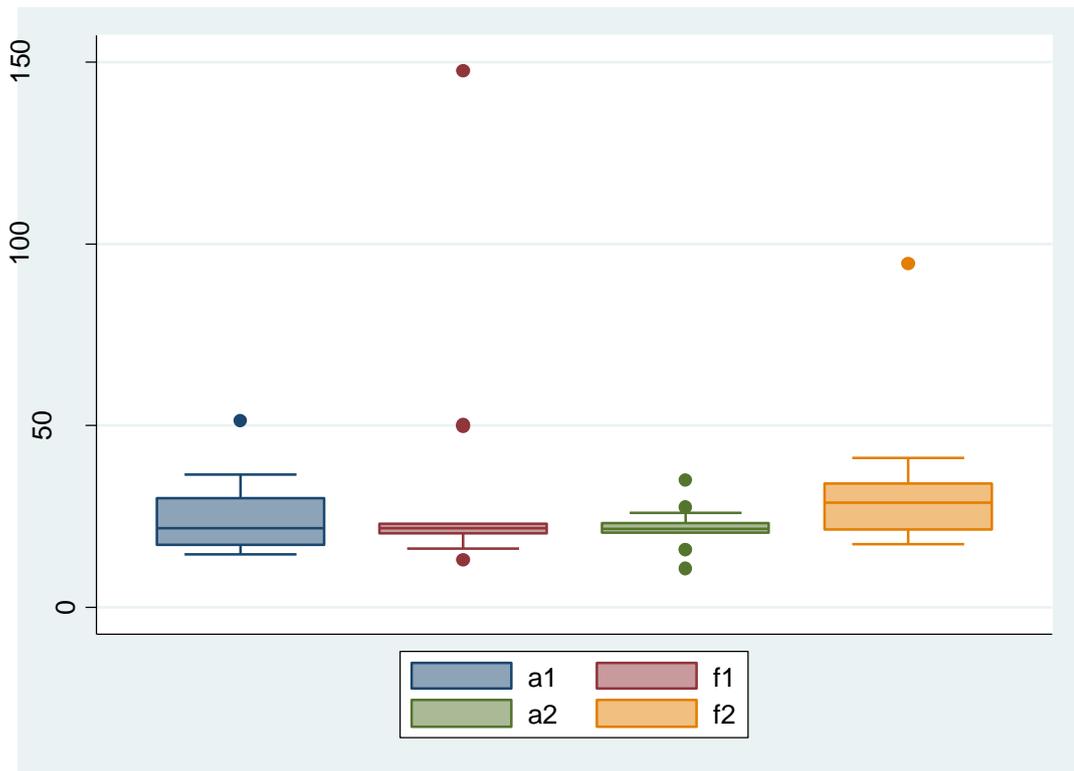


Gráfico 3. Gráfico de caja y bigotes de la discrepancia marginal en cofias metálicas unitarias de aleación Co-Cr sobre una línea terminación tipo *chamfer*, confeccionada por la técnica fusión selectiva por láser en CAD/CAM, según tipo de corte y punto marginal.

Tabla 4. Discrepancia interna de las cofias metálicas unitarias de aleación Co-Cr, sobre una línea terminación tipo *chamfer*, confeccionada con la técnica fusión selectiva por láser CAD/CAM, según tipo de corte, zona y punto interno.

Tipo de corte	Zona interna	Punto Interno	Min	Max	Promedio	D.E.	Mediana	DIC
Vestíbulo-Palatino	Axial	b1	48.36	115.80	69.00	18.68	66.51	18.30
		e1	38.82	75.40	57.17	11.56	55.01	14.38
	Oclusal	c1	59.07	221.66	165.11	40.75	171.40	28.08
		d1	59.49	244.63	162.37	41.98	163.14	24.95
Mesio-Distal	Axial	b2	20.42	52.62	38.10	8.64	39.08	10.21
		e2	34.54	72.07	51.64	9.26	50.96	6.43
	Oclusal	c2	142.38	191.19	165.78	17.15	163.86	30.43
		d2	140.27	231.98	168.64	23.33	163.04	13.74

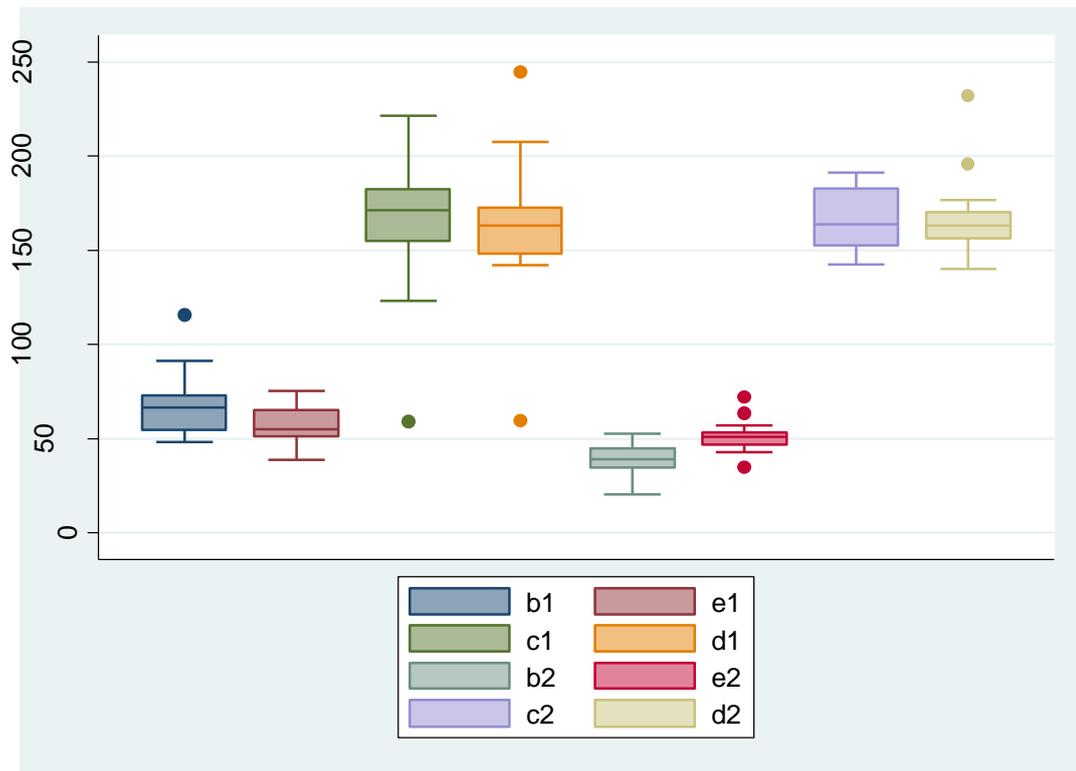


Gráfico 4. Gráfico de caja y bigotes de la discrepancia interna de las cofias metálicas unitarias de aleación Co-Cr sobre una línea terminación tipo *chamfer*, realizada por la técnica fusión selectiva por láser CAD/CAM, según tipo de corte, zona y punto interno.

Tabla 5. Análisis de Supuesto de Normalidad de las discrepancias marginales e internas según punto de evaluación y técnica de confección.

Punto de evaluación	Centrifugación convencional.			Técnica de Fusión Laser		
	Obs	Z	Prob>z	Obs	z	Prob>z
a1	13	1.742	0.04075	13	2.102	0.01779
b1	13	1.443	0.0745	13	1.453	0.07304
c1	13	1.473	0.07036	13	1.353	0.088
d1	13	1.79	0.03672	13	1.319	0.09363
e1	13	0.796	0.21304	13	-0.738	0.7697
f1	13	3.007	0.00132	13	4.064	0.00002
a2	13	1.964	0.02479	13	-0.338	0.63213
b2	13	0.315	0.37632	13	-2.645	0.99591
c2	13	-0.544	0.70691	13	0.562	0.28708
d2	13	0.33	0.37088	13	2.191	0.01422
e2	13	1.259	0.1041	13	-0.466	0.67938
f2	13	0.778	0.21825	13	3.564	0.00018

Prueba de Shapiro-Wilk

Tabla 6. Comparación de las adaptaciones marginales en cofias metálicas unitarias de aleación de Co-Cr sobre una línea terminación tipo *chamfer* confeccionadas por dos técnicas: cera pérdida colada por centrifugación y fusión selectiva por láser CAD/CAM, según tipo de corte y punto marginal.

Tipo de corte	Punto Marginal	Centrifugación convencional.	Técnica de Fusión Laser	Diferencia de medias	valor de p
Vestíbulo-Palatino	a1	89.65	24.70	64.95	0.0001
	f1	92.00	34.32	57.68	0.0009
Mesio-Distal	a2	91.72	21.82	69.90	< 0.0001
	f2	97.66	32.49	65.18	0.0001
U Mann-Whitney				significancia p<0.05	

Tabla 7. Comparación de las adaptaciones internas en cofias metálicas unitarias de aleación de Co-Cr sobre una línea terminación tipo *chamfer* confeccionadas por las dos técnicas: cera pérdida colada por centrifugación y fusión selectiva por láser CAD/CAM, según tipo de corte, zona y punto interno.

Tipo de corte	Zona interna	Punto interno	Centrifugación convencional.	Técnica de Fusión Laser	Diferencia de medias	valor de p	
Vestíbulo-Palatino	Axial	b1	60.09	69.00	-8.91	0.2847	*
		e1	58.00	57.17	0.83	0.8794	*
	Oclusal	c1	162.67	165.11	-2.43	0.8971	*
		d1	195.92	162.37	33.55	0.3695	**
Mesio-Distal	Axial	b2	42.30	38.10	4.21	0.5475	*
		e2	52.62	51.64	0.98	0.8994	*
	Oclusal	c2	209.19	165.78	43.41	0.0129	*
		d2	203.78	168.64	35.14	0.1177	**

* t de Student

significancia $p < 0.05$

** U Mann-Whitney

VIII. DISCUSIÓN

El presente estudio fue de tipo experimental y transversal, evaluó la adaptación marginal e interna de dos técnicas de fabricación de cofias metálicas unitarias de aleación de Co-Cr, la técnica de cera pérdida colada por centrifugación y fusión selectiva por láser en CAD/CAM. Las cofias metálicas fueron agrupadas en 2 grupos de 13 cofias para cada una. Cada grupo fue evaluado con la técnica de réplica de silicona VPES Fit CheckerTM Advance (GC Corporation, Tokyo, Japan), los cuales fueron sometidos a una fuerza de 15N durante 2 minutos en una máquina de ensayo universal Instron CTM-5L (LG Electronics, Seúl, Korea). Luego se realizaron los cortes ya explicados y se evaluó las discrepancias marginales e internas en un estéreo microscopio Greenough Leica S8 APO (Leica Biosystems GmbH, Wetzlar, Germany) a un aumento de 40X con el software Leica Application Suite LAS v3.4 (Leica Biosystems GmbH, Wetzlar, Germany) medidos en μm .

Los resultados mostraron que la hipótesis planteada fue aceptada respecto a la adaptación marginal debido a los valores alcanzados por las cofias generadas mediante fusión selectiva por láser en CAD/CAM (a1: $24.70 \pm 10.29 \mu\text{m}$, f1: $34.32 \pm 35.92 \mu\text{m}$, a2: $21.82 \pm 5.94 \mu\text{m}$, f2: $32.49 \pm 20.02 \mu\text{m}$) fueron estadísticamente mejores que los valores alcanzados por las cofias de cera pérdida colada por centrifugado convencional (a1: $89.65 \pm 58.39 \mu\text{m}$, f1: $92 \pm 88.40 \mu\text{m}$, a2: $91.72 \pm 67.13 \mu\text{m}$, f2: $97.66 \pm 50.39 \mu\text{m}$) resaltando que los valores de adaptación marginal en los cuatro grupos de estudio alcanzaron promedios menores a las $120 \mu\text{m}$ que es el límite máximo del rango estándar clínicamente aceptable. Sin embargo respecto a la adaptación interna tanto en sentido vestíbulo-palatino y mesio-distal como en la zona axial y oclusal los resultados no fueron concluyentes como para indicar que técnica logró la mejor adaptación interna.

Con respecto a los métodos usados por los investigadores para evaluar la adaptación marginal e interna, la presente investigación coincide con muchos estudios como los de Nesse *et al*³, Xu *et al*¹¹ y Huang *et al*^{18,30}, en la utilización del método de réplica de silicona ya que proporcionó una medida fiable de la adaptación marginal ya que es una técnica no destructiva permitiendo mediciones repetidas en múltiples puntos. Al igual que nuestra investigación, Xu *et al*¹¹ en el 2014 compararon la adaptación marginal de coronas de aleación metálica de Co-Cr con línea de terminación *chamfer* fabricadas con la técnica fusión selectiva por láser y con la técnica de cera pérdida colada por centrifugación convencional. Obteniendo que la discrepancia marginal de las coronas fabricadas por el sistema de fusión selectiva por láser fue de 102,86 μm y el de las coronas coladas por centrifugación convencional de 170,19 μm , estos resultados fueron similares al presente estudio con respecto a que la técnica que presentó la mejor adaptación marginal fue la técnica de fusión selectiva por láser en comparación con la técnica de cera perdida colada por centrifugación convencional. Pero la diferencia con el presente estudio es que los valores de discrepancias marginales encontrados por Xu *et al*, son mayores y el valor de la técnica de cera perdida colada por centrifugación convencional no está dentro de los valores clínicamente aceptables menores a 120 μm . A pesar que el presente estudio las coronas confeccionadas con la técnica de cera pérdida colada por centrifugado convencional se trabajaron a un espesor en la zona cervical de 10 μm y en la técnica de fusión selectiva por láser a 50 μm , la superioridad de la tecnología CAD/CAM es evidente y esto podría deberse a que la fundición del metal en la técnica de cera pérdida colada por centrifugado convencional es un paso artesanal, en el cual se emplea un soplete que funciona mediante aire comprimido con gas propano produciendo una llama que emite calor, pero este calor no puede ser calibrado, lo que

provoca cambios dimensionales, debido al alto coeficiente de contracción térmica asociado con el enfriamiento de las cofias, este enfriamiento pudo desplazar el metal hacia los bebederos pudiendo ocasionar la desadaptación marginal. Mientras que en la técnica de fusión selectiva por láser, este pasó de calor no es requerido ya que la obtención del metal se realiza mediante un polvo que se va fusionando a través de un láser de Nd-YAG, por capas desde la cara oclusal de la cofia hacia la línea de terminación, mejorando la adaptación marginal.

A diferencia de los resultados obtenidos por Nesse *et al*³ en el 2014, donde evaluaron la adaptación marginal e interna de cofias de Co-Cr fabricadas con las técnicas: cera pérdida colada por centrifugación convencional, fusión selectiva por láser y fresado de bloques en seco, los cuales mostraron que la técnica de elaboración de fusión selectiva por láser obtuvo una mayor discrepancia marginal en comparación con la técnica de cera pérdida colada por centrifugación convencional. Estos datos fueron opuestos a los encontrados en el presente estudio, donde se halló que la adaptación marginal en la técnica de fusión selectiva por láser fue mejor en comparación con la técnica de cera pérdida colada por centrifugación convencional. Nesse *et al* también mencionó que esta mayor discrepancia de la técnica de fusión selectiva por láser con las otras técnicas encontradas en su estudio pudo deberse a las partículas de polvo que pudieron quedar en la parte interna de la cofia interfiriendo en un buen asentamiento de la cofia al modelo. A diferencia del presente estudio Nesse *et al* utilizaron para las medidas de las discrepancias la técnica de visión directa con la ayuda de un microscopio óptico, pero este método tiene una limitación en el software ya que no es fácil distinguir entre un ajuste perfecto y un margen excesivamente extendido, también indicaron que la evaluación del ajuste era algo dependiente del operador. En el estudio de Nesse *et al* se estableció las medidas

marginales e internas con las que se trabajó las cofias. Para la confección de la cofia confeccionada con la técnica colada se colocó el espaciador en la preparación exceptuando la parte cervical. Mientras en los sistemas CAD/CAM tuvieron medidas de 55 μm . Mostrando que las medidas de espacios para el cemento fueron diferentes según el sistema de fabricación. Por lo tanto, no se pudo establecer las medidas exactas en la técnica de colado.

En el 2015 Huang *et al*¹⁸, compararon la adaptación marginal e interna de coronas metalcerámicas con línea de terminación *chamfer* fabricados por la técnica por fusión laser (SLM) y por la técnica de colado fabricadas con dos diferentes aleaciones en diferentes tipos de dientes. Los autores concluyeron, que la discrepancia marginal de coronas metalcerámicas del grupo de SLM de aleación Co-Cr fueron similares a las del grupo de colado de aleación Au-Pt y menores que el grupo de colado de aleación Co-Cr. Un similar resultado se obtuvo en el presente estudio, donde se encontró que los valores de adaptación marginal fueron mejores cuando se trabajó con el sistema de fusión selectiva por láser.

En el presente estudio los valores de adaptación interna fueron similares en ambas técnicas pero a nivel de la zona axial se encontraron menores discrepancias con respecto a la zona oclusal. Estos resultados en nuestra investigación, en la zona axial se pudo deber a que las cofias realizadas con la técnica de cera pérdida colada por centrifugación convencional se realizó a una medida interna de 50 μm , mientras que en la técnica de fusión selectiva por láser se trabajó a una medida interna de 70 μm , y a nivel oclusal pudo estar influida por una inexactitud del procesamiento tales como: el escaneado, el diseño del software, ya que requiere un aprendizaje especial, y no presenta una precisión adecuada en los surcos y fosas, debido a que en objetos

oscuros y de grandes ángulos el escáner no es capaz de leerlos, repercutiendo en la exactitud a nivel oclusal. ³¹

La mayoría de los estudios previos utilizaron cofias de aleación Co-Cr, como en nuestra investigación. Hedberg y Wallinder ⁹ en el 2013, estudiaron las propiedades de estas aleaciones con diferentes sistemas de fabricación y al realizarla con el sistema de fusión selectiva por láser se encuentra menor susceptibilidad a la corrosión y al grado de liberación de metales.

En el 2015 por Koutsoukis *et al* ¹⁹ realizaron una revisión de las propiedades de Co-Cr en los sistemas de fusión láser y otras técnicas de fabricación donde se encontró que esta técnica fabrica estructuras con limitada porosidad en comparación con la técnica colada teniendo un efecto positivo en las propiedades mecánicas de las cofias metálicas. Sobre la adaptación marginal e interna en el sistema de fusión selectiva por láser CAD/CAM obtuvieron resultados satisfactorios. Concluyendo al igual que nuestro estudio, la superioridad de la técnica de fusión selectiva por láser.

En el 2015 Park *et al* ² menciona que en los sistemas CAD/CAM el aumento de la discrepancia marginal pudo estar influida por una inexactitud del procesamiento tales como: el escaneado, el diseño del software y el material utilizado. Además que pudo haber intervenido en los resultados el cambio dimensional de la impresión PVS que es de 0.05% y la expansión del yeso tipo IV usado en la confección de los modelos de trabajo que es de 0.05 a 0.07% ³².

IX. CONCLUSIONES

Dentro de las limitaciones de esta investigación, se pudo describir las siguientes conclusiones:

1. Las cofias metálicas unitarias de aleación de Co-Cr confeccionadas con la técnica de fusión selectiva por láser CAD/CAM presentó mejor adaptación marginal que las cofias metálicas unitarias de aleación de Co-Cr confeccionadas con la técnica de cera pérdida colada por centrifugación convencional según tipo de corte y punto marginal. Con respecto a la adaptación interna presentaron resultados similares, pero tanto ambas adaptaciones presentaron valores dentro de los rangos aceptables clínicamente, según tipo de corte, zona y punto interno.
2. Las cofias metálicas unitarias de aleación de Co-Cr confeccionadas con la técnica cera pérdida colada por centrifugación convencional, en la evaluación de la discrepancia marginal según tipo de corte y punto marginal, mostraron valores estandarizados menores de 120 μm .
3. Las cofias metálicas unitarias de aleación de Co-Cr confeccionadas con la técnica cera pérdida colada por centrifugación convencional, en la evaluación de la discrepancia interna según tipo de corte, zona y punto interno dieron como resultados promedios menores en la zona axial en comparación con la zona oclusal.
4. La técnica de fusión selectiva por láser CAD/CAM, presentó valores de la discrepancia marginal según tipo de corte y punto marginal dentro de los rangos clínicamente aceptables de 120 μm .

5. Las cofias metálicas unitarias de aleación de Co-Cr confeccionadas con la técnica fusión selectiva por láser, en la evaluación de la discrepancia interna dieron según tipo de corte, zona y punto interno dieron como resultados promedios menores en la zona axial en comparación con la zona oclusal.
6. La técnica de fusión selectiva por láser presentó menores valores de discrepancia marginal según tipo de corte y punto marginal por lo tanto mejor adaptación marginal en comparación con la técnica de cera pérdida colada por centrifugación convencional.
7. Las técnicas de cera pérdida colada por centrifugación convencional y fusión selectiva por láser CAD/CAM presentaron similares adaptaciones internas según tipo de corte, zona y punto interno tanto a nivel axial y oclusal, aunque las medidas de las discrepancias internas de la técnica de fusión selectiva por láser fueron numéricamente menores en comparación con la técnica de cera pérdida colada por centrifugación convencional, sólo son valores descriptivos que no fueron concluyentes, ya que en la mayoría de los puntos evaluados no existió diferencia estadísticamente significativa.

X. RECOMENDACIONES

- Se recomienda realizar investigaciones que permitan evaluar la adaptación marginal e interna en cofias metálicas después del proceso de la aplicación de la porcelana feldespática de recubrimiento.
- Se recomienda realizar investigaciones donde se evalúe la adaptación marginal e interna de cofias metálicas confeccionadas mediante diferentes técnicas de fabricación como son: cera pérdida colada por centrifugación por inducción y fresado de bloques en seco.
- Se sugiere evaluar la adaptación marginal e interna con otra línea de terminación tipo bisel de 135° .
- Se sugiere evaluar la adaptación marginal e interna con otros materiales de fabricación de cofias.
- Se recomienda realizar estudios donde comparen las medidas de la adaptación marginal e interna modificando el ángulo de convergencia.
- Se recomienda realizar estudios donde comparen las medidas de la adaptación marginal e interna modificando la diferencia de alturas de la terminación vestíbulo-palatina y mesiovestibular.
- Se recomienda realizar estudios donde se realice la medida de la adaptación marginal e interna con réplicas de silicona, donde se compare las diferentes siliconas VPES, VPS y de condensación.

XI. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

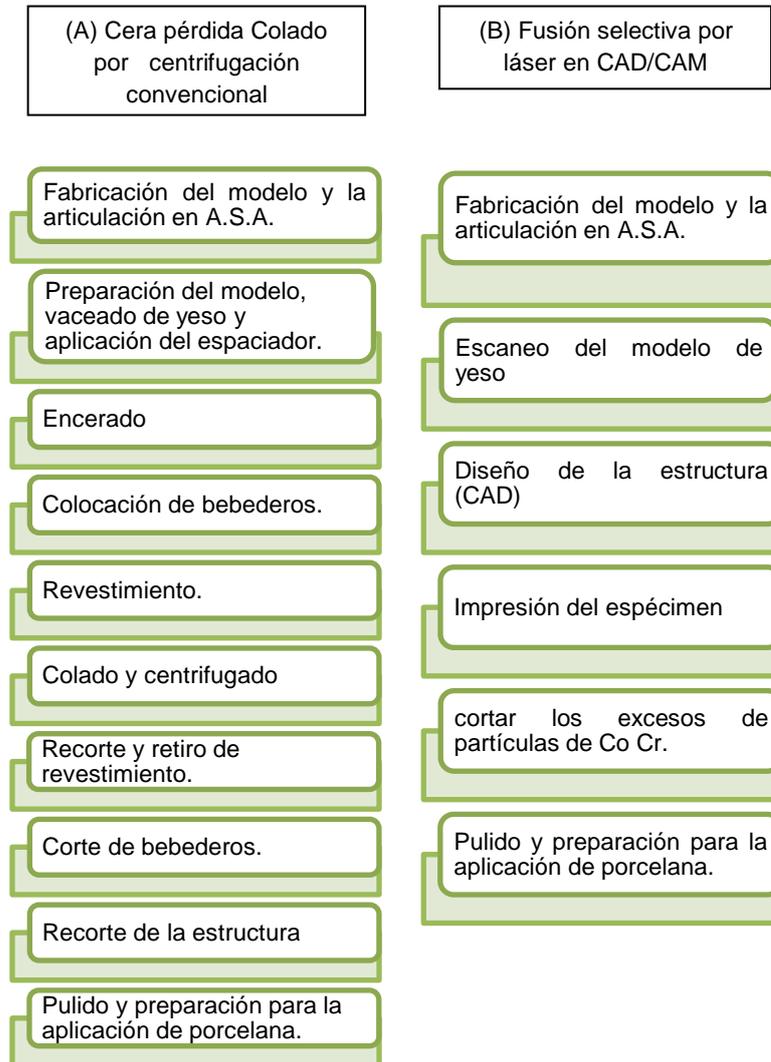
1. Quante K, Ludwig K, Kern M. Marginal and internal fit of metal-ceramic crowns fabricated with a new laser melting technology. *Dent Mater.* 2008 Oct; 24(10):1311-5.
2. Park Jk, Wan Ws, Kim Hy, Kim Jh. Accuracy evaluation of metal copings fabricated by computer-aided milling and direct metal laser sintering systems. *J Adv Prosthodont.* 2015 Apr; 7(2):122-8.
3. Nesse H, Mari D, Myhre M, Øilo M. Internal and marginal fit of cobalt-chromium fixed dental prostheses fabricated with 3 different techniques. *J Prosthet Dent.* 2015 Nov; 114(5):686-92.
4. Ammar A, Al S, Eanas I, Amer S, Al O. Marginal discrepancy of cobalt chromium metal copings fabricated with three different techniques. *J Am Sci.* 2015 Dec; 11(5):105-10.
5. Neclar D, Atiyu N, Meral A. Evaluation of the marginal fit of full ceramic crowns by the microcomputed tomography (micro-CT) technique Neclar Demir Atiyu Nilgun meral Arslan *Eur J Dent.* 2014 Oct-Dec; 8(4): 437–44.
6. Pegoraro LF. *Prótesis Fija.* 1ed.Sao Paulo: Artes Médicas; 2001.
7. Bottino MA, Valandro LF, Buso L, Ozcan M. The influence of cervical finish line, internal relief, and cement type on the cervical adaptation of metal crowns. *Quintessence Int.* 2007 Jul-Aug; 38(7):425- 32.
8. Hunter AJ, Hunter AR. Gingival margins for crowns: a review and discussion. Part II. Discrepancies and configurations. *J Prosthet Dent.* 1990 Dec; 64 (6): 636-42.
9. Hedberg Y, Wallinder I. Metal release and speciation of released chromium from a biomedical CoCrMo alloy into simulated physiologically relevant solutions. *J Biomed Mater Res part B Appl Biomater.* 2014 March; 102(9): 693-99.
10. Taggart W. A new Accurated method of making gold inlays. *Dental Cosmos.* 1907 Nov; 49(11):1117-21.
11. Xu D, Xiang N, Wei B. The marginal fit of selective laser melting fabricated metal crowns; An in vitro study. *J Prosthet Dent.* 2014 Dec; 112(6): 1437-40.
12. Rosenstiel S, Land M. *Prótesis Fija. Procedimientos clínicos y de laboratorio.* Barcelona: Salvat Editores; 2009.
13. Syu JZ, Byrne G, Laub LW, Land MF. Influence of Finish-Line Geometry on the Fit of Crowns. *Int J Prosthodont.* 1993 Jan-Feb; 6(1):25-30.
14. Shillimburg H. *Fundamentos esenciales en prótesis fija.* 3a edición. Barcelona. Quintessence; 2006.
15. Vojdani M, Torabi K, Farjood E, Khaledi AAR. Comparison the marginal and internal fit of metal copings cast from wax patterns fabricated by CAD/CAM and conventional wax up techniques. *J Dent (Shiraz).* 2013 Sep; 14(3):118-29.
16. Ucar Y, Akova T, Akyil M, Brantley W. Internal fit evaluation of crowns prepared using a new dental crown fabrication technique: Laser – sintered Co-Cr crowns. *J Prosthet Dent.* 2009 Oct; 102(4):253-9.
17. Johnson R, Verrett R, Haney S, Mansueto M, Challa S. Marginal Gap of Milled versus Cast Gold Restorations. *Journal of Prosthodontics.* 2017 Jan; 26(1):56-63.
18. Huang Z, Zhang L, Zhu J, Zhang X. Clinical marginal and internal fit of metal ceramic crowns fabricated with a selective laser melting technology. *J Prosthet Dent.* 2015 Jun; 113(6), 623-27.

19. Koutsoukis T, Zinelis S, Eliades G, Al-Wazzan K, Rifaiy MA, Al Jabbari YS. Selective Laser Melting Technique of Co-Cr Dental Alloys: A Review of Structure and Properties and Comparative Analysis with Other Available Techniques. *J Prosthodont*. 2015 Jun; 24(4):303-12.
20. Howard W, Berzins D, Keith Moore K, Charlton D. Metal-Ceramic Alloys in Dentistry: A Review. *J Prosthodont*. 2009 Feb; 18(2): 188–194.
21. Li J, Ye X, Li B, Liao J, Zhuang P, Ye J. Effect of oxidation heat treatment on the bond strength between a ceramic and cast and milled cobalt-chromium alloys. *Eur J Oral Sci*. 2015 Aug; 123(4):297-304.
22. Lombardo G, Nishioka R, Souza R, Michida S, Kojima A, Mesquita A, Buso L. Influence of Surface Treatment on the Shear Bond Strength of Ceramics Fused to Cobalt–Chromium. *J Prosthodont*. 2010 Feb; 19(2):103-111.
23. Geis-Gerstorfer J, Schille Ch, Schweizer E, Noack F, Hoffmann R. Comparison of the biocompatibility and corrosion properties of a CoCr sinter alloy with a casting alloy. *Dental dialogue*. 2013 Ago; 14: 20-5.
24. Tamac E, Toksavul S, Toman M. Clinical marginal and internal adaptation of CAD/CAM milling, laser sintering, and cast metal ceramic crowns. *J Prosthet Dent*. 2014 Oct; 112(4):909-913.
25. Zeng L, Zhang Y, Zheng L, Wei B. Effects of repeated firing on the marginal accuracy of Co-Cr copings fabricated by selective laser melting. *J Prosthet Dent*. 2015 Feb; 113(2):135-9.
26. Abad J, Castro M, Durand E. Comparación de la adaptación marginal de cofias elaboradas en cuatro tipos de máquinas de colado. *Revista Odontos*. 2014 Oct; 43(4): 7-14.
27. Harish V, Mohamed A, Jagadesan N, Mohamed, Siva S. Evaluation of internal and marginal fit of two metal ceramic system - in vitro study. *J Clin Diagn Res*. 2014 Dec; 8(12): 53-6.
28. Wu L, Zhu H, Gai X, Wang Y. Evaluation of the mechanical properties and porcelain bond strength of cobalt-chromium dental alloy fabricated by selective laser melting. *J Prosthet Dent*. 2014 Jan; 111(1):51-5.
29. Wang H, Feng Q, Li N, Xu S. Evaluation of metal-ceramic bond characteristics of three dental Co-Cr alloys prepared with different fabrication techniques. *J Prosthet Dent*. 2016 Jul; 116 (6): 916-923.
30. Huang Z, Zhang L, Zhu J, Zhao Y, Zhang X. Clinical marginal and internal fit of crowns fabricated using different CAD/CAM technologies. *J Prosthodont*. 2015 Jun; 24(4):291-5.
31. KamegawaM, Nakamura M, Tsutsumi S. 3D morphological measurements of dental casts with occlusal relationship using microfocus x-ray. *CT Dent mater J*. 2008 Apr; 27(4): 549 – 54.
32. Arpa M. Revisión de los últimos 10 años del análisis in vitro del ajuste marginal e interno de estructuras metálicas para prótesis fija dentosoportada [tesis magister en Odontología]. Madrid:Universidad Complutense de Madrid; 2012.

ANEXOS

ANEXO 1

PROCESOS DE ELABORACIÓN DE COFIAS METÁLICAS DE ALEACIÓN CO-CR, FABRICADAS CON DOS TÉCNICAS: CERA PÉRDIDA COLADO POR CENTRIFUGACIÓN CONVENCIONAL Y FUSIÓN SELECTIVA POR LÁSER EN CAD/CAM.



Esquema 1. - (A) esquema de la técnica de colado por centrifugado convencional. (B) esquema de la técnica de fusión selectiva por láser. Tomado y modificado de Ucar Y, Akova T, Musa A, Brantley W. Internal fit evaluation of crowns prepared using a new dental Crown fabrication technique: Laser-sintered Co-Cr crowns. J Prosthet Dent. 2009 Oct;102(4):253-9.

ANEXO 2

OPERACIONALIZACIÓN DE VARIABLES

VARIABLE	DIMENSION	DEFINICION CONCEPTUAL	DEFINICION OPERACIONAL	TIPO	INDICADOR	ESCALA DE MEDICION	VALORES O CATEGORIAS
Adaptación marginal (variable dependiente)	----	Grado de ajuste con el que encaja una restauración sobre el margen cervical de una preparación.	Discrepancia a nivel de la zona cervical entre la superficie de la preparación en el modelo y la superficie interna de la cofia metálica.	Cuantitativa	Espesor en la zona cervical de la película de silicona VPES Fit CheckerTM Advance entre la preparación y la cofia metálica.	Razón	Micrómetros (um)
Adaptación interna (variable dependiente)	- ---	Grado de ajuste con el que encaja una restauración sobre una preparación a nivel axial y oclusal.	Discrepancia a nivel de la zona axial y oclusal entre la superficie de la preparación en el modelo y la superficie interna de la cofia metálica.	Cuantitativa	Espesor en la zona axial y oclusal de la película de silicona VPES Fit CheckerTM Advance entre la preparación y la cofia metálica.	Razón	Micrómetros (um)
Técnicas de Fabricación de cofias (variable independiente)	- ---	Son procesos que transforman materiales modificando su forma y características según un diseño.	Son métodos variados que permiten la elaboración de cofias en Co- Cr las cuales pueden realizarse mediante procedimientos convencionales o mecanizados	Cualitativa	Técnica de reemplazo de un patrón de cera por metal fundido y centrifugación convencional. Técnica de adición de polvo de Co-Cr fusionado mediante un láser de Nd-YAG.	Nominal dicotómico	Técnica de la cera pérdida colada por centrifugado convencional. Técnica de sistema de fusión selectiva por láser asistido por CAD/CAM.

Tipo de terminación (covariable)	-----	Preparación dentaria cervical hasta la cual llega y se adapta el margen de la restauración.	Chámfer: línea de terminación cervical.	Cualitativa	Chámfer: De forma de media línea curva.	Nominal dicotómica.	Chámfer.
Zona de Medición (covariable)	Tipo de corte	Sección de la réplica de silicona según la dirección del corte.	Vestíbulo-palatino: sección de la réplica de silicona de vestibular a palatino. Mesio-distal: sección de la réplica de silicona de mesial a distal.	Cualitativa	Sección de la réplica de silicona en forma de cruz. Dividiéndola en 4 partes iguales.	Nominal politómica.	Vestíbulo-palatino. Mesio-distal.
	Punto de medición marginal	Distancia en la zona cervical de los puntos marginales de la réplica de silicona.	Puntos marginales (A, F) más extremo de la zona cervical de la línea de terminación en sentido vestibulo-palatino y mesio-distal.	Cuantitativa	Espesor de película de la silicona VPES Fit CheckerTM Advance en puntos marginales (A, F), medidos de forma perpendicular.	Razón	Micrómetros (um)
	Punto de medición interna	Distancia en la zona axial y oclusal de los puntos internos de la réplica de silicona.	Puntos internos de la zona axial (B, E): Mitad de la cara axial en sentido vestibulo-palatino y mesio-distal. Puntos internos de la zona oclusal (C, D): mitad de vertiente y reborde marginal en sentido vestibulo-palatino y mesio-distal.		Espesor de película de la silicona VPES Fit CheckerTM Advance en puntos internos (B, C, D, E), medidos de forma perpendicular.		Micrómetros (um)

ANEXO 3

FICHA DE RECOLECCIÓN DE DATOS

Técnica de cera pérdida colado por centrifugación convencional												
Puntos de evaluación	Sección Mesial Corte sentido véstibulo-palatino						Sección Vestibular Corte sentido mesio-distal					
	a1 µm	b1 µm	c1 µm	d1 µm	e1 µm	f1 µm	a2 µm	b2 µm	c2 µm	d2 µm	e2 µm	f2 µm
Muestra 1	74.8	58.43	161.45	164.85	79.57	29.97	32.45	78.74	176.58	200.67	24.26	117.3
Muestra 2	219.94	43.35	162.1	184.71	65.94	52.5	149.09	25.43	196.96	184.23	72.57	84.42
Muestra 3	32.77	93.41	133.51	188.51	66.82	26.18	87.67	35.65	188.08	130.84	53.35	54.15
Muestra 4	124.57	29.32	176.78	147.16	61.03	27.85	23.02	52.46	216	195.59	43.35	50.32
Muestra 5	154.27	45.74	162.5	166.99	68.07	49.4	56.87	69.86	201.18	223.66	87.48	96.13
Muestra 6	48.49	95.25	150.94	331.73	36.98	296.2	224.83	29.32	278.15	279.52	37.37	202.63
Muestra 7	37.76	53.6	100.85	161.18	35.42	56.92	75.03	53.35	119.41	162.05	35.76	74.54
Muestra 8	57.84	54.61	123.36	126.2	79.39	68.84	44.23	14.02	164.24	128.38	29.46	38.62
Muestra 9	113.38	35.56	280.5	231.67	69.15	90.92	63.5	80.17	296	298.51	26.79	168.26
Muestra 10	153.04	60.17	254.19	242.08	58.56	156.06	210.97	43.44	265.52	242.8	55.94	122.51
Muestra 11	35.96	100.43	167.65	115.3	46.83	28.96	48.79	20.32	219.75	177.81	114.87	58.17
Muestra 12	57.93	51.37	90.56	157.68	50.56	60.33	42.22	11.43	129.54	120.66	58.47	57.73
Muestra 13	54.71	59.91	150.38	328.84	35.65	251.86	133.74	35.76	268.09	304.41	44.45	144.81

a1: Punto marginal zona cervical vestibular.

b1: Punto interno zona axial vestibular.

c1: Punto interno zona oclusal vestibular.

d1: Punto interno zona oclusal palatina.

e1: Punto interno zona axial palatina.

f1: Punto marginal zona cervical palatina.

FICHA DE RECOLECCIÓN DE DATOS

Técnica de Fusión Selectiva por Láser												
Puntos de evaluación	Sección Mesial Corte sentido vestíbulo-palatino						Sección Vestibular Corte sentido mesio-distal					
	a1 μm	b1 μm	c1 μm	d1 μm	e1 μm	f1 μm	a2 μm	b2 μm	c2 μm	d2 μm	e2 μm	f2 μm
Muestra 1	36.6	65	171.4	149.2	75.4	50.2	20.32	30.4	160.59	156.52	72.07	36.65
Muestra 2	30.9	115.8	221.66	244.63	38.82	147.46	27.64	34.6	191.19	231.98	46.91	94.4
Muestra 3	16.38	50.84	182.63	147.8	57.22	17.24	23.17	44.75	156.95	159.8	48.81	33.63
Muestra 4	21.98	55.46	176.46	143.82	55.01	21.98	15.87	34.54	146.32	156.52	56.9	21.88
Muestra 5	30	73.15	154.55	167.2	63.02	22.99	26.02	44.89	152.46	163.04	50.96	34.06
Muestra 6	51.24	66.51	209.59	207.47	72.85	49.86	34.96	39.08	191.02	195.6	52.87	41.14
Muestra 7	20.92	79.35	123.15	166.45	40.69	20.11	20.92	36.8	142.38	140.27	34.54	17.36
Muestra 8	14.65	73	59.07	59.49	48.77	13.01	15.87	41.09	146.37	152.74	50.96	21.21
Muestra 9	15.47	91.26	171.29	163.14	50.84	22.99	21.6	20.42	168.97	168.71	42.67	21.21
Muestra 10	21.62	48.36	191.04	142.11	69.95	20.67	22.61	40.72	182.89	152.45	63.51	29.97
Muestra 11	21.85	54.85	178.4	162.67	53.35	21.85	22.35	52.62	167.69	167.67	53.34	20.48
Muestra 12	16.94	68.59	151.86	184.03	65.22	16.16	21.62	47.14	163.86	170.26	52.07	21.59
Muestra 13	22.61	54.83	155.31	172.75	52.08	21.62	10.77	28.2	184.51	176.76	45.72	28.73

a2: Punto marginal zona cervical mesial.

b2: Punto interno zona axial mesial

c2: Punto interno zona oclusal mesial.

d2: Punto interno zona oclusal distal

e2: Punto interno zona axial distal.

f2: Punto marginal zona cervical distal.

ANEXO 4
PREPARACIÓN DEL MODELO MAESTRO



Figura 1 : Premolar superior

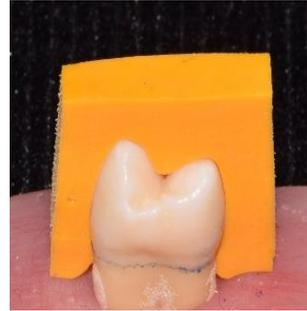


Figura 2 : Llave de silicona para la preparación



Figura 3 : Preparación dentaria

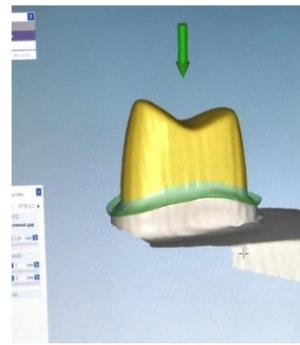


Figura 4 : Diseño de la cofia metálica



Figura 5 : Fresado en seco en CAD/CAM



Figura 6 : Sinterizado del modelo maestro

ANEXO 5
MODELO MAESTRO



Figura 7 : Modelo maestro (zona vestibular)



Figura 8 : Modelo maestro (zona palatino)



Figura 9 : Modelo maestro (zona distal)



Figura 10 : Modelo maestro (zona mesial)

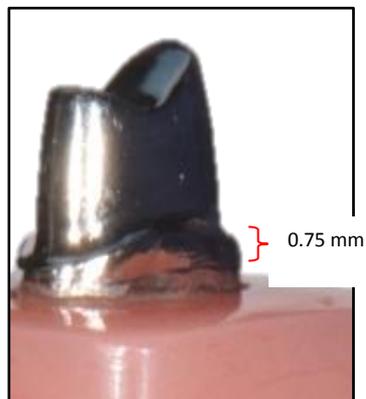


Figura 11 : curvatura cervical

ANEXO 6

PASOS DE LA TÉCNICA DE CERA PÉRDIDA COLADA POR CENTRIFUGACIÓN



Figura 12 :Encerado del patrón de cera

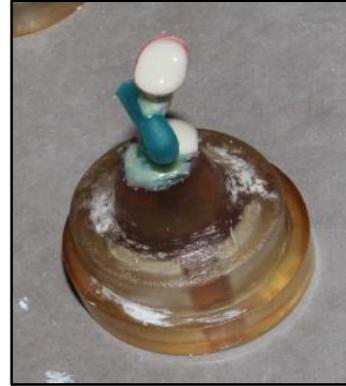


Figura 13 : Revestimiento del patrón de cera



Figura 14 : Fundición de la aleación Co-Cr



Figura 15 : Centrifugado convencional

ANEXO 7

PASOS DE LA TÉCNICA DE FUSIÓN SELECTIVA POR LÁSER



Figura 16 : Escáner del modelo de yeso

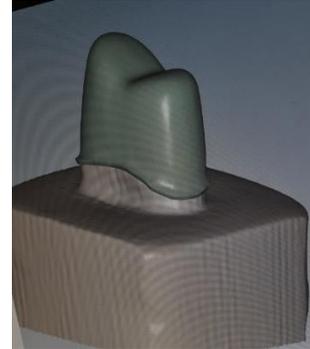


Figura 17 : Diseño de la cofia metálica



Figura 18 : Sistema fusión selectiva por láser



Figura 19 : Obtención de cofias metálicas con el sistema de fusión selectiva por láser

ANEXO 8

TÉCNICA DE REPLICA DE SILICONA



Figura 20: VPES Fit CheckerTM Advance



Figura 21 : Presión con la máquina Imstron



Figura 22 : Cofia con VPES Fit CheckerTM Advance
inyectada



Figura 23 : Silicona VPS de relleno



Figura 24: Réplica de silicona, vestibulo palatino

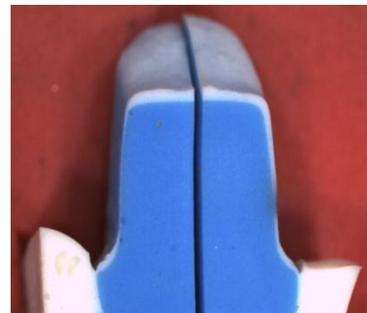


Figura 25 : Réplica de silicona, mesio distal

ANEXO 9

ZONAS DE MEDICIÓN DE LA RÉPLICA DE SILICONA

Tipo de corte sentido vestibulo-palatino

a1: Punto marginal zona cervical vestibular.

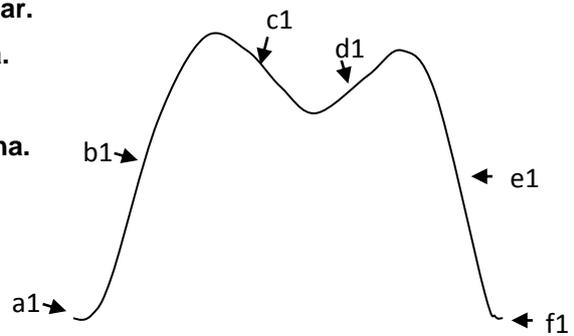
b1: Punto interno zona axial vestibular.

c1: Punto interno zona oclusal vestibular.

d1: Punto interno zona oclusal palatina.

e1: Punto interno zona axial palatina.

f1: Punto marginal zona cervical palatina.



Tipo de corte sentido mesio-distal

a2: Punto marginal zona cervical mesial.

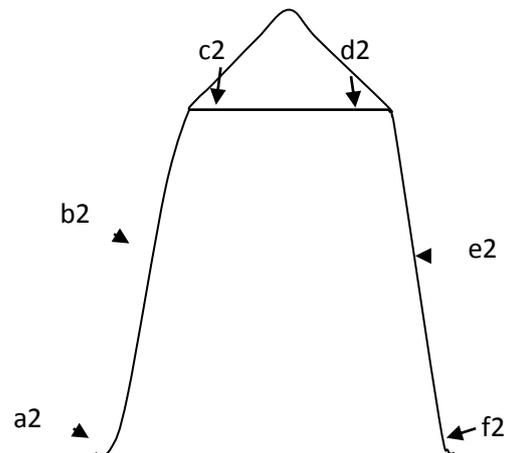
b2: Punto interno zona axial mesial

c2: Punto interno zona oclusal mesial.

d2: Punto interno zona oclusal distal

e2: Punto interno zona axial distal.

f2: Punto marginal zona cervical distal.



Referencias para zonas de medición (referencia tomada de Nesse H et al³)