



## **FACULTAD DE ODONTOLOGÍA**

### **RESISTENCIA FLEXURAL DE DIFERENTES POLÍMEROS UTILIZADOS COMO MATERIAL PROVISIONAL EN PRÓTESIS FIJA**

**Línea de investigación:**

**Biomateriales**

Tesis para optar el Título Profesional de Cirujano Dentista

**Autor:**

León Lucas, Francisco Javier

**Asesor:**

López Gurreonero, Carlos Francisco

ORCID: 0000-0001-8310-6529

**Jurado:**

Paucar Rodriguez de Granados, Elizabeth

Mejia Ticona, Lourdes Alicia

Gomez Cortez, Pedro Luis

**Lima - Perú**

**2024**

# RESISTENCIA FLEXURAL DE DIFERENTES POLÍMEROS UTILIZADOS COMO MATERIAL PROVISIONAL EN PRÓTESIS FIJA

## INFORME DE ORIGINALIDAD

12%

INDICE DE SIMILITUD

9%

FUENTES DE INTERNET

2%

PUBLICACIONES

6%

TRABAJOS DEL  
ESTUDIANTE

## FUENTES PRIMARIAS

1	Submitted to Universidad Nacional Federico Villarreal Trabajo del estudiante	2%
2	repositorio.unfv.edu.pe Fuente de Internet	2%
3	Submitted to Universitat Internacional de Catalunya Trabajo del estudiante	2%
4	repositorio.utea.edu.pe Fuente de Internet	1%
5	Submitted to Universidad Santiago de Cali Trabajo del estudiante	1%
6	piz.san.edu.pl Fuente de Internet	<1%
7	acfo.edu.co Fuente de Internet	<1%
8	repositorio.ucv.edu.pe	



FACULTAD DE ODONTOLOGÍA

**RESISTENCIA FLEXURAL DE DIFERENTES POLÍMEROS UTILIZADOS COMO  
MATERIAL PROVISIONAL EN PRÓTESIS FIJA**

Línea de Investigación:

Biomateriales

Tesis para optar para el Título Profesional de Cirujano Dentista

Autor

León Lucas, Francisco Javier

Asesor

López Gurreonero, Carlos Francisco

(ORCID: 0000-0001-8310-6529)

Jurado

Paucar Rodriguez de Granados, Elizabeth

Mejia Ticona, Lourdes Alicia

Gomez Cortez, Pedro Luis

Lima – Perú

2024

### **DEDICATORIA**

En primer lugar, dar gracias a Dios por permitirme tener la oportunidad de poder culminar esta hermosa profesión llena de mucha ciencia y arte.

A mis padres Francisca y Pedro, por darme todo su apoyo, comprensión, paciencia y amor. Por siempre escucharme y creer siempre en mí.

A mi hermano Pedro, por ser mi guía y ejemplo de superación día tras día, porque todo esfuerzo siempre traerá una recompensa y al final del túnel siempre habrá una esperanza.

### **AGRADECIMIENTO**

A mi asesor el Mg. Carlos Francisco, López Gurreonero por su amistad, conocimiento y apoyo incondicional brindado en este trabajo de investigación.

A una gran amiga y maestra la C.D. Nelly Tanaka Torres, por haberme enseñado a sacar lo mejor de mí en cada paso que daba en esta bella profesión, por grandes maestras como usted que motivan e inspiran a seguir aprendiendo día a día. Usted hizo que vea la profesión con sabiduría, arte y pasión.

A un gran amigo TD. Wilfredo Chuquizuta y Lab. Hikma Dent mi más profundo agradecimiento cuya valiosa ayuda fue brindada en la ejecución del presente trabajo. Demostrando que la relación clínica y laboratorio es fundamental para obtener excelentes resultados.

## ÍNDICE

RESUMEN.....	vii
ABSTRACT.....	viii
<b>I. INTRODUCCIÓN.....</b>	<b>1</b>
1.1. Descripción y formulación del problema.....	1
1.2. Antecedentes.....	3
1.3. Objetivos.....	9
1.3.1. Objetivo general.....	9
1.3.2. Objetivos específicos.....	9
1.4. Justificación.....	9
1.4.1. Teórica.....	9
1.4.2. Práctica.....	9
1.4.3. Clínico.....	10
1.5. Hipótesis.....	10
<b>II. MARCO TEÓRICO.....</b>	<b>11</b>
2.1. Bases teóricas sobre el tema de investigación.....	11
2.1.1. Prótesis provisionales.....	11
2.1.2. Clasificación de las resinas para prótesis provisionales.....	11
2.1.2.1. Resinas acrílicas.....	12
2.1.2.2. Resinas Bisacrílicas.....	16
2.1.3. Técnicas.....	17
2.1.3.1. Procedimiento indirecto.....	17
2.1.3.2. Procedimiento directo.....	17
2.1.3.3. Procedimiento directo-indirecto.....	18

2.1.4. Producción informatizada CAD/CAM.....	18
2.1.4.1. Proceso informático CAD/CAM.....	19
III. MÉTODO.....	20
3.1. Tipo de investigación.....	20
3.2. Ámbito temporal y espacial.....	20
3.3. Variables.....	20
3.3.1. Dependiente.....	20
3.3.2. Independiente.....	20
3.3.3. Operacionalización de variables.....	21
3.4. Población y muestra.....	21
3.4.1. Población.....	21
3.4.2. Tamaño de muestra.....	21
3.4.3. Unidad de análisis.....	22
3.4.4. Tipo de Muestreo.....	22
3.4.5. Criterios de selección.....	22
3.4.5.1. Criterios de inclusión.....	22
3.4.5.2. Criterios de exclusión.....	22
3.5. Instrumentos.....	23
3.6. Procedimientos.....	23
3.7. Análisis de datos.....	24
3.7.1. Análisis descriptivo.....	24
3.7.2. Análisis inferencial.....	24
3.8. Consideraciones éticas.....	25
IV. RESULTADOS.....	26
V. DISCUSIÓN DE RESULTADOS.....	35

VI.	CONCLUSIONES.....	37
VII.	RECOMENDACIONES.....	38
VIII.	REFERENCIAS.....	39
IX.	ANEXOS.....	46



## RESUMEN

**Objetivo:** Comparar la resistencia flexural de diferentes polímeros utilizados como material provisional en prótesis fija. **Método:** La investigación fue experimental, analítico, longitudinal, prospectiva y correlacional-comparativa. La muestra estuvo conformada por unidades rectangulares (25x2x2mm) divididas en seis grupos: tres sin termociclado y tres grupos con termociclado, utilizando resinas acrílicas provisionarias PMMA (Telio CAD de Ivoclar), Bisacril autopolimerizable (Luxatemp Star de DMG) y acrílico autocurado (Alike de GC), siendo en total 90 unidades. Fueron sometidos a una máquina de ensayo universal con una carga de 1.0mm/min. **Resultados:** El promedio de resistencia flexural de todos los grupos fue de  $92,08 \pm 27,12$  Mpa, con un mínimo de 40,41 Mpa y 124,07 Mpa como máximo. Se encontró que la media de Telio CAD fue de  $117,21 \pm 4,84$  Mpa, con un mínimo de 104,73 Mpa y 124,07 Mpa como máximo. Para el Luxatemp Star (DMG) se halló una media de  $101,90 \pm 11,56$  Mpa, se registró un mínimo de 76,29 Mpa y 123,96 Mpa como máximo. Por último, para Alike (GC) se halló una media de  $57,14 \pm 9,16$  Mpa, se registró un mínimo de 40,41 Mpa y 71,26 Mpa como máximo. Se encontró una diferencia significativa entre la resistencia flexural del PMMA (TelioCAD de Ivoclar), la resina bisacrílica (Luxatemp Star de DMG) y la resina acrílica Alike (GC) ( $p < 0,05$ ). **Conclusiones:** Existe una diferencia estadísticamente significativa entre la resistencia flexural del PMMA, la resina bisacrílica y la resina acrílica convencional.

*Palabras Clave:* resistencia flexural, máquina de ensayo universal, polimetacrilato, bisacryl, resina acrílica.

## ABSTRACT

**Objective:** Compare the flexural resistance of different polymers used as provisional material in fixed prostheses. **Method:** The research was experimental, analytical, longitudinal, prospective and correlation-comparative. The sample consisted of rectangular units (25x2x2mm) divided into six groups: three without thermal cycling and three with thermal cycling, using temporary acrylic resins PMMA (Telio CAD from Ivoclar), Self-polymerizing Bisacryl (Luxatemp Star from DMG) and self-curing acrylic (GC Alike), with a total of 90 units. They were subjected to a universal test machine with a load of 1.0 mm/min. **Results:** The average flexural strength of all groups was  $92.08 \pm 27.12$  Mpa, a minimum of 40.41 Mpa and a maximum of 124.07 Mpa were recorded. By brands, the average Telio CAD was found to be  $117.21 \pm 4.84$  Mpa, a minimum of 104.73 Mpa and a maximum of 124.07 Mpa were recorded. For the Luxatemp Star (DMG), an average of  $101.90 \pm 11.56$  Mpa was found, a minimum of 76.29 Mpa and a maximum of 123.96 Mpa were recorded. Finally, for Alike (GC) an average of  $57.14 \pm 9.16$  Mpa was found, a minimum of 40.41 Mpa and a maximum of 71.26 Mpa were recorded. A significant difference was found between the flexural strength of PMMA (TelioCAD from Ivoclar), bisacrylic resin (Luxatemp Star from DMG) and Alike acrylic resin (GC) ( $p < 0.05$ ). **Conclusions:** There is a statistically significant difference between the flexural resistance of PMMA, bisacrylic resin and conventional acrylic resin.

*Keywords:* flexural strength, universal testing machine, polymethacrylate, bisacryl, acrylic resin.

## I. INTRODUCCIÓN

En el contexto de la rehabilitación oral en la odontología moderna, la introducción de materiales innovadores ha transformado la creación de prótesis dentales provisionales. Destacando entre los avances de la tecnología se encuentra la incorporación del polimetacrilato (PMMA), un material que ha ganado prominencia en la fabricación de dentaduras parciales y completas temporales; y se elige por su aspecto natural, baja absorción de agua, solubilidad adecuada y resistencia, además de su baja toxicidad (Lango et al., 2022). La tecnología CAD/CAM también ha revolucionado la elaboración de prótesis provisionales al permitir un mecanizado preciso del PMMA, reduciendo significativamente el tiempo necesario para las consultas y asegurando una adaptación precisa (Sidhom et al., 2022).

Es importante mencionar que las prótesis provisionales se construyeron tradicionalmente con resinas que presentan polimerización rápida para realizar tratamientos en una sola sesión (Schwartz et al., 2017). Las resinas acrílicas, bisacrílicas y PMMA han emergido como materiales de interés, si bien enfrentan desafíos en su manipulación y posibles efectos térmicos adversos, y la tecnología CAD/CAM se perfila como solución para abordar las limitaciones en las resinas convencionales (Prpić et al., 2020).

El estudio actual buscó comparar la resistencia flexural de varios polímeros provisionales como el PMMA Telio CAD de Ivoclar, Bisacril autopolimerizable Luxatemp de DMG y acrílico autocurado Alike de GC, aportando a la comprensión de la resistencia mecánica y rigidez de estas prótesis provisionales. El propósito principal del estudio fue contribuir a la comprensión de las propiedades de estos materiales y su viabilidad en la práctica odontológica moderna, beneficiando tanto a los profesionales como a los pacientes.

### 1.1. Descripción y formulación del problema

Las prótesis dentales son dispositivos diseñados para reemplazar dientes faltantes y restaurar la función masticatoria, la estética y la salud oral en general. Las resinas acrílicas se

utilizan ampliamente en la fabricación de prótesis dentales provisionales, las cuales se usan mientras se espera la fabricación de las prótesis definitivas como puentes, coronas o dentaduras. Las prótesis temporales son fundamentales para preservar la función, la apariencia y la estructura dental existente mientras se completa el proceso de tratamiento (Ercoli y Caton, 2018)

Las prótesis provisionales generalmente son fabricadas a partir de materiales de resina que emplean métodos convencionales como: las resinas compuestas de polimetilo, polietileno y bis-acrilato, debido a que son materiales con tiempo de polimerización corto permiten realizar los provisionales en una sola cita (Đorđević et al., 2022; Schwantz et al., 2017). Sin embargo; presentan desventajas como la fragilidad y susceptibilidad al desgaste, por lo que se requiere ajustes frecuentes, una variabilidad en la estabilidad del color y la estética (Mandikos et al., 2001; Trujillo, 2018).

También es importante señalar que los polímeros que se utilizaron en el presente estudio son principalmente resinas acrílicas, bisacrílicas y PMMA. Los polímeros ya mencionados presentan un aceptable color, estabilidad, son estéticos, no son muy costosos, no obstante, pueden ser difíciles de manipular, además en las resinas acrílicas se presenta una liberación de temperatura exotérmica que puede causar un posible daño pulpar en el tejido dentario (Kuphasuk et al., 2018).

Por añadidura, la tecnología de Diseño Asistido por Computadora/Fabricación Asistida por Computadora (CAD/CAM) ha revolucionado el campo de la odontología al ofrecer numerosas ventajas en el diseño y fabricación de prótesis dentales, restauraciones dentales y otros dispositivos protésicos; esta tecnología elimina la necesidad de impresiones tradicionales, lo que acelera el proceso y mejora la comodidad del paciente, y gracias a su versatilidad de aplicación y a su compatibilidad con numerosos materiales, como cerámicas y resinas, proporcionan resultados estéticamente agradables y duraderos (Watanabe et al., 2022).

Al utilizar el PMMA en conjunto con la técnica CAD/CAM, se logra un avance en el diseño asistido por computadora que presenta un fresado preciso y contribuye en mejorar las desventajas que presenta la técnica convencional aplicados a las resinas bisacrílicas y acrílicas (Rosca et al., 2016)

La capacidad de un material para resistir fuerzas de flexión y doblamiento sin deformarse o fracturarse es crucial para asegurar que las prótesis mantengan su integridad estructural. La resistencia flexural adecuada contribuye a prevenir fracturas prematuras, garantiza una adaptación y estabilidad duraderas, permite la creación de restauraciones estéticas y, en última instancia, asegura la seguridad y satisfacción del paciente al reducir el riesgo de daños o lesiones derivados de posibles fracturas o fallas de la prótesis (Átala et al., 2014). Al evaluar la resistencia flexural se puede establecer un parámetro en la aproximación de la resistencia mecánica y la rigidez del material, existiendo estudios precedentes que presentan información contradictoria respecto a la resistencia de flexión de los polímeros que emplean la técnica de CAD/CAM (Abualsaud y Gad, 2022; Kirad et al., 2020).

De acuerdo en lo señalado, se establece el interés por las variables de estudio, por lo cual, se pretende “Comparar la resistencia flexural de diferentes polímeros utilizados como material provisional en prótesis fija”. El presente estudio beneficiará a la población profesional del área de odontología, generando datos significativos para la práctica odontológica, así como a los pacientes, garantizándole calidad y longevidad de los tratamientos odontológicos.

Por lo descrito anteriormente se formula la siguiente pregunta:

¿Cuál es la resistencia flexural de diferentes polímeros utilizados como material provisional en prótesis fija?

## **1.2. Antecedentes**

Idrissi et al. (2023) en los Emiratos Árabes, efectuaron un artículo con el propósito de “comparar la resistencia flexural de cuatro tipos diferentes de materiales de restauración

provisional mediante un estudio piloto *in vitro*". Emplearon una metodología cuantitativa, experimental, en la cual como unidades de análisis fabricaron diez muestras idénticas de  $25 \times 2 \times 2$  mm a partir de cuatro grupos diferentes de resina provisional. Las resinas fueron de Ivocron PMMA de Ivoclar Vivadent polimerizado en frío (Grupo 1), otro grupo de Ivocron de PMMA de la misma casa termopolimerizado (Grupo 2), compuesto de bisacril autopolimerizado Protemp de la marca 3M Germany-ESPE (Grupo 3) y de la resina de dimetacrilato de uretano polimerizada por luz Revotek LC de la marca GC (Grupo 4). obtuvieron como resultados que los valores promedio en Mpa para el grupo 1 fue de 125,90 MPa, del grupo 2 fue de 140,00 Mpa, para el grupo 3 se obtuvo valores del 133,00 Mpa y para el grupo 4 fue de 80,84 Mpa. Concluyeron que la resistencia flexural más alta se registró con PMMA termopolimerizado y la resistencia flexural más baja con resina de dimetacrilato de uretano polimerizada por luz, que fue significativamente baja.

León (2022) en su tesis escrita en Lima, tuvo como propósito "analizar la resistencia a la compresión de las resinas acrílicas para restauraciones provisionales mediante la técnica 3D y CAD/CAM". Su investigación fue *in vitro*, observacional, descriptivo-transversal. Se fabricaron 20 coronas provisionales con forma de molares, estas se distinguieron en dos grupos, la primera de 10 muestras fue realizada con la resina 3D biocompatible de la marca Harzlab mediante la implementación de una fabricación 3D con una impresora, las otras 10 muestras se realizaron con PMMA para CAD/CAM de la marca Upcera, en ambos casos se siguieron todas las recomendaciones de los fabricantes y se sometieron a compresión por la máquina de ensayo universal. Como resultado se obtuvo un valor de  $p < 0.05$ , en cuanto a la resistencia a la compresión para los dos grupos, el primer grupo presentó una compresión media de 1677.5 N y el segundo grupo una media de 3404.18 N. Concluyó que el PMMA CAD/CAM presentó una mejor resistencia a la compresión.

Çakmak et al. (2020), en Turquía, propusieron como finalidad “evaluar la resistencia flexural de diversos polímeros basados en CAD-CAM de polimetilmetacrilato (PMMA) y materiales de resina provisionales tradicionales, bisacrilato autopolimerizable y resina compuesta de polietilmetacrilato (PEMA) con y sin sellador de superficie después del termociclado”. Se usó una metodología cuantitativa experimental en la cual, emplearon como muestra 14 unidades de análisis en forma rectangular de  $25 \times 2 \times 2$  mm de 5 materiales provisionales, de los cuales 3 polímeros son basados en PMMA CAD-CAM (Polident-PMMA, Telio CAD y M-PM-Disc) y 2 resinas provisionales convencionales diferentes de las cuales hay una resina compuesta de bisacril autopolimerizable (Acyrttemp) y una resina PEMA (Bosworth Trim). Empleó una prueba de flexión de 3 puntos para valorar la resistencia flexural mediante un equipo de ensayo universal con una velocidad de 1mm/min, recabando los datos en Mpa. Encontraron que, de acuerdo con la prueba ANOVA de 2 vías, el tipo de material ( $P < .001$ ) impacta de forma negativa la resistencia flexural. El tipo de tratamiento superficial ( $p = 0,818$ ) no tuvo un efecto significativo sobre la resistencia flexural y no se encontró una interacción significativa entre el tipo de material y el tipo de tratamiento superficial ( $p = 0,111$ ). Concluyeron que la resistencia flexural de los polímeros basados en CAD-CAM PMMA fue mayor que la resistencia flexural de la resina compuesta de bisacrilato convencional y los materiales de resina provisional PEMA después del termociclado. No se encontró que el tipo de tratamiento de superficie (pulido convencional y aplicación de sellador de superficie) afectara la resistencia flexural de los polímeros basados en CAD-CAM PMMA, la resina compuesta de bisacrilato convencional o los materiales de resina provisional PEMA.

Prpic et al. (2020) en Croacia, efectuaron una investigación con el fin de “comparar y evaluar las propiedades mecánicas (resistencia flexural y dureza superficial) de varios materiales y procedimientos de fabricación de bases protésicas mediante tecnología de impresión digital CAD/CAM y tridimensional (3D)”. Emplearon una metodología cuantitativa

experimental en las cuales se fabricaron 160 unidades rectangulares de acuerdo con el fabricante de 8 materiales termopolimerizables diferentes, incluyendo ProBase Hot como el grupo 1, Paladon 65 como el grupo 2, Interacryl Hot como el grupo 3 además de tres materiales que usan CAD/CAM, como el IvoBase CAD como el grupo 4, Interdent CC disc PMMA como el grupo 5, y Polident CAD/CAM disc como el grupo 6, un material impreso en 3D, NextDent Base como el grupo 7, y un material de poliamida, Vertex ThermoSens como el grupo 8. Se encontró que el grupo 4 y el grupo 8 no se fracturaron en el experimento de carga. Los otros grupos presentaron valores de  $71,7 \pm 7,4$  MPa y  $111,9 \pm 4,3$  MPa. Los valores de dureza superficial estuvieron entre los  $67,13 \pm 10,64$  MPa y  $145,66 \pm 2,22$  MPa. Existieron diferencias significativas entre los distintos materiales tanto para la resistencia flexural como para la dureza superficial. Además, los materiales CAD/CAM y poliamidas presentaron valores más altos de resistencia flexural. Mientras que los materiales en impresión 3D tuvieron los valores más bajos de resistencia flexural. Por lo tanto, concluyeron que los materiales de CAD/CAM presentaron mejores propiedades mecánicas que los materiales termopolizados e impresos en 3D. Sin embargo, el tipo de polimerización, no es una garantía de una propiedad mecánica óptima.

Al-Dwairi et al. (2020) en Jordania, presentaron un artículo con el propósito de “comparar la resistencia flexural, la resistencia al impacto y el módulo de flexión de dos marcas de PMMA CAD/CAM y un PMMA convencional curado con calor”. Efectuaron una metodología cuantitativa experimental que constó de evaluar 45 unidades rectangulares de 65 mm × 10 mm × 3 mm, de los cuales 15 de estos fueron de AvaDent CAD/CAM, 15 de Tizian CAD/CAM PMMA de la casa Schütz Dental y 15 de Meliodent PMMA de la casa Heraeus Kulzer, estos se almacenaron en agua destilada en  $37 \pm 1^\circ\text{C}$  en un periodo de 7 días. Cada unidad fue sometida a la prueba de flexión de 3 puntos y se observó la morfología de la fractura mediante el microscopio electrónico de barrido (SEM). Encontraron que las muestras de Tizian presentaron una mayor resistencia flexural que la media (130,67 MPa) y resistencia al impacto



(29,56 kg/m<sup>2</sup>). El módulo de flexión medio más alto se halló en las unidades de AvaDent (2519,6 MPa). El grupo de curado con calor convencional mostró la resistencia media flexural (93,33 MPa), la resistencia al impacto (14,756 kg/m<sup>2</sup>) y el módulo de flexión (2117,2 MPa) más bajos. Las diferencias en las medias de las propiedades de flexión entre las muestras de AvaDent y Schütz Dental no fueron estadísticamente significativas ( $p > 0,05$ ). Concluyeron que las muestras de CAD/CAM PMMA presentaron una resistencia flexural, un módulo de flexión y una resistencia al impacto mejorados en comparación con los grupos convencionales curados con calor.

Alp et al. (2019) en su investigación efectuada en Turquía, tuvieron como objetivo "comparar de la resistencia flexural de diferentes polímeros CAD/CAM a base de PMMA". Su investigación fue basada en una metodología cuantitativa experimental en las cuales emplearon unidades de análisis rectangulares de tres polímeros CAD/CAM a base de PMMA los cuales fueron Telio CAD (T), M-PM-Disc (M), Polident PMMA (P), además de una resina de bisacril que fue el Protemp 4 (PT) y un PMMA convencional que fue el ArtConcept Artegral Dentine (C), conforme a las normas del ISO 10477:2004, de cada grupo se realizaron 15 unidades rectangulares. Como resultado obtuvieron una resistencia flexural que osciló entre los  $66,1 \pm 13,1$  y  $131,9 \pm 19,8$  MPa. Además, se hallaron diferencias significativas entre las resistencias flexural de los distintos grupos, a excepción de los polímeros de los grupos T y P ( $p > 0,05$ ). El grupo M presentó la resistencia flexural más alta y el PMMA convencional presentó la resistencia más baja ( $p < 0,05$ ). Los polímeros T y P, obtuvieron una resistencia flexural mayor que la resina compuesta de bisacril ( $p < 0,05$ ) y el PMMA convencional ( $p < 0,0001$ ), y una resistencia menor en contraste con los polímeros CAD/CAM como el grupo M ( $p < 0,05$ ). Como conclusión, se demostró que la resistencia flexural de los polímeros basados en PMMA CAD/CAM fue mayor que la resistencia flexural de la resina de bisacril, que tuvo una mayor resistencia flexural en comparación con la resina de PMMA convencional.

Carbajal (2019) en su investigación realizada en Lima, tuvo como finalidad “comparar la micro dureza superficial de discos de acrílico de auto y termo curado en diferentes periodos de tiempo”. Fue un estudio *in vitro* experimental, en los cuales se fabricaron 80 discos de acrílico Vitalloy para ser evaluados, 40 de autocurado (Grupo A) y 40 de termocurado (Grupo T). Estos grupos se subdividieron en 8 grupos que se diferenciaron por el tiempo de almacenado en suero fisiológico desde periodos de 1 día a 21 días. Halló que para el grupo control de termocurado se obtuvieron valores de  $20.45 \pm 0.93$  VHN, para el grupo control de autocurado se presentaron valores de  $16.25 \pm 0.79$  VHN, para el grupo T de almacenado en un día se obtuvo valores de  $20.08 \pm 0.66$  VHN, para el grupo A de almacenado en un día se hallaron valores en  $15.97 \pm 0.78$  VHN, para el grupo T almacenado en 7 días se presentó valores de  $19.57 \pm 1.54$  VHN, y para el grupo A almacenado en 7 días se presentó valores de  $14.33 \pm 0.48$  VHN, para el grupo T de 21 días se obtuvo valores de  $19.17 \pm 1.26$  VHN y para el grupo A almacenado en 21 días se hallaron valores de  $14.64 \pm 0.52$  VHN, además se halló diferencias estadística entre los grupos de auto y termocurado ( $p < 0.001$ ). Concluyó que los grupos de termocurado tienen mejores valores de microdureza que la resina de autocurado.

Trujillo (2018) en su estudio realizado en Apurímac tuvo como propósito “evaluar la resistencia mecánica de las resinas provisionales usadas en la UTEA”. El estudio fue comparativo, transversal y analítico. Para esta investigación se usó unidades cilíndricas de 20 x 4 mm de las cuales, 10 fueron de resina de la marca Vitalloy y 10 de resina de la marca Duralay. Se encontró que la dureza media de la resina Vitalloy fue de  $23.76 \text{ kg-f/mm}^2$ , y de la Duralay fue de  $25.24 \text{ kg-f/mm}^2$ . No se encontró diferencia estadística entre ambas resinas. En base al análisis descriptivo, concluyó que las resinas Duralay presentan mejores propiedades para la realización de coronas provisionales.

### **1.3. Objetivos**

#### ***1.3.1. Objetivo general***

Comparar la resistencia flexural de diferentes polímeros utilizados como material provisional en prótesis fija.

#### ***1.3.2. Objetivos específicos***

- Determinar la resistencia flexural del PMMA de Telio CAD de Ivoclar con y sin termociclado.
- Determinar la resistencia flexural de resina bisacrílica Luxatemp Star de DMG con y sin termociclado.
- Determinar la resistencia flexural de resina acrílica Alike de GC con y sin termociclado.
- Determinar la resistencia flexural del PMMA, Luxatemp Star, Alike sin termociclado.
- Determinar la resistencia flexural del PMMA, Luxatemp Star, Alike con termociclado.

### **1.4. Justificación**

#### ***1.4.1. Teórica***

El presente estudio busca valorar la variabilidad de la matriz orgánica, cuya composición y fabricación, mediante la incorporación de diversos componentes logrará mejorar su comportamiento mecánico. Es importante recalcar el diferente comportamiento de cada una las resinas acrílicas en el día a día.

#### ***1.4.2. Práctica***

Es de suma importancia para el Cirujano Dentista conocer sobre la resistencia flexural de diferentes polímeros a utilizar, porque permitirá tener una mejor visión en el momento de

elegir un mejor material transitorio, debido a sus propiedades y características que presenta cada tipo de material. Tendrá un objetivo específico para cada tipo de situación clínica.

#### **1.4.3. Clínico**

Permitirá tener criterios sólidos en la toma de decisión de provisionalizar las piezas a tratar, ya que cada tipo de provisional tiene una relación directa con la longevidad del material, es decir mientras mayor resistencia mayor tiempo de longevidad, muy importante en la clínica y dependiendo del caso clínico que estamos abordando. Por consiguiente, los pacientes serán beneficiados, ya que los datos que se obtuvieron en esta investigación permitirán seleccionar al mejor material transitorio.

#### **1.5. Hipótesis**

Existe diferencia significativa en la resistencia flexural entre el PMMA (Telio CAD de Ivoclar), la resina bisacrílica (Luxatemp Star de DMG) y la resina acrílica Alike (GC).

## II. MARCO TEÓRICO

### 2.1. Bases teóricas sobre el tema de investigación

#### 2.1.1. *Prótesis provisionales*

Están hechas de materiales orgánicos macromoleculares llamados resinas. La polimerización de las moléculas pequeñas que son reactivas, consideradas como monómeros da lugar a macromoléculas (polímeros). Los polímeros pueden combinarse con otras sustancias orgánicas o inorgánicas para crear una amplia gama de materiales con propiedades únicas que se adaptan a todas las aplicaciones (Jain et al., 2022).

El término "provisional" se utiliza para describir tanto los tratamientos protésicos fijos como los cementos y resinas que se fijan durante un tiempo predeterminado mientras se busca una solución permanente. El término "provisional" se refiere a un tratamiento protésico fijo temporal. Las prótesis provisionales también pueden utilizarse como planificación tras la cirugía periodontal, la colocación de implantes y la evaluación de la disfunción temporomandibular, lo cual requiere un periodo de tiempo más largo, de varias semanas a meses. Una prótesis permanente puede colocarse tan pronto como dos semanas después de la preparación dental (Agustín y Panadero et al., 2015).

#### 2.1.2. *Clasificación de las resinas para prótesis provisionales*

Según su composición química, características de fraguado y método de manipulación, pueden dividirse en dos grupos principales:

- Sistemas polvo-líquido: estos sistemas usan metacrilatos que, con moléculas de mayor peso, pueden ser el polietilmetacrilato (PEMA) o aquellos de polimetacrilato de metilo/metacrilato de metilo (PMNA/MMA)

- Basada en polímeros bisacrílicos, la tecnología de pasta-pasta (Lien y Vandewalle, 2010).

**2.1.2.1. Resinas acrílicas.** Las resinas acrílicas, son polímeros fabricados a partir de etileno y producidos por fusión de varias moléculas de metacrilato de metilo. Son polímeros que presentan grupos vinílicos. Los monómeros de las resinas acrílicas y de metacrilato, respectivamente, acrilato de metilo y metacrilato de metilo; se fabrican a partir de los ésteres de estos ácidos y son las resinas acrílicas más utilizadas en odontología (Kostić et al., 2022).

La resina conocida como *Polymethylmethacrylate* en inglés (PMMA), compuesta por numerosas unidades de metacrilato se unen para conformar largas cadenas poliméricas, se produce cuando se combinan líquido (monómero) y polvo (polímero) (Zafar, 2020). Las resinas acrílicas se clasifican en distintas categorías según su modo de curado (Cova, 2010).

- Resinas para termocurado
- Resinas de autocurado
- Resinas para fotopolimerización

También existe otra clasificación en función de la técnica de procesado (Cova, 2010):

- Resina procesada por microondas - Resina producida con lámparas que emiten luz visible, el yeso ofusca
- Resinas acuosas

**A. Señales de presencia de resina acrílica.** Sheng et al., (2018) señalan los siguientes usos de la resina acrílica:

- Bases de prótesis para la confección de prótesis completas
- Bases de prótesis parciales desmontables
- Cubetas separables - Dientes sintéticos
- Coronas provisionarias
- Aparatos ortodónticos
- Aparatos para cerrar paladares hendidos

Los beneficios de las resinas acrílicas son los siguientes, según Sheng et al 2018.

- Fáciles de manipular.
- Son insolubles y tienen propiedades biocompatibles con la cavidad oral.
- Tienen un precio razonable.
- Poseen las cualidades mecánicas y físicas necesarias para la posición.
- Son alternativa a las resinas acrílicas que simulan los tejidos de la cavidad bucal, existen varias paletas de colores.
- No requieren ningún equipo de alta tecnología para su utilización.

A continuación, se exponen las razones por las que las resinas acrílicas son menos ventajosas que otros materiales alternativos: Debido a que la resina acrílica tiene una dureza menor que el esmalte dental y se contrae durante el proceso de fabricación de bases de dentaduras completas y removibles, es propensa a la abrasión. Además, es posible que las resinas acrílicas proporcionen un entorno para la reproducción de hongos orales (Spasojevic et al., 2015).

**B. Composición de la resina acrílica.** Según Cova (2010), se establece la conformación de las resinas acrílicas, como se muestra en la tabla 1.

**Tabla 1**

*Composición de las Resinas Acrílicas*

<b>Polvo</b>	<b>Líquido</b>
Polímero	Opacadores
Monómero	Plastificantes
Iniciador	Pigmentos
Inhibidor	Agentes de entrecruzamiento
Plastificante	Fibras orgánicas pigmentadas
Activador	Partículas inorgánicas

*Nota.* Adaptado de Cova, 2010.

**C. Resinas de metacrilato.** El polimetilmetacrilato (PMMA), que se utilizó originalmente para realizar restauraciones provisionales en torno a 1940, sigue siendo el material más utilizado. Cuando se realizan restauraciones provisionales utilizando procedimientos indirectos, el polimetilmetacrilato es el material de elección, según la bibliografía. El metacrilato de etilo desarrollado en los '60 es considerado como una mejor opción para la fabricación de forma directa de la prótesis provisional que el metacrilato de metilo. El comportamiento clínico del metacrilato de vinilo y el metacrilato de butilo, otros dos compuestos con propiedades químicas similares, es similar al del metacrilato de polietilo (Díez-Pascual, 2022).

**D. Propiedades del polimetacrilato de metilo.** Las propiedades son las siguientes (Lourinho et al., 2022):

- Es translúcido, permitiendo el paso de la luz ultravioleta (longitud de onda: 250 nm).
- No inflama la mucosa oral porque no es tóxico ni irritante.
- Es una resina sin sabor ni olor.
- Es una resina estable y transparente que puede ser coloreada y conservará los colores durante un periodo muy largo. Soporta bien la temperatura intraoral.
- Su densidad es mayor que la del monómero: 1,19g/ml
- Su dureza Knoop es de 18 a 20 unidades por unidad, y tiene una resistencia de 60 MPa.
- Su módulo elasticidad es de 2.400 MPa (2,4 GPa).

**E. Características de las resinas de polimetacrilato de metilo (PMMA).** Son destacables las subsecuentes características de las resinas de polimetilmetacrilato (PMMA) (Muhammad et al., 2022):

Aislantes térmicos, lo que supone un inconveniente dado que los tejidos de la boca requieren de estímulos de la propia cavidad para presentar una buena salud de la mucosa. Presentan una baja conductividad del calor que se va perdiendo conforme a la percepción de



estímulos, lo que alerta al paciente cuando ingiere alimentos a altas temperaturas (Gad et al., 2017).

Se consideran materiales maleables y suaves con baja resistencia a la fatiga y al impacto en comparación con otras aleaciones como las de cromo-cobalto o las realizadas con acero inoxidable. Sin embargo, pueden soportar la rotura por fuerzas masticatorias gracias a su resistencia. En un esfuerzo por imitar las geometrías de las distribuciones de estructuras de la cavidad oral, las resinas acrílicas se ofrecen en una variedad de tonos, matices y opacidades con fines cosméticos. Esto les confiere versatilidad (Zafar, 2020).

Las resinas acrílicas son bastante ligeras ( $1,2 \text{ g/cm}^3$ ). Átomos ligeros como el oxígeno, el carbono y el hidrógeno componen su estructura. Su baja densidad permite el desarrollo de prótesis ligeras y disminuye la influencia gravitatoria en mejores rehabilitaciones protésicas (Muhammad et al., 2022).

Dado que los átomos de carbono, oxígeno e hidrógeno que componen las resinas tienen una escasa absorción de rayos X, es difícil que se utilicen en restauraciones protésicas. Además, como no son radiopacas, también es difícil ver la prótesis o partes de ella en una radiografía (Mohammed y Hadi, 2021). Dado que su dureza Vickers es bastante baja en comparación con las aleaciones utilizadas en prostodoncia, las resinas acrílicas están sujetas al desgaste por abrasión (Zafar, 2020).

Cabe destacar que la citotoxicidad, la inflamación de los tejidos y la irritación de la mucosa oral se han relacionado con los monómeros restantes en la base de dentadura curada. La capacidad de una sustancia para funcionar en un contexto biológico con una reacción positiva del individuo se conoce como biocompatibilidad. La acumulación de solución de monómero adicional cuando se combina PMMA ocasiona una citotoxicidad. No obstante, una baja proporción de monómero por polímero, la sumersión en agua antes de la polimerización

y una polimerización o curado prolongado limitan la cantidad de monómero sobrante (Muhammad et al., 2022).

Los materiales de PMMA empleados para el área de la prostodóntica tienen niveles de sorción y solubilidades muy inferiores a los exigidos por la norma ISO 20795-1 (Mohammed y Hadi, 2021).

**2.1.2.2. Resinas bisacrílicas.** Son compuestos resinosos que combinan monómeros de metacrilato de divinilo y presentan partículas de relleno basadas en resinas de nanopartículas multifuncionales empaquetadas con vidrio y/o sílice (hasta un 40 %), lo que da como resultado una reducción de la liberación exotérmica y de la contracción de la polimerización. Se presentan en forma de cartuchos que se mezclan solos. Tienen una baja contracción de polimerización y permiten modificar la corona añadiendo composite fluido. Algunos de los productos de esta categoría son Structur Premium®, Protemp IV® de 3M y Luxatemp® de DMG/Zenith (Kerby et al., 2013).

Entre las características de las resinas bisacrílicas se incluyen la facilidad de manipulación, que resulta muy útil para reducir el tiempo clínico durante el tratamiento restaurador, y una buena dureza superficial (Jafar Abdulla et al., 2021).

Hay quien discute sobre qué tipo de material tiene la mejor estabilidad del color. Numerosos estudios demuestran que, cuando se envejecen in vitro, las resinas bisacrílicas tienen menos estabilidad de color que los metacrilatos. Algunos autores afirman que, cuando se sumergen en soluciones de pigmentos, los acrílicos son más resistentes a las soluciones de pigmentos y los bisacrílicos son más resistentes al envejecimiento (Raszewski et al., 2022).

Hoy en día se utilizan numerosos procedimientos para crear modelos en los que se emplean resinas bisacrílicas. Gracias a su presentación comercial (en cartuchos y jeringas auto mezcladoras), garantizan una mezcla más consistente y sin burbujas. El sobrecoste de este tipo de material se compensa con creces por la mayor seguridad (Alnassar et al., 2017).

### **2.1.3. Técnicas**

Los provisionales pueden confeccionarse utilizando diversos métodos, como directamente en el interior de la boca sin matriz (técnica directa), indirectamente en el interior de la boca utilizando una matriz preformada confeccionada sobre modelos de estudio, o completamente sobre los modelos preparados y rebasándolos después en el interior de la boca (técnica indirecta) (Regish et al., 2011).

**2.1.3.1. Procedimiento indirecto.** Para el proceso indirecto, cualquier polímero acrílico es aceptable, pero se recomiendan las resinas termopolimerizables, autopolimerizables y bisacrílica. Por consiguiente, los provisionales indirectos pueden realizarse en un laboratorio dental o en un consultorio y se confeccionan sobre modelos. Cuando se crea una restauración provisional en la consulta del dentista mientras el paciente está allí, se utiliza un modelo de escayola creado durante una sesión anterior. Se confecciona una matriz sobre un modelo de diagnóstico o investigación reconstruido en cera, que luego se rellena con material restaurador provisional y se aplica a los dientes limpios del modelo. El provisional es un producto listo para ser ajustado y cementado intraoralmente. Se ha moldeado, pulido y polimerizado (Al Jabbari et al., 2013).

**2.1.3.2. Procedimiento directo.** La colocación directa es otro nombre para la técnica directa. Se utilizan resinas compuestas (químicas, fotopolimerizables o de polimerización dual), así como acrílicos, matrices de policarbonato y coronas de celuloide prefabricadas. El material elegido es la resina acrílica de polimerización química o natural. Los provisionales se crean mediante el abordaje directo directamente sobre los dientes. El proceso de bloque, el recubrimiento con coronas preparadas y las matrices de celuloide son ejemplos de esta técnica directa. Para eliminar las socavaduras no corregidas durante el ajuste, se suele utilizar la técnica del bloque. El acrílico se combina hasta que presente una consistencia pastosa, la cual se aplica a los dientes y se inserta y saca repetidamente. Es imposible manipular la resina bisacrílica o

los materiales compuestos sin una matriz, ya que siempre se encuentran en estado fluido (Schwedhelm, 2006).

Además, se discute el método de matriz directa. Todos los polímeros están indicados, aunque se prefiere la resina bisacrílica. Este procedimiento sustituye temporalmente la estructura dental ausente con material acrílico o resina compuesta BisGMA sin utilizar un modelo de escayola para crear la matriz (Al Jabbari et al., 2013).

La sustancia de impresión más común es el hidrocoloide irreversible, pero también pueden utilizarse otros materiales, como el polivinilsiloxano. El primero brinda la precisión requerida y es barato respecto a los otros materiales. Para formar una matriz, se coloca el material de impresión. La impresión se rellena con un material de restauración provisional, como resina bisacrílica, y se reinserta en la boca tras la preparación del diente (Schwedhelm, 2006).

**2.1.3.3. Procedimiento directo-indirecto.** Se sugieren todos los polímeros para esta técnica, pero se prefiere la resina bisacrílica. Los pasos consisten en tomar un modelo de estudio, encerarlo en el laboratorio y, a continuación, crear indirectamente una matriz a partir del modelo de estudio. A continuación, se inyecta el material en la matriz para luego ser colocado al paciente, se espera la polimerización, se retiran excesos y por último paso se procede a pulir. (Bennani, 2000).

#### **2.1.4. Producción informatizada CAD/CAM**

En condiciones óptimas de fabricación, los bloques de resina acrílica necesarios para fabricar provisionales CAD/CAM se polimerizan industrialmente, lo que proporciona unas características mecánicas superiores a las producidas manualmente. La calibración de los productos CAD/CAM reduce la posibilidad de contaminación microbiana del diente, y la temperatura a la cual se polimeriza previene daños pulpares. Sus adecuadas propiedades

mecánicas son una alternativa para las restauraciones provisionales cuando es necesario preservar la resistencia y el color (Sidhom et al., 2022).

**2.1.4.1. Proceso informático CAD/CAM.** En el caso del CAD/CAM informatizado las restauraciones dentales se fresan a partir de bloques sólidos de cerámica o resina compuesta, de forma que se pueda igualar el tono fundamental del diente restaurado, además también se pueden mecanizar o presentar digitalmente aleaciones metálicas. Además, las zonas cariadas o rotas del diente pueden ser trabajadas y corregidas por el dentista, con una imagen (escaneado) tomada del diente preparado y de los dientes circundantes, esta imagen permite la impresión digital, que permite dibujar los datos en un ordenador, y en consecuencia el software crea una pieza de reemplazo para las zonas faltantes del diente, creando una restauración virtual (Shenoy et al., 2022).

El software envía estos datos virtuales a una fresadora donde se talla la pieza de recambio a partir de un bloque macizo de cerámica o resina compuesta, haciendo que las superficies de la corona o puente de cerámica fresada corrijan el aspecto monocromático de la restauración, tras lo cual se coloca en la boca del paciente y se pega o fija en su lugar, y cabe señalar que este software se utiliza actualmente en otros sectores, concretamente en la fabricación de impresiones 3D (Choi et al., 2023)

Esta técnica se introdujo en la odontología con el CAD/CAM en forma de experimentos de laboratorio, pero su uso se extendió, por lo que las tecnologías CAD/CAM en odontología son utilizadas principalmente por los dentistas, a través de un software avanzado que permite a los cirujanos dentistas e implantólogos disfrutar de opciones sofisticadas como la creación de pilares a medida. Las nuevas ideas de software implantológico integrado también pueden planificar e instalar sus implantes con precisión utilizando una guía quirúrgica. La combinación del software CAD/CAM con imágenes en 3D garantiza un alto grado de seguridad en cualquier procedimiento quirúrgico (Al-Dwairi et al., 2020).

### III. MÉTODO

#### 3.1. Tipo de investigación

- Experimental: Porque se manipularon las variables colocando la muestra a termociclado para posteriormente ser sometido a fracturas para su respectiva medición en megapascales.

- Analítico: Porque se realizó una contrastación de la hipótesis estadísticamente.

- Longitudinal: Porque el análisis de las muestras fueron medidas en dos momentos, siendo el primer grupo a las 24h y el segundo luego de 10000 ciclos.

- Prospectivo: Porque se recopilaron los datos a medida que ocurren los respectivos sucesos.

-Correlacional-Comparativa: Porque se busca determinar la relación entre las dos variables y al mismo tiempo comparar las diferencias entre grupos.

#### 3.2. Ámbito temporal y espacial

El presente estudio se realizó en el año 2024 en el laboratorio de HTL (HIGH TECHNOLOGY LABORATORY CERTIFICATE SAC. Ubicado en el distrito de San Juan de Lurigancho, Nepentas 364, Lima 15401, Perú.

#### 3.3. Variables

##### 3.3.1. *Variable Dependiente*

Resistencia flexural

##### 3.3.2. *Variable Independiente*

Tipos de polímeros para restauraciones provisionales

### 3.3.3. Operacionalización de Variables

VARIABLE	DEFINICIÓN OPERACIONAL	INDICADORES	ESCALA DE MEDICIÓN	ESCALA VALORATIVA
Resistencia flexural	Fuerza compresiva máxima que puede soportar un cuerpo hasta un momento antes de la fractura (Alban et al., 2019).	Megapascales	Razón	Mpa
Tipo de polímeros para restauraciones provisionales	Polímeros que se colocan en la cavidad oral por un periodo de tiempo hasta la colocación de una permanente (Christiani y Devecchi, 2017).	Nombre comercial	Nominal	Telio CAD de Ivoclar/ Luxatemp Star de DMG/ Alike de GC

## 3.4. Población y muestra

### 3.4.1. Población

La población de estudio fueron 90 bloques de resinas acrílicas de las marcas PMMA Telio CAD (Ivoclar), Luxatemp Star (DMG) y Alike (GC).

### 3.4.2. Tamaño de muestra

La muestra estuvo determinada por las recomendaciones de la norma ISO 4049:2019, en donde se recomienda trabajar con 10 especímenes, pero con el objetivo de obtener mejor

resultados se consideró trabajar con 15 bloques de resina acrílica. Siendo su distribución de los grupos de la siguiente manera:

- Grupo A: Bloques de resina acrílica PMMA Telio CAD (Ivoclar) sin termociclado.
- Grupo B: Bloques de resina acrílica Luxatemp Star (DMG) sin termociclado.
- Grupo C: Bloques de resina acrílica Alike (GC) sin termociclado.
- Grupo D: Bloques de resina acrílica PMMA Telio CAD (Ivoclar) con termociclado.
- Grupo E: Bloques de resina acrílica Luxatemp Star (DMG) con termociclado.
- Grupo F: Bloques de resina acrílica Alike (GC) con termociclado.

### **3.4.3. Unidad de análisis**

Unidad rectangular de 25x2x2m3

### **3.4.4 Tipo de muestreo**

No Probabilístico por conveniencia

### **3.4.5. Criterios de selección**

**3.4.5.1. Criterios de inclusión.** Se toma en consideración lo siguiente

- Muestras experimentales que cumplan con los estándares de medidas y calidad
- Muestras experimentales almacenadas durante 24 horas
- Muestras experimentales sometidas a CAD/CAM

**3.4.5.2. Criterios de exclusión.** Se excluye lo siguiente

- Muestras experimentales fracturadas
- Muestras experimentales con burbujas
- Muestras experimentales deformadas
- Muestras experimentales que no cumplan con las medidas preestablecidas por

el investigador.



### 3.5. Instrumentos

En la investigación se implementó también la observación directa durante el desarrollo de las pruebas experimentales, además los datos obtenidos fueron recabados para proceder a los análisis estadísticos mediante una ficha de recolección de datos. (ANEXO B)

### 3.6. Procedimientos

-Para la utilización del laboratorio se hizo una solicitud formal al Ing. Robert Eusebio Teherán, (jefe de Laboratorio de HTL).

- El personal del laboratorio requerido fue informado de la ejecución del proyecto.

-Posterior a ello, se confeccionaron los moldes de bloques de acero inoxidable; los cuales fueron diseñados en 3D que fueron elaborados en un plano general y así un archivo dxf (para corte CNC) y de esta manera se procedió a ser cortados en plasma para obtener los bloques. Al ser unidos dos bloques se creó un vacío con las medidas de 25x2x2mm según lo que pide la norma ISO 4049. Para la resina bisacrílica (Luxatemp Star-DMG) se inyectó de forma directa en los moldes respetando las indicaciones del fabricante. Para la resina acrílica convencional (Alike-GC) se mezcló el polímero y monómero conforme a lo indicado por el fabricante y se procedió a ser empaquetado en el molde. Estas muestras se conservaron en los moldes por un tiempo estimado de 15 minutos en temperatura ambiente y posteriormente fueron retiradas de dichos moldes. En ambos casos para poder terminar su proceso de polimerización se procedió a ser colocadas en agua destilada a 37°C por 24h. Para la resina acrílica de CAD/CAM PMMA (Telio CAD LT-Ivoclar) se diseñó virtualmente los bloques en el software de Autodesk Inventor 2022 con las medidas necesarias para el estudio. Este diseño se convirtió en un archivo de estereolitografía (STL) y se procedió al proceso de fresado. Todas las muestras fueron pasadas por un sistema de pulido con papel abrasivo de carburo de silicio de 400 granos. Para la verificación de las medidas necesarias para el estudio fueron calibradas por un Vernier digital (Mitutoyo-200mm), posteriormente fueron almacenadas en agua

destilada por 24 horas a 37°C. Las muestras fueron sometidas en seis grupos, siendo los tres primeros grupos sin termociclado (PMMA Telio CAD Ivoclar-Bisacril Luxatemp Star DMG-resina acrílica Alike GC) y los tres grupos restantes de las mismas marcas con termociclado.

Los tres primeros grupos sin termociclado luego de terminar su proceso de polimerización de 24h fueron sometidos inmediatamente a la máquina de ensayo universal (LG CMT-5L) para medir su resistencia flexural con una carga de 1.0mm/min. La máquina de ensayos universales es calibrada de forma anual. Las muestras fueron insertadas en un soporte de 25mm. Los otros tres grupos restantes con la misma cantidad de muestras fueron sometidos a termociclado de 10000 termociclos de 5-55°C por 5 segundos por transferencia y 30 segundos para la permanencia en el agua destilada siendo un total de 10 días.

-Pasado su proceso de termociclado (10días) los tres grupos restantes también fueron sometidos al mismo procedimiento de máquina de ensayos mecánicos universales (LG CMT-5L) con una carga de 1.0mm/min. Los datos se registraron en Mpa.

-Los datos recogidos en las pruebas experimentales se analizaron estadísticamente para su posterior procesamiento y la formulación de sugerencias para futuras investigaciones.

### **3.7. Análisis de datos**

#### **3.7.1. Análisis descriptivo**

Para determinar los resultados a nivel descriptivo de la resistencia flexural y sus variaciones por marcas, se aplicó estadísticos de tendencia central como la moda, mediana, media, los cuales permiten evaluar la cantidad de megapascales más recurrentes, el percentil 50 y el promedio de megapascales por marca. Además, se empleó el valor mínimo y máximo, así como la desviación estándar.

#### **3.7.2. Análisis Inferencial**

Para establecer los estadísticos de prueba de hipótesis se aplicó la prueba de Shapiro Wilk para comprobar la normalidad, una vez obtenido los resultados de este análisis, se

procedió a aplicar los estadísticos de H de Kruskal Wallis y U de Mann Whitney debido a la distribución no normal de los datos.

### **3.8. Consideraciones éticas**

El presente estudio fue de tipo experimental por lo que no se presentó implicaciones bioéticas debido a que son materiales sintéticos comprados por proveedores certificados.

El presente estudio no presenta ningún tipo de conflicto de intereses con las diferentes casas comerciales.

#### IV. RESULTADOS

En la presente investigación sobre la resistencia flexural de diferentes polímeros que son utilizados como material provisional en prótesis fija, se evaluaron la resistencia flexural del PMMA de Telio CAD de Ivoclar, resina bisacrílica autopolimerizable Luxatemp Star de DMG y resina acrílica autocurado Alike de GC cada una con y sin termociclado.

**Tabla 1**

*Estadísticos de tendencia central de la resistencia a la flexión*

	<b>Resistencia a flexión (Mpa)</b>
<b>N</b>	90
	0
<b>Media</b>	92,08
<b>Mediana</b>	101,86
<b>Moda</b>	102,22
<b>Desv. Desviación</b>	27,12
<b>Mínimo</b>	40,41
<b>Máximo</b>	124,07

*Nota.* En la tabla 2, se detalla las medidas de tendencia central para la variable de resistencia a la flexión, se determina que el promedio de Mega pascales (Mpa) registrados por la máquina de ensayo fueron de  $92,08 \pm 27,12$  Mpa, la mediana registrada fue de 101,86 Mpa, mientras que el número de Mpa mayormente encontrado fue de 102,22 Mpa, El mínimo registrado fue de 40,41 Mpa y el máximo registrado de 124,07 Mpa.

**Tabla 2***Estadísticos de tendencia central de la resistencia a la flexión por marcas*

	<b>Telio CAD LT (IVOCLAR)</b>	<b>Luxatemp Star (DMG)</b>	<b>Alike (GC)</b>
<b>Media</b>	117,21	101,90	57,14
<b>Mediana</b>	118,35	101,86	60,36
<b>Desv. Estándar</b>	4,84	11,56	9,16
<b>Mínimo</b>	104,73	76,29	40,41
<b>Máximo</b>	124,07	123,96	71,26

*Nota.* En la tabla 3, se detalla las medidas de tendencia central para la variable de resistencia a la flexión por marcas, se establece que el promedio registrado para la marca Alike fue de 57,14  $\pm$  9,16 Mpa, su mediana fue de 60,36 Mpa y los valores mínimos y máximos registrados fueron 40,41 Mpa y 71,26 Mpa respectivamente. Para la marca Luxatemp Star, la media registrada fue de 101,90  $\pm$  11,56 Mpa, su mediana fue de 101,86 Mpa y los valores mínimos y máximos registrados fueron 76,29 Mpa y 123,96 Mpa respectivamente. Respecto a la marca Telio CAD LT, se encontró que la media registrada fue de 117,21  $\pm$  4,84 Mpa, su mediana fue de 118,35 Mpa y los valores mínimos y máximos registrados fueron 104,73 Mpa y 124,07 Mpa respectivamente.

**Tabla 3***Pruebas de normalidad para la resistencia a la flexión*

	Kolmogorov-Smirnov <sup>a</sup>			Shapiro-Wilk		
	Estadístico	gl	Sig.	Estadístico	Gl	Sig.
<b>Resistencia a flexión (Mpa)</b>	0,176	90	0,000	0,870	90	0,000

*Nota.* De acuerdo a la tabla 4, se determina que el nivel de significancia obtenido para la variable de resistencia a la flexión fue de  $p=0,000$ , lo que indica que esta variable no presenta una distribución normal, por lo tanto, se emplearán pruebas no paramétricas para las comprobaciones de hipótesis.

**Tabla 4**

*Resultados de la comparación de la resistencia flexural entre el PMMA (Telio CAD de Ivoclar), la resina bisacrílica (Luxatemp Star de DMG) y la resina acrílica Alike (GC).*

	Marca	N	Rango promedio	H-Kruskal Wallis	GI	P
<b>Resistencia a flexión (Mpa)</b>	<b>Alike (GC)</b>	30	15,50			
	<b>Luxatemp Star (DMG)</b>	30	48,70			
	<b>Telio CAD LT</b>	30	72,30	71,582	2	0,000
	<b>Total (IVOCLAR)</b>					
	<b>Total</b>		90			

*Nota.* Según los resultados de la tabla 5, se determina que al obtener un valor de  $p=0,000$ , se comprueba de que existen diferencias entre la resistencia flexural del PMMA (Telio CAD de Ivoclar), la resina bisacrílica (Luxatemp Star de DMG) y la resina acrílica Alike (GC). Por lo tanto, se acepta la hipótesis del investigador: “Existe diferencia significativa en la resistencia flexural entre el PMMA (Telio CAD de Ivoclar), la resina bisacrílica (Luxatemp Star de DMG) y la resina acrílica Alike (GC)”.

**Tabla 5**

*Resultados de la comparación de la resistencia flexural entre el PMMA (Telio CAD de Ivoclar) con y sin termociclado*

<b>Termociclado</b>	<b>N</b>	<b>Rango promedio</b>	<b>Suma de rangos</b>	<b>U de Mann-Whitney</b>	<b>W de Wilcoxon</b>	<b>Z</b>	<b>P</b>
<b>Sin termociclado</b>	15	12,93	194,00				
<b>Con termociclado</b>	15	18,07	271,00	74,00	194,00	-1,597	0,110
<b>Total</b>	30						

*Nota.* Conforme a los resultados de la tabla 6, se determina que al obtener un valor de  $p=0,110$ , se comprueba que no existen diferencias entre la resistencia flexural del PMMA (Telio CAD de Ivoclar) en los grupos con y sin termociclado. Por lo tanto, se rechaza la hipótesis del investigador y se acepta la hipótesis nula: “No existe diferencia significativa en la resistencia flexural entre el PMMA (Telio CAD de Ivoclar) con y sin termociclado”.



**Tabla 6**

*Resultados de la comparación de la resistencia flexural entre la resina bisacrílica (Luxatemp Star de DMG) con y sin termociclado*

<b>Termociclado</b>	<b>N</b>	<b>Rango promedio</b>	<b>Suma de rangos</b>	<b>U de Mann-Whitney</b>	<b>W de Wilcoxon</b>	<b>Z</b>	<b>P</b>
<b>Sin termociclado</b>	15	20,57	308,50				
<b>Con termociclado</b>	15	10,43	156,50	36,50	156,50	-3,153	0,002
<b>Total</b>	30						

*Nota.* Conforme a los resultados de la tabla 7, se determina que al obtener un valor de  $p=0,002$ , se comprueba que existen diferencias entre la resistencia flexural del Luxatemp Star de DMG en los grupos con y sin termociclado. Por lo tanto, se acepta la hipótesis del investigador: “Existe diferencia significativa en la resistencia flexural entre la resina acrílica Luxatemp Star de DMG con y sin termociclado”.

**Tabla 7**

*Resultados de la comparación de la resistencia flexural entre la resina acrílica Alike (GC) con y sin termociclado*

<b>Termociclado</b>	<b>N</b>	<b>Rango promedio</b>	<b>Suma de rangos</b>	<b>U de Mann-Whitney</b>	<b>W de Wilcoxon</b>	<b>Z</b>	<b>P</b>
<b>Sin termociclado</b>	15	23,00	345,00				
<b>Con termociclado</b>	15	8,00	120,00	0,000	120,00	-4,66	0,000
<b>Total</b>	30						

*Nota.* Conforme a los resultados de la tabla 8, se determina que al obtener un valor de  $p=0,000$ , se comprueba de que existen diferencias entre la resistencia flexural del Alike (GC) en los grupos con y sin termociclado. Por lo tanto, se acepta la hipótesis del investigador: “Existe diferencia significativa en la resistencia flexural entre la resina acrílica Alike (GC) con y sin termociclado”.

**Tabla 8**

*Resultados de la comparación de la resistencia flexural del PMMA, Luxatemp Star, Alike sin termociclado*

<b>Resistencia a la flexión (Mpa)</b>	<b>N</b>	<b>Rango promedio</b>	<b>H de Kruskal Wallis</b>	<b>GI</b>	<b>P</b>
<b>PMMA Telio CAD</b>	15	34,53			
<b>LT (IVOCLAR)</b>					
<b>Luxatemp Star (DMG)</b>	15	26,47	32,177	2	0,000
<b>Alike (GC)</b>	15	8,00			
<b>Total</b>	45				

*Nota.* Conforme a los resultados de la tabla 9, se determina que al obtener un valor de  $p=0,000$ , se comprueba que existen diferencias entre la resistencia flexural del PMMA, Luxatemp Star, Alike sin termociclado. Por lo tanto, se acepta la hipótesis del investigador: “Existe diferencia significativa en la resistencia flexural del PMMA, Luxatemp Star, Alike sin termociclado”.

**Tabla 9**

*Resultados de la comparación de la resistencia flexural del PMMA, Luxatemp Star, Alike con termociclado.*

<b>Resistencia a la flexión (Mpa)</b>	<b>N</b>	<b>Rango promedio</b>	<b>H de Kruskal Wallis</b>	<b>GI</b>	<b>P</b>
<b>PMMA Telio CAD</b>	15	37,87			
<b>LT (IVOCLAR)</b>					
<b>Luxatemp Star (DMG)</b>	15	23,13	38,786	2	0,000
<b>Alike (GC)</b>	15	8,00			
<b>Total</b>	45				

*Nota.* Conforme a los resultados de la tabla 10, se determina que al obtener un valor de  $p=0,000$ , se comprueba de que existen diferencias entre la resistencia flexural del PMMA, Luxatemp Star, Alike con termociclado. Por lo tanto, se acepta la hipótesis del investigador: “Existe diferencia significativa en la resistencia flexural del PMMA, Luxatemp Star, Alike con termociclado”.

## V. DISCUSIÓN DE RESULTADOS

La presente investigación tiene como propósito comparar la resistencia flexural de diferentes polímeros utilizados como material provisional en prótesis fija. En los resultados descriptivos se encontró que el promedio de resistencia flexural de los 6 grupos se estudio fue de  $92,08 \pm 27,12$  Mpa y se registró un mínimo de 40,41 Mpa y 124,07 Mpa como máximo. Por marcas, se encontró que el Telio CAD la media fue de  $117,21 \pm 4,84$  Mpa y se registró un mínimo de 104,73 Mpa y 124,07 Mpa como máximo. Para el Luxatemp Star (DMG) se halló una media de  $101,90 \pm 11,56$  Mpa y se registró un mínimo de 76,29 Mpa y 123,96 Mpa como máximo. Por último, para Alike (GC) se halló una media de  $57,14 \pm 9,16$  Mpa y se registró un mínimo de 40,41 Mpa y 71,26 Mpa como máximo.

Respecto a los resultados inferenciales, se encontró una diferencia significativa entre la resistencia flexural del PMMA (Telio CAD de Ivoclar), la resina bisacrílica (Luxatemp Star de DMG) y la resina acrílica Alike (GC) ( $p < 0,05$ ). En referencia a la resistencia flexural del PMMA (Telio CAD de Ivoclar) en los grupos con y sin termociclado, se encontró que no existe diferencia significativa ( $p = 0,110$ ). Según la resistencia flexural entre la resina bisacrílica (Luxatemp Star de DMG) con y sin termociclado, sí se encontró una diferencia significativa ( $p < 0,05$ ). En el caso de la resistencia flexural entre la resina acrílica Alike (GC) con y sin termociclado sí se encontró una diferencia significativa ( $p < 0,05$ ). De acuerdo a la resistencia flexural sin termociclado entre las marcas evaluadas sí se encontró una diferencia significativa ( $p < 0,05$ ). Por último, según la resistencia flexural con termociclado entre las marcas evaluadas, sí se encontró una diferencia significativa ( $p < 0,05$ ).

De acuerdo al objetivo general, se encontró una diferencia significativa entre la resistencia flexural de los tres materiales, siendo el PMMA (Telio CAD de Ivoclar) el más destacado. Esto concuerda con lo obtenido por Idrissi et al. (2023) en los Emiratos Árabes, que encontró una diferencia significativa al evaluar la resistencia flexural del PMMA, una resina

de bisacryl y una resina de dimetacrilato. Cabe destacar que en sus resultados se halló una resistencia flexural destacable del PMMA (Telio CAD) de 125.90-140 Mpa, seguido de la resina bisacrílica de la marca Protemp con 133 Mpa y, por último, es seguido por el Revotek LC con 80.84 Mpa, lo cual es coincidente con lo obtenido en este estudio.

Çakmak et al. (2020), en Turquía encontraron una diferencia significativa entre las resinas evaluadas. Respecto a sus resultados descriptivos, hallaron que el PMMA (Telio CAD) de  $32.84 \pm 7.83$  Mpa presentó una mejor resistencia flexural que el Acrytemp con  $15.92 \pm 3.95$  Mpa y el Bosworth Trim con  $15.79 \pm 9.78$  Mpa. Sus resultados son concordantes con lo obtenido en la investigación, sin embargo, respecto a los valores de Mpa obtenidos, pueden ser menores debido al tamaño de las unidades muestrales, los cuales obtuvieron medidas distintas a las que se establecieron en este estudio.

Alp et al. (2019) en Turquía, también establecieron una diferencia estadísticamente significativa entre estas resinas. En referencia los hallazgos descriptivos, se encontró que el PMMA (Telio CAD) obtuvo una puntuación media de  $106.2 \pm 20.2$  Mpa, la resina bisacrílica Protemp 4 obtuvo como media un  $85.4 \pm 20.4$  Mpa y el Art Concept Art Dentine presentó un valor medio de  $66.1 \pm 13.1$  Mpa, sus resultados son consistentes con lo obtenido.

Los hallazgos de los objetivos específicos se centran en comparar las resinas con y sin termociclado, lo cual no se ha podido contrastar con los antecedentes del presente estudio dado que no se han realizado procedimientos que evidencien una diferenciación de la resistencia flexural de las resinas con y sin termociclado. Ello es una limitación para la investigación.

## VI. CONCLUSIONES

6.1. Respecto al objetivo general, se encontró una diferencia estadísticamente significativa entre la resistencia flexural del Telio CAD, Luxatemp Star y Alike, siendo el Telio CAD el que presentó una media de  $117,21 \pm 4,84$  Mpa.

6.2. No existe una diferencia estadísticamente significativa entre la resistencia flexural del PMMA de Telio CAD de Ivoclar con y sin termociclado.

6.3. Existe diferencia significativa en la resistencia flexural entre la resina bisacrílica (Luxatemp Star de DMG) con y sin termociclado.

6.4. Existe diferencia significativa en la resistencia flexural entre la resina acrílica Alike (GC) con y sin termociclado.

6.5. Existe diferencia significativa en la resistencia flexural del PMMA, Luxatemp Star, Alike sin termociclado.

6.6. Existe diferencia significativa en la resistencia flexural del PMMA, Luxatemp Star, Alike con termociclado.

## VII. RECOMENDACIONES

7.1. Efectuar investigaciones sobre otras propiedades físicas de las resinas temporales como la microdureza superficial, la compresión mecánica, dureza, capacidad de desgaste, entre otras.

7.2. Efectuar estudios que evalúen si hay mejoras en las propiedades mecánicas en las resinas acrílicas provisionales con tratamiento de superficie como pulido convencional y selladores.

7.3. Realizar estudios que evalúen las propiedades químicas de las resinas temporales como la solubilidad, biocompatibilidad, coeficiente de expansión térmica, entre otras propiedades.

7.4. Desarrollar investigaciones que evalúen la estabilidad cromática de este tipo de resinas ante sustancias que presenten un alto contenido de taninos.

7.5. Elaborar investigaciones que evalúen que tipo de resina acrílica provisional tienen mejor comportamiento mecánico una vez cementado con y sin termociclado.

7.6. Efectuar estudios que analicen la resistencia flexural entre distintas marcas de resinas PMMA con CAD/CAM y modelado 3D.



## VIII. REFERENCIAS

- Abualsaud, R. y Gad, M. (2022). Flexural strength of CAD/CAM denture base materials: Systematic review and meta-analysis of in-vitro studies. *Journal of International Society of Preventive and Community Dentistry*, 12(2), pp. 160–170. [https://doi.org/10.4103/JISPCD.JISPCD\\_310\\_21](https://doi.org/10.4103/JISPCD.JISPCD_310_21)
- Agustín, R., Serra, B., Roig A., Román, J. y Fons, A. (2015). Mechanical behavior of provisional implant prosthetic abutments. *Medicina Oral, Patología Oral y Cirugía Bucal*, 20(1), e94. <https://doi.org/10.4317/MEDORAL.19958>
- Al-Jabbari, Y., Al-Rasheed, A., Smith, J. y Iacopino, A. (2013). An indirect technique for assuring simplicity and marginal integrity of provisional restorations during full mouth rehabilitation. *The Saudi Dental Journal*, 25(1), pp. 39–42. <https://doi.org/10.1016/J.SDENTJ.2012.10.003>
- Albán, C., Sánchez, G., Vélez, T. y Merino, A. (2019). Comparación de la resistencia a la fractura de la resina nanohíbrida y bulk-fill utilizando técnicas incremental y monoincremental de la investigación. *SATHIRI - Sembrador*, 14(1), pp. 196–206. <https://doi.org/10.32645/13906925.816>
- Al-Dwairi, Z., Tahboub, K., Baba, N. y Goodacre, C. (2020). A Comparison of the Flexural and Impact Strengths and Flexural Modulus of CAD/CAM and Conventional Heat-Cured Polymethyl Methacrylate (PMMA). *Journal of Prosthodontics*, 29(4), pp. 341–349. <https://doi.org/10.1111/JOPR.12926>
- Alnassar, T., Almusined, M., Alharshan, F., Serag, M. y Al-Thobity, A. (2017). Shear bond strength of bis-acryl resin provisional material repaired using a flowable composite. *Journal of Adhesion Science and Technology*, 32(6), pp. 573–579. <https://doi.org/10.1080/01694243.2017.1370812>

- Alp, G., Murat, S. y Yilmaz, B. (2019). Comparison of Flexural Strength of Different CAD/CAM PMMA-Based Polymers. *Journal of Prosthodontics: Official Journal of the American College of Prosthodontists*, 28(2), e491–e495. <https://doi.org/10.1111/JOPR.12755>
- Átala, J., Ibáñez, C., Brochero, G., Croharé, L. y Cabral, R. J. (2014). Comparación de la resistencia flexural de resinas acrílicas actuales para prótesis completas [congreso]. *Reunión anual de la Sociedad Argentina de Investigación Odontológica*. <http://hdl.handle.net/11086/22962>
- Bennani, V. (2000). Fabrication of an indirect-direct provisional fixed partial denture. *The Journal of Prosthetic Dentistry*, 84(3), pp. 364–365. <https://doi.org/10.1067/MPR.2000.109126>
- Çakmak, G., Yilmaz, H., Aydoğ, Ö. y Yilmaz, B. (2020). Flexural strength of CAD-CAM and conventional interim resin materials with a surface sealant. *The Journal of Prosthetic Dentistry*, 124(6), 800.e1-800.e7. <https://doi.org/10.1016/J.PROSDENT.2020.09.004>
- Carbajal, S. (2019). *Comparación de la microdureza superficial de discos de resina acrílica de termocurado y autocurado en distintos periodos de tiempo*. [Tesis de maestría, Universidad Científica del Sur]. Repositorio Académico UCSUR. <https://doi.org/10.21142/te.2020.1605>
- Choi, W., Yoo, L., Kim, Y., y Jung, B. (2023). Mechanical properties of CAD/CAM polylactic acid as a material for interim restoration. *Heliyon*, 9(4), e15314. <https://doi.org/10.1016/J.HELIYON.2023.E15314>
- Christiani, J. y Devecchi, J. (2017). Materiales para Prótesis Provisionales. *Actas Odontológicas*, 14(1), pp. 28–32. <https://doi.org/10.22235/AO.V14I1.1399>
- Cova, J. (2010). *Biomateriales Dentales*. Amolca.

- Díez-Pascual, A. (2022). PMMA-Based Nanocomposites for Odontology Applications: A State-of-the-Art. *International Journal of Molecular Sciences*, 23(18), 10288. <https://doi.org/10.3390/IJMS231810288>
- Dorđević, N., Tričković-Vukić, D., Šehalić, M., Marjanović, D., Lazić, D., Radosavljević, R., Tabaković, S. y Todić, J. (2022). Polymethyl methacrylate resin for provisional restoration affects rat macrophage function in *in vitro* conditions. *Journal of Oral Science*, 64(3), pp. 228–231. <https://doi.org/10.2334/JOSNUSD.22-0016>
- Ercoli, C. y Caton, J. (2018). Dental prostheses and tooth-related factors. *Journal of Periodontology*, 89, S223–S236. <https://doi.org/10.1002/jper.16-0569>
- Gad, M., Fouda, S., Al-Harbi, F., Năpănkangas, R. y Raustia, A. (2017). PMMA denture base material enhancement: a review of fiber, filler, and nanofiller addition. *International Journal of Nanomedicine*, 12, pp. 3801–3812. <https://doi.org/10.2147/IJN.S130722>
- Idrissi, H., Annamma, L., Sharaf, D., Jaghsi, A. y Abutayyem, H. (2023). Comparative Evaluation of Flexural Strength of Four Different Types of Provisional Restoration Materials: An In Vitro Pilot Study. *Children (Basel)*, 10(2), 380. <https://doi.org/10.3390/CHILDREN10020380>
- Jafar Abdulla, M., Dafer Al, M., El-Patal, M., Sam, G., Abokhlifa, Y. y Thorat, A. (2021). Assessment of Marginal Integrity and Color Stability of Provisional Restoration Fabricated from Different Autopolymerizing Acrylic Resins – A Comparative Study. *Journal of Pharmacy y Bio Allied Sciences*, 13(1), S616. [https://doi.org/10.4103/JPBS.JPBS\\_617\\_20](https://doi.org/10.4103/JPBS.JPBS_617_20)
- Jain, S., Sayed, M., Shetty, M., Alqahtani, S., Al Wadei, M., Gupta, S., Othman, A., Alshehri, A., Alqarni, H., Mobarki, A., Motlaq, K., Bakmani, H., Zain, A., Hakami, A. y Sheayria, M. (2022). Physical and Mechanical Properties of 3D-Printed Provisional Crowns and Fixed Dental Prosthesis Resins Compared to CAD/CAM Milled and

- Conventional Provisional Resins: A Systematic Review and Meta-Analysis. *Polymers*, *14*(13), 2691. <https://doi.org/10.3390/POLYM14132691/S1>
- Kirad, A., Dugal, R., Godil, A., Kazi, A., Madanshetty, P. y Attarwala, T. (2020). Evaluation of Flexural and Impact Strength of CAD-CAM and Two Different Conventional Denture Base Resins: An *In Vitro* Study. *International Journal of Prosthodontics and Restorative Dentistry*, *10*(2), pp. 72–76. <https://doi.org/10.5005/JP-JOURNALS-10019-1271>
- Kerby, R., Knobloch, L., Sharples, S. y Peregrina, A. (2013). Mechanical properties of urethane and bis-acryl interim resin materials. *The Journal of Prosthetic Dentistry*, *110*(1), pp. 21–28. [https://doi.org/10.1016/S0022-3913\(13\)60334-0](https://doi.org/10.1016/S0022-3913(13)60334-0)
- Kostić, M., Igić, M., Gligorijević, N., Nikolić, V., Stošić, N. y Nikolić, L. (2022). The Use of Acrylate Polymers in Dentistry. *Polymers*, *14*(21), 4511. <https://doi.org/10.3390/POLYM14214511>
- Kuphasuk, W., Ponlasit, N. y Harnirattisai, C. (2018). Flexural strengths and color stability of bis-acryl resin materials for provisional restorations. *Mahidol Dental Journal*, *38*(2), pp. 135–146. <https://he02.tci-thaijo.org/index.php/mdentjournal/article/view/179313>
- Lango, D., Mireles, J., Flores, N., Moreno, M., Mendoza, A., Chávez, P. y Manisekaran, R. (2022). Nanopartículas incorporadas al PMMA y sus propiedades antimicrobianas: una revisión sistemática. *Mundo Nano. Revista Interdisciplinaria en Nanociencias y Nanotecnología*, *15*(29), 1e–13e. <https://doi.org/10.22201/CEIICH.24485691E.2022.29.69718>
- León, J. (2022). *Comparación de la resistencia a la compresión in vitro de coronas provisionales fabricadas en resina biocompatible 3D y polimetacrilato CAD/CAM en 2022*. [Tesis de pregrado, Universidad Alas Peruanas]. Repositorio Institucional UAP. <https://hdl.handle.net/20.500.12990/11342>

- Lien, W. y Vandewalle, K. (2010). Physical properties of a new silorane-based restorative system. *Dental Materials: Official Publication of the Academy of Dental Materials*, 26(4), pp. 337–344. <https://doi.org/10.1016/J.DENTAL.2009.12.004>
- Lourinho, C., Salgado, H., Correia, A. y Fonseca, P. (2022). Mechanical Properties of Polymethyl Methacrylate as Denture Base Material: Heat-Polymerized vs. 3D-Printed—Systematic Review and Meta-Analysis of In Vitro Studies. *Biomedicines*, 10(10), 2565. <https://doi.org/10.3390/BIOMEDICINES10102565>
- Mandikos, N., McGivney, G., Davis, E., Bush, P. y Carter, J. (2001). A comparison of the wear resistance and hardness of indirect composite resins. *The Journal of Prosthetic Dentistry*, 85(4), pp. 386-395. <https://doi.org/10.1067/mpr.2001.114267>
- Mohammed, M. y Hadi, A. (2021). Acrylic Composite Biomaterials for Dental Applications: A Review of Recent Progress. *American Scientific Research Journal for Engineering, Technology, and Sciences*, 78(1), pp. 165–187. [https://asrjetsjournal.org/index.php/American\\_Scientific\\_Journal/article/view/6782](https://asrjetsjournal.org/index.php/American_Scientific_Journal/article/view/6782)
- Muhammad, N., Sarfraz, Z., Zafar, M., Liaqat, S., Rahim, A., Ahmad, P., Alsubaie, A., Almalki, A. y Khandaker, M. (2022). Characterization of various acrylate based artificial teeth for denture fabrication. *Journal of Materials Science: Materials in Medicine*, 33(2), pp. 1–9. <https://doi.org/10.1007/S10856-022-06645-8/FIGURES/8>
- Prpić, V., Schaperl, Z., Čatić, A., Dulčić, N. y Čimić, S. (2020). Comparison of Mechanical Properties of 3D-Printed, CAD/CAM, and Conventional Denture Base Materials. *Journal of Prosthodontics*, 29(6), pp. 524–528. <https://doi.org/10.1111/JOPR.13175>
- Raszewski, Z., Chojnacka, K. y Mikulewicz, M. (2022). Preparation and characterization of acrylic resins with bioactive glasses. *Scientific Reports*, 12(1), pp. 1–8. <https://doi.org/10.1038/s41598-022-20840-1>

- Regish, K., Sharma, D. y Prithviraj, D. (2011). Techniques of Fabrication of Provisional Restoration: An Overview. *International Journal of Dentistry*, 134659. <https://doi.org/10.1155/2011/134659>
- Rosca, B., Ramalho, S., Sampaio-Fernandes, J. y Portugal, J. (2016). Reparability of two different CAD/CAM polymer materials using a light-cured composite and universal adhesives. *Revista Portuguesa de Estomatologia, Medicina Dentária e Cirurgia Maxilofacial*, 57(4), pp. 189–196. <https://doi.org/10.1016/J.RPEMD.2016.10.001>
- Schwantz, J., Oliveira-Ogliari, A., Meereis, C., Leal, F., Ogliari, F. y Moraes, R. (2017). Characterization of Bis-Acryl Composite Resins for Provisional Restorations. *Brazilian Dental Journal*, 28(3), pp. 354–361. <https://doi.org/10.1590/0103-6440201601418>
- Schwedhelm, E. (2006). Direct technique for the fabrication of acrylic provisional restorations. *Journal Contemporary Dental Practice*, 7(1), pp. 157–173. <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/16491159/>
- Sheng, T., Shafee, M., Ariffin, Z., y Jaafar, M. (2018). Review on poly-methyl methacrylate as denture base materials. *Malaysian Journal of Microscopy*, 14, pp. 1–16. <https://www.malaysianjournalofmicroscopy.org/ojs/index.php/mjm/article/view/42>
- Shenoy, A., Rajaraman, V. y Maiti, S. (2022). Comparative analysis of various temporary computer-aided design/computer-aided manufacturing polymethyl methacrylate crown materials based on color stability, flexural strength, and surface roughness: An *in vitro* study. *Journal of Advanced Pharmaceutical Technology & Research*, 13(1), S130. [https://doi.org/10.4103/japtr.japtr\\_119\\_22](https://doi.org/10.4103/japtr.japtr_119_22)
- Sidhom, M., Zaghloul, H., Mosleh, I. y Eldwakhly, E. (2022). Effect of Different CAD/CAM Milling and 3D Printing Digital Fabrication Techniques on the Accuracy of PMMA Working Models and Vertical Marginal Fit of PMMA Provisional Dental Prosthesis: An In Vitro Study. *Polymers*, 14(7), 1285. <https://doi.org/10.3390/POLYM14071285>

- Spasojevic, P., Zrilic, M., Panic, V., Stamenkovic, D., Seslija, S. y Velickovic, S. (2015). The Mechanical Properties of a Poly (methyl methacrylate) Denture Base Material Modified with Dimethyl Itaconate and Di-*n*-butyl Itaconate. *International Journal of Polymer Science*. <https://doi.org/10.1155/2015/561012>
- Trujillo, G. (2018). *Resistencia mecánica in vitro de resinas acrílicas usadas como provisionales*, UTEA, 2018. [Tesis de pregrado, Universidad Tecnológica de los Andes]. Repositorio Institucional UTEA. <http://repositorio.utea.edu.pe/handle/utea/134>
- Watanabe, H., Fellows, C. y An, H. (2022). Digital technologies for restorative dentistry. *Dental Clinics of North America*, 66(4), pp. 567-590. <https://doi.org/10.1016/j.cden.2022.05.006>
- Zafar, M. (2020). Prosthodontic Applications of Polymethyl Methacrylate (PMMA): An Update. *Polymers*, 12(10), 1–35. <https://doi.org/10.3390/POLYM12102299>

## IX. ANEXOS

## Anexo A: Matriz de consistencia

PROBLEMA	OBJETIVOS	HIPÓTESIS	VARIABLES	METODOLOGÍA
<p>PROBLEMA GENERAL</p> <p>¿Cuál es la resistencia flexural de diferentes polímeros utilizados como material provisional en prótesis fija?</p>	<p>OBJETIVO GENERAL</p> <p>-Comparar la resistencia flexural de diferentes polímeros utilizados como material provisional en prótesis fija.</p> <p>OBJETIVOS ESPECÍFICOS</p> <p>-Determinar la resistencia flexural del PMMA de Telio CAD de Ivoclar con y sin termociclado.</p> <p>-Determinar la resistencia flexural de resina bisacrílica Luxatemp Star de DMG con y sin termociclado.</p>	<p>HIPÓTESIS GENERAL</p> <p>-H0: No Existe diferencia significativa en la resistencia flexural entre el PMMA (Telio CAD de Ivoclar), la resina bisacrílica (Luxatemp Star de DMG) y la resina acrílica (Alike de GC).</p> <p>-H1: Existe diferencia significativa en la resistencia flexural entre el PMMA (Telio CAD de Ivoclar), la resina bisacrílica (Luxatemp Star de</p>	<p>Variable Dependiente: - Resistencia flexural.</p> <p>Variable Independiente: -Tipos de polímeros provisionales</p>	<p>Diseño: Experimental</p> <p>Tipo de investigación: -Analítico, longitudinal, prospectivo, correlacional -comparativa.</p> <p>Población:</p> <p>- La población de estudio fueron 90 bloques de resinas acrílicas de las marcas PMMA Telio CAD (Ivoclar), Luxatemp Star (DMG) y Alike (GC).</p>



	<p>-Determinar la resistencia flexural de resina acrílica Alike de GC con y sin termociclado.</p> <p>-Determinar la resistencia flexural del PMMA, Luxatemp Star, Alike sin termociclado.</p> <p>-Determinar la resistencia flexural del PMMA, Luxatemp Star, Alike con termociclado.</p>	<p>DMG) y la resina acrílica (Alike de GC).</p>		<p>Muestra: 6 grupos conformados por 15 bloques de resina acrílica de cada marca correspondientes, del cual de esos 6 grupos 3 grupos fueron sometidos al termociclado y los otros 3 grupos sin termociclado.</p> <p>Instrumento de recolección:</p> <p>-ficha de recolección de datos</p> <p>Análisis de datos:</p> <p>-Se realizará un análisis descriptivo-inferencial en el programa SPSS versión 25.</p>
--	---	---	--	---

## Anexo B: Base de datos



LABORATORIO ESPECIALIZADO EN ENSAYOS MECÁNICOS DE MATERIALES  
LABORATORIO ESPECIALIZADO EN CALIBRACIONES

Página 1 de 4

INFORME DE ENSAYO N°		IEO-006-2023	VERSIÓN N° 01	Fecha de emisión:	20-01-2024
<b>ENSAYO DE RESISTENCIA FLEXURAL DE RESINAS ACRÍLICAS ODONTOLÓGICAS</b>					
<b>1. DATOS DE LOS TESISISTAS</b>					
Nombre de tesis	: "RESISTENCIA FLEXURAL DE DIFERENTES POLÍMEROS UTILIZADOS COMO MATERIAL PROVISIONAL EN PRÓTESIS FIJA"				
Nombres y Apellidos	: Francisco Javier, León Lucas				
Dni	: 73040812				
Dirección	: Calle 6 #118 Urb. Carabayllo, Comas				
<b>2. EQUIPOS UTILIZADOS</b>					
<b>Instrumento</b>	<b>Marca</b>	<b>Aproximación</b>			
Máquina de Ensayos Mecánicos	LG CMT- 5L	0.001N	Los resultados del informe se refieren al momento y condiciones en que se realizaron las mediciones.		
Vernier Digital	Mitutoyo - 200 mm	0.01mm			
<b>3. IDENTIFICACION DE LA MUESTRA</b>					
Muestras de resinas acrílicas provisionales	Cantidad	: Noventa (90) muestras			HIGH TECHNOLOGY LABORATORY CERTIFICATE S.A.C. no se responsabiliza de los perjuicios que pueda ocasionar el uso inadecuado de este documento, ni de una incorrecta interpretación de los resultados del informe aquí declarados.
	Material	: Barras de resinas de 2 x 2 x 25 mm			
	Grupo 1	: Alike (GC)			
	Grupo 2	: Luxatemp Star (DMG)			
	Grupo 3	: Telio CAD LT (IVOCCLAR)			
<b>4. RECEPCION DE MUESTRAS</b>					
Fecha de recepción de muestras	10 de Enero del 2024				
Fecha de Ensayo	10 de Enero del 2024 al 20 de Enero del 2024				
Lugar de Ensayo	Jr. Nepentas 364 Urb San Silvestre, San Juan de Lurigancho-Lima				
El informe de ensayo sin firma y sello carece de validez.					
<b>5. REFERENCIA DE PROCEDIMIENTO</b>					
El ensayo se realizó bajo el siguiente procedimiento:					
<b>PROCEDIMIENTO</b>	<b>DESCRIPCIÓN</b>	<b>CAPITULO/NUMERAL</b>			
ISO 4049:2019	Dentistry — Polymer-based restorative materials	7.11 Flexural strength			
<b>6. CONDICIONES DE ENSAYO</b>					
	<b>Inicial</b>	<b>Final</b>			
Temperatura	24.2 °C	24.1 °C			
Humedad Relativa	62.0 %HR	62.0 %HR			



QUEDA PROHIBIDA LA REPRODUCCIÓN PARCIAL O TOTAL DEL PRESENTE DOCUMENTO SIN AUTORIZACIÓN ESCRITA DE HTL S.A.C.

Jr. Nepentas 364 Urb San Silvestre, San Juan de Lurigancho - Lima

+51 997 123 584 // 949 059 602

ventas@ensayoshtl.pe // ingenieria@ensayoshtl.pe

www.ensayoshtl.pe

INFORME DE ENSAYO N°	IEO-006-2023	VERSIÓN N° 01	Fecha de emisión:	20-01-2024	
<b>7. RESULTADOS DE ENSAYOS</b>					
<b>7.1 ENSAYOS DE FLEXIÓN</b>					
<b>Grupo 1: Alike (GC) (sin termociclado)</b>					
Espécimen	Espesor (mm)	Ancho (mm)	Longitud entre apoyos (mm)	Fuerza Máxima (N)	Resistencia de flexión (Mpa)
1	2.00	2.01	20	17.02	63.52
2	2.01	2.00	20	18.58	69.00
3	2.00	2.01	20	16.20	60.44
4	2.00	1.99	20	16.37	61.69
5	2.00	1.99	20	16.58	62.48
6	1.99	2.01	20	16.63	62.67
7	2.01	2.01	20	16.65	61.52
8	2.00	2.00	20	16.38	61.42
9	2.00	2.00	20	19.00	71.26
10	2.02	2.00	20	18.62	68.45
11	2.01	1.99	20	19.06	71.13
12	2.01	2.01	20	18.33	67.71
13	2.00	2.01	20	16.63	62.05
14	2.01	2.01	20	16.59	61.31
15	1.99	2.00	20	18.11	68.59
<b>Grupo 1: Alike (GC) (con termociclado)</b>					
Espécimen	Espesor (mm)	Ancho (mm)	Longitud entre apoyos (mm)	Fuerza Máxima (N)	Resistencia de flexión (Mpa)
1	1.99	2.00	20	15.91	60.28
2	2.00	2.01	20	15.24	56.87
3	1.99	2.01	20	12.51	47.15
4	2.00	1.98	20	10.86	41.15
5	2.00	1.98	20	13.97	52.91
6	2.01	1.98	20	13.53	50.74
7	2.01	2.03	20	12.26	44.84
8	2.00	2.01	20	10.83	40.41
9	2.02	2.00	20	12.20	44.85
10	2.00	2.00	20	12.37	46.38
11	1.99	2.03	20	13.36	49.85
12	2.00	2.03	20	13.15	48.60
13	2.01	2.01	20	14.13	52.21
14	2.03	2.00	20	14.70	53.52
15	2.01	2.03	20	14.00	51.23



QUEDA PROHIBIDA LA REPRODUCCIÓN PARCIAL O TOTAL DEL PRESENTE DOCUMENTO SIN AUTORIZACIÓN ESCRITA DE HTL S.A.C.

Jr. Nepentas 364 Urb San Silvestre, San Juan de Lurigancho - Lima

+51 997 123 584 // 949 059 602

✉ ventas@ensayoshtl.pe // ingenieria@ensayoshtl.pe

🌐 www.ensayoshtl.pe


INFORME DE ENSAYO N°	IEO-006-2023	VERSIÓN N° 01	Fecha de emisión:	20-01-2024	
<b>Grupo 2: Luxatemp Star (DMG) (sin termociclado)</b>					
Espécimen	Espesor (mm)	Ancho (mm)	Longitud entre apoyos (mm)	Fuerza Máxima (N)	Resistencia de flexión (Mpa)
1	2.00	2.03	20	28.60	105.67
2	2.01	2.02	20	28.51	104.79
3	2.00	2.02	20	27.34	101.51
4	2.00	2.03	20	27.17	100.37
5	2.00	1.99	20	32.89	123.96
6	2.00	1.99	20	31.12	117.29
7	2.01	1.98	20	28.44	106.68
8	2.01	2.03	20	27.94	102.22
9	1.99	2.00	20	30.43	115.27
10	1.97	2.03	20	31.55	120.14
11	1.98	2.01	20	29.31	111.59
12	1.99	2.05	20	27.25	100.70
13	1.99	2.03	20	27.10	101.12
14	1.99	2.03	20	30.16	112.56
15	2.03	2.01	20	28.61	103.64
<b>Grupo 2: Luxatemp Star (DMG) (con termociclado)</b>					
Espécimen	Espesor (mm)	Ancho (mm)	Longitud entre apoyos (mm)	Fuerza Máxima (N)	Resistencia de flexión (Mpa)
1	1.98	2.03	20	24.80	93.47
2	2.00	2.01	20	20.53	76.60
3	1.99	2.01	20	23.53	88.68
4	2.00	1.99	20	26.26	98.97
5	2.01	1.99	20	20.45	76.29
6	2.00	1.98	20	24.97	94.57
7	2.03	2.01	20	30.03	108.75
8	2.03	2.01	20	24.94	90.35
9	2.01	2.03	20	27.71	101.36
10	2.01	2.01	20	29.28	108.18
11	1.99	2.01	20	30.16	113.68
12	1.98	1.99	20	26.58	102.22
13	1.99	2.02	20	22.05	82.71
14	1.99	2.01	20	25.70	96.87
15	2.01	2.03	20	26.47	96.84




QUEDA PROHIBIDA LA REPRODUCCIÓN PARCIAL O TOTAL DEL PRESENTE DOCUMENTO SIN AUTORIZACIÓN ESCRITA DE HTL S.A.C.

 Jr. Nepentas 364 Urb San Silvestre, San Juan de Lurigancho - Lima

 +51 997 123 584 // 949 059 602




 ventas@ensayoshtl.pe // ingenieria@ensayoshtl.pe

 www.ensayoshtl.pe



LABORATORIO ESPECIALIZADO EN ENSAYOS MECÁNICOS DE MATERIALES  
LABORATORIO ESPECIALIZADO EN CALIBRACIONES


Página 4 de 4


INFORME DE ENSAYO N°	IEO-006-2023	VERSIÓN N° 01	Fecha de emisión:	20-01-2024	
<b>Grupo 3: Telio CAD LT (IVOCLAR) (sin termociclado)</b>					
Espécimen	Espesor (mm)	Ancho (mm)	Longitud entre apoyos (mm)	Fuerza Máxima (N)	Resistencia de flexión (Mpa)
1	1.99	2.01	20	30.01	113.10
2	1.99	2.03	20	31.65	118.09
3	2.01	2.01	20	31.20	115.26
4	2.02	2.03	20	32.52	117.79
5	2.01	2.01	20	30.43	112.40
6	2.01	1.99	20	28.57	106.62
7	1.99	1.99	20	30.06	114.43
8	1.99	2.01	20	32.16	121.21
9	2.01	2.01	20	33.31	123.04
10	2.01	2.00	20	31.24	116.00
11	2.00	2.00	20	31.84	119.40
12	1.99	2.01	20	27.79	104.73
13	1.98	2.03	20	30.27	114.11
14	1.99	2.01	20	32.68	123.17
15	2.01	2.01	20	31.44	116.17
<b>Grupo 3: Telio CAD LT (IVOCLAR) (con termociclado)</b>					
Espécimen	Espesor (mm)	Ancho (mm)	Longitud entre apoyos (mm)	Fuerza Máxima (N)	Resistencia de flexión (Mpa)
1	2.01	2.01	20	29.88	110.37
2	1.99	2.03	20	30.86	115.17
3	2.00	2.00	20	29.69	111.32
4	2.00	2.01	20	31.79	118.61
5	1.99	2.03	20	32.31	120.58
6	2.03	2.01	20	33.17	120.15
7	2.02	2.01	20	32.60	119.25
8	2.00	2.00	20	32.02	120.07
9	1.99	2.00	20	31.43	119.06
10	1.97	2.03	20	32.06	122.08
11	1.99	2.01	20	32.54	122.62
12	1.99	2.03	20	31.03	115.78
13	2.03	2.01	20	33.85	122.59
14	2.01	2.00	20	33.42	124.07
15	2.00	2.03	20	32.23	119.09
  HIGH TECHNOLOGY LABORATORY CERTIFICATE		 HIGH TECHNOLOGY LABORATORY CERTIFICATE			
<b>ROBERT NICK EUSEBIO TEHERAN</b> CIP: 193364 INGENIERO MECÁNICO Jefe de Laboratorio		El resultado es solo válido para las muestras proporcionadas por el solicitante del servicio en las condiciones indicadas del presente informe de ensayo.			
FIN DEL DOCUMENTO					

QUEDA PROHIBIDA LA REPRODUCCIÓN PARCIAL O TOTAL DEL PRESENTE DOCUMENTO SIN AUTORIZACIÓN ESCRITA DE HTL S.A.C.

 Jr. Nepentás 364 Urb San Silvestre, San Juan de Lurigancho - Lima

 +51 997 123 584 // 949 059 602

 ventas@ensayoshtl.pe // ingenieria@ensayoshtl.pe

 www.ensayoshtl.pe

## Anexo C: Ficha técnica de calibración de máquina de ensayo universal



### CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN LMF - 2023 - 021

Página 1 de 2

Fecha de emisión: 2023-08-28  
Fecha de expiración: 2024-08-27  
Expediente: LMC-2023-0654

**1. SOLICITANTE : HIGH TECHNOLOGY LABORATORY CERTIFICATE S.A.C.**  
Dirección : Nro. 1319 Int. 116 Urb. Los Jardines de San Juan, Etapa II, San Juan de Lurigancho - Lima - Lima.

**2. INSTRUMENTO DE MEDICIÓN : MAQUINA DIGITAL DE ENSAYOS UNIVERSALES**

Marca	: LG	Este certificado de calibración documenta la trazabilidad a los patrones nacionales, que realizan las unidades de medida de acuerdo con el Sistema Internacional de Unidades (SI).  Los resultados del certificado se refieren al momento y condiciones en que se realizaron las mediciones.  El usuario esta en la obligación de recalibrar el instrumento a intervalos adecuados, los cuales deben ser elegidos con base en las características del trabajo realizado y el tiempo de uso del instrumento.
Modelo	: CMT-5L	
Serie	: 7419	
Identificación	: No Indica	
Rango de indicación	: 5000,00 N	
División mínima	: 0,01 N	
Tipo de Ensayo	: Tracción	
Tipo de indicación	: Digital	
Procedencia	: Korea	
Ubicación	: No Indica	
Fecha de Calibración	: 2023-08-27	

**3. METODO DE CALIBRACIÓN:**

La calibración se realizó por medición directa y comparativa con patrones calibrados con trazabilidad nacional. Se tomó como referencia la norma ISO 7500-1: 2004 Materiales Metálicos. Verificación de máquinas de ensayos uniaxiales parte 1. Máquinas de ensayo tracción/compresión. Verificación y calibración del sistema de medida de fuerza.

LABORATORIOS MECALAB S.A.C. no se responsabiliza de los perjuicios que pueda ocasionar el uso inadecuado de este instrumento, ni de una incorrecta interpretación de los resultados de la calibración aquí declarados.

**4. LUGAR DE CALIBRACIÓN:**  
**LABORATORIOS MECALAB S.A.C.**

Av. Lurigancho Nro. 1063, San Juan de Lurigancho - Lima.

El certificado de calibración sin firma y sello carece de validez.

**5. CONDICIONES AMBIENTALES:**

	Inicial	Final
Temperatura (°C)	20,3 °C	20,4 °C
Humedad Relativa (%HR)	59 %HR	57 %HR

**6. PATRONES DE REFERENCIA:**

Trazabilidad	Patrón	Identificación	Certificado de Calibración
METROIL	Termohigrómetro	PT-TH-03	IAT-2832-2022 Cal: Setiembre 2022
INMELAB	Juego de pesas 1 g a 2 kg / M2	PM-JM2-02	LMM-2023-012 Cal: Marzo 2023
INMELAB	Juego de pesas 5 kg, 10 kg, 20 kg / M2	PM-JM2-01	LMM-2023-048 Cal: Marzo 2023



Gerente de Metrología



Firmado digitalmente  
por Jorge Padilla  
Dueñas  
Fecha: 2023.09.05  
12:57:42 -05'00'

PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN PARCIAL O TOTAL DE ESTE DOCUMENTO SIN AUTORIZACIÓN ESCRITA DE "LABORATORIOS MECALAB S.A.C."

## 7. RESULTADO DE LA CALIBRACIÓN:

## MEDICIÓN DE TRACCIÓN

Indicación del Patrón (N)	Indicación del Equipo (N)	Corrección (N)	Incertidumbre (N)
500,00	501,26	-1,26	2,66
1 000,00	1002,31	-2,31	3,91
1 500,00	1502,03	-2,03	6,46
2 000,00	2002,82	-2,82	9,01
2 500,00	2503,11	-3,11	14,02
3 000,00	3003,75	-3,75	18,92
3 500,00	3504,29	-4,29	17,17
4 000,00	4005,35	-5,35	15,62
4 500,00	4506,47	-6,47	18,93
5 000,00	5007,79	-7,79	21,53

Indicación del Equipo (N)	Errores Relativos				Incertidumbre Expandida U (%)
	Exactitud q (%)	Repetibilidad b (%)	Reversibilidad v (%)	Resolución Relativa a (%)	
501,26	-0,25	0,24	---	---	0,53
1 002,31	-0,23	0,36	---	---	0,39
1 502,03	-0,14	0,22	---	---	0,43
2 002,82	-0,14	0,33	---	---	0,45
2 503,11	-0,12	0,36	---	---	0,56
3 003,75	-0,12	0,27	---	---	0,63
3 504,29	-0,12	0,39	---	---	0,49
4 005,35	-0,13	0,29	---	---	0,39
4 506,47	-0,14	0,22	---	---	0,42
5 007,79	-0,16	0,30	---	---	0,43

Retorno a cero $f_{\theta}$	0,00%
-----------------------------	-------

Error relativo máximo permitido según la clase de la escala de la máquina de ensayo (ISO 7500-1)

Clase de la escala de la máquina	Errores Relativos				
	Exactitud q (%)	Repetibilidad b (%)	Reversibilidad v (%)	Resolución Relativa a (%)	Cero $f_{\theta}$ (%)
0,50	± 0,5	0,50	± 0,75	0,25	± 0,05
1	± 1,0	1,00	± 1,5	0,50	± 0,1
2	± 2,0	2,00	± 3,0	1,00	± 0,2
3	± 3,0	3,00	± 4,5	1,50	± 0,3



## 8. OBSERVACIONES:

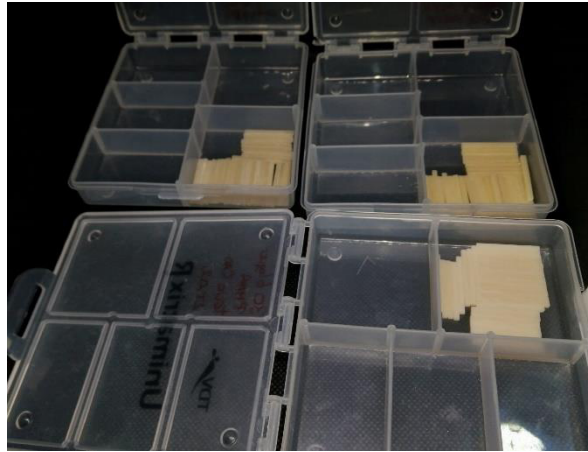
- El valor indicado del equipo que se muestra en la tabla, es el promedio de 5 valores medidos.
- La incertidumbre de la medición que se presenta esta basada en una incertidumbre estándar multiplicado por un factor de cobertura  $k=2$ , el cual proporciona un nivel de confianza de aproximadamente 95 %.
- Se colocó una etiqueta con la indicación "CALIBRADO".

## 9. CONCLUSIONES:

- De las mediciones realizadas se concluye que el equipo se encuentra **calibrado** debido a que los valores medidos están dentro del rango normal de operación.
- Se recomienda realizar la próxima calibración en un plazo no mayor a un año desde la emisión de la misma.

FIN DEL DOCUMENTO

PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN PARCIAL O TOTAL DE ESTE DOCUMENTO SIN AUTORIZACIÓN ESCRITA DE "LABORATORIOS MECALAB S.A.C."

**Anexo D: Evidencias del trabajo experimental****Fig. 1 Muestras de polímeros****Fig. 2 PMMA Telio® CAD**

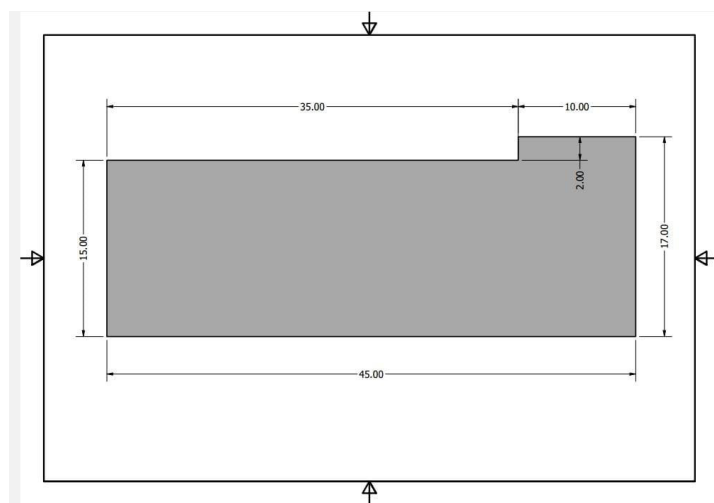




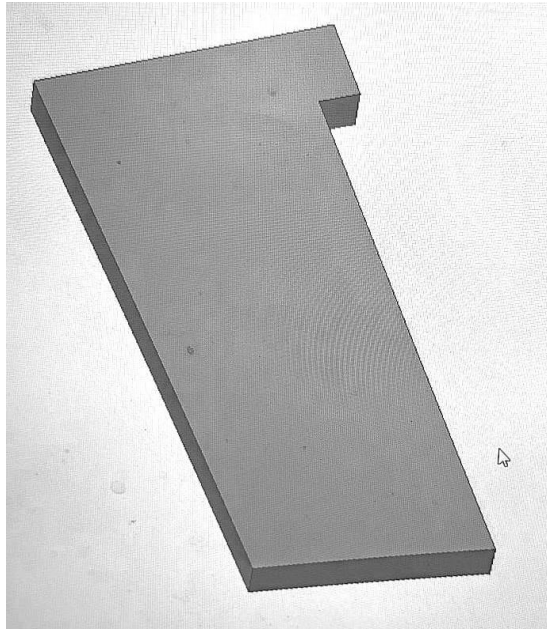
**Fig. 3 Bisacryl Luxatemp Star DMG**



**Fig. 4 Acrílico de autocurado Alike™**



**Fig. 5 Medidas de moldes de acero diseñado en el software de Autodesk Inventor 2022**



**Fig. 6** Diseño de moldes de acero listo para ser cortado en plasma



**Fig.7** Moldes de acero



**Fig.8 Moldes de acero**



**Fig.9 Moldes de acero**

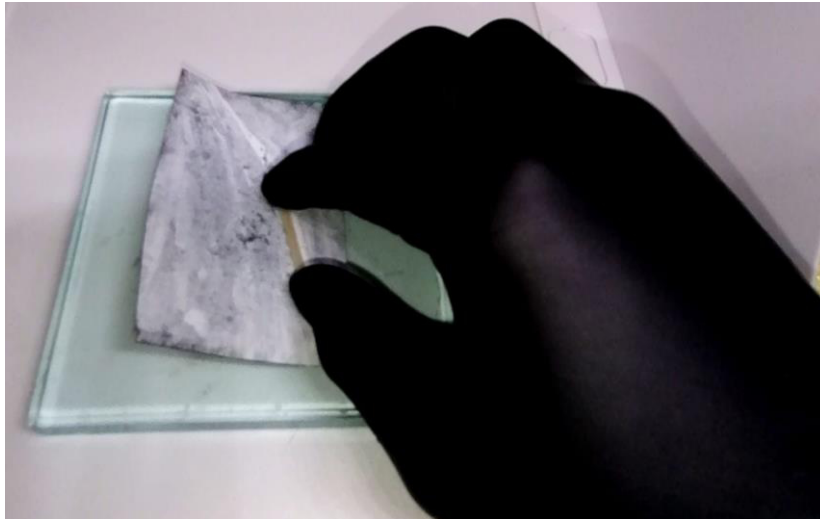


**Fig.10 Bloques de acrílico de autocurado en el molde**



**Fig.11 Bloques de acrílico de autocurado con excedentes de material a pulir conforme al**

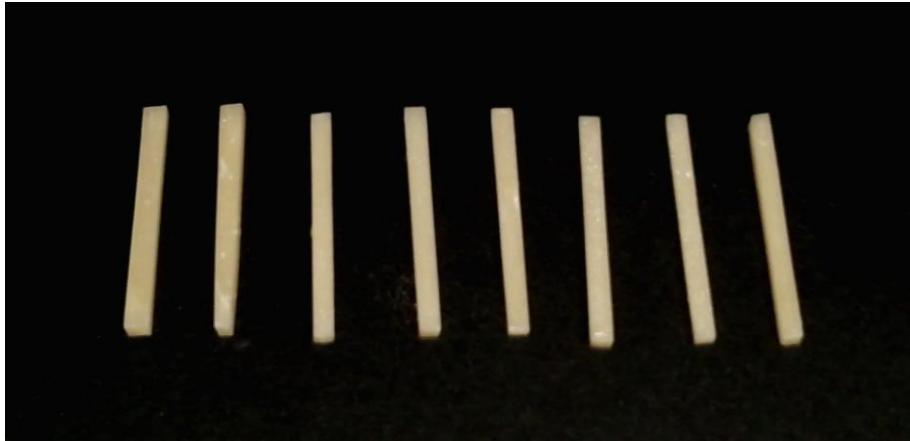
**ISO 4049**



**Fig.12 Pulido de bloque de acrílico de autocurado Alike™**



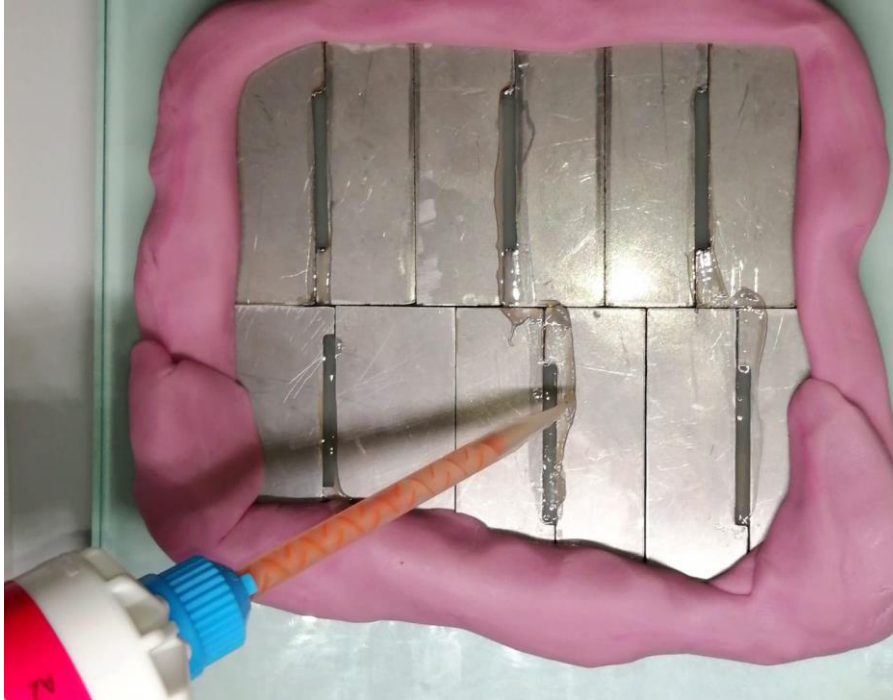
**Fig.13 Bloques de acrílico de autocurado Alike™**



**Fig.14 Bloques de acrílico de autocurado Alike™ A2 con las medidas 25x2x2 mm**



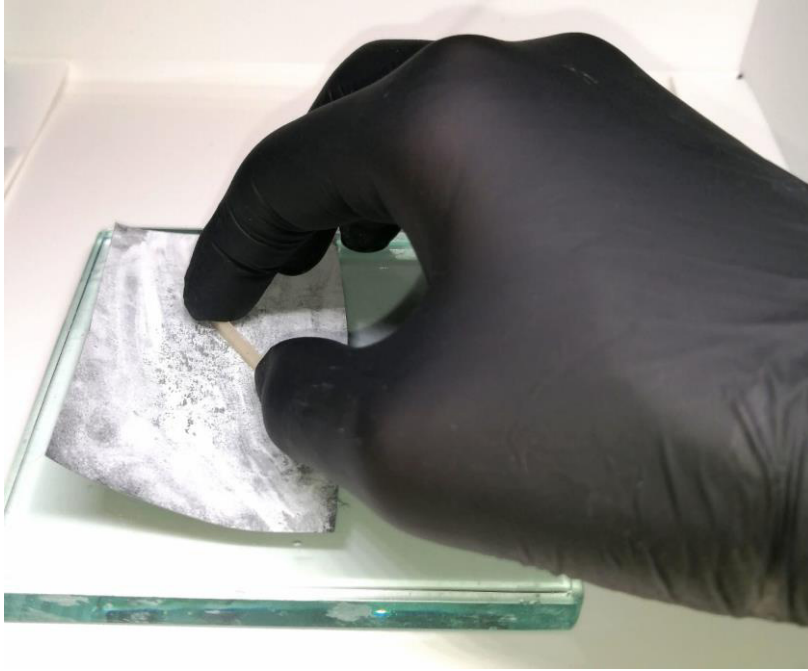
**Fig.15 Bisacryl Luxatemp Star DMG junto con pistola de aplicación**



**Fig.16 Bloques de bisacryl en los moldes**



**Fig.17 Bloques de bisacryl con excedentes de material a pulir conforme al ISO 4049**



**Fig.18 Pulido de bloque de bisacryl**

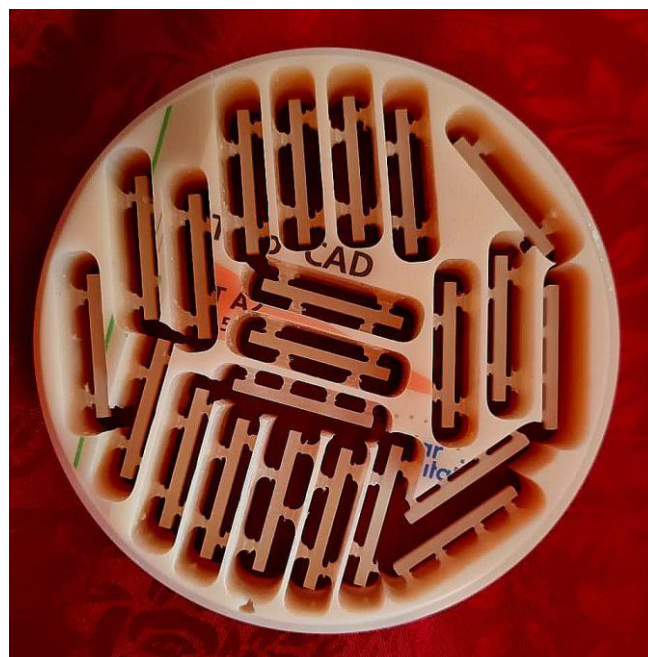


**Fig.19 Bloques de bisacryl de Luxatemp Star DMG**

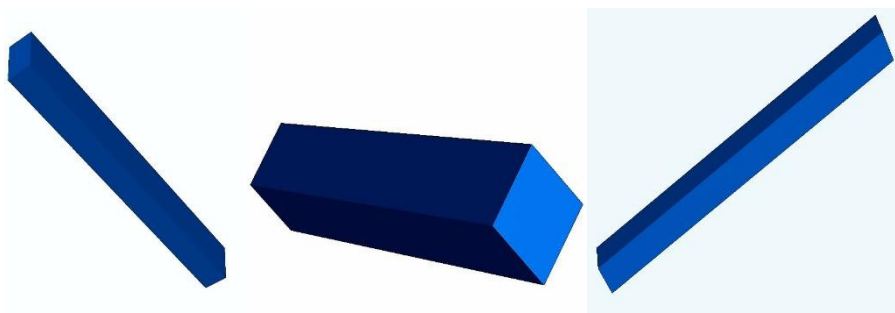




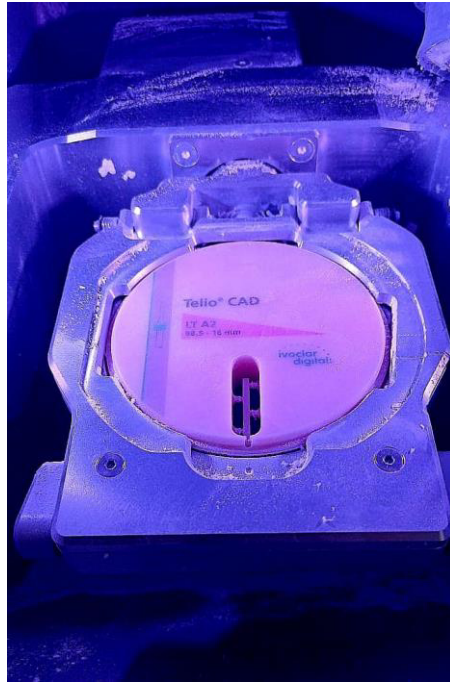
**Fig.20 Bloques de bisacryl de Luxatemp Star DMG A2 con las medidas 25x2x2 mm**



**Fig.21 Discos de PMMA (CAD/CAM) LT A2 25x2x2mm**



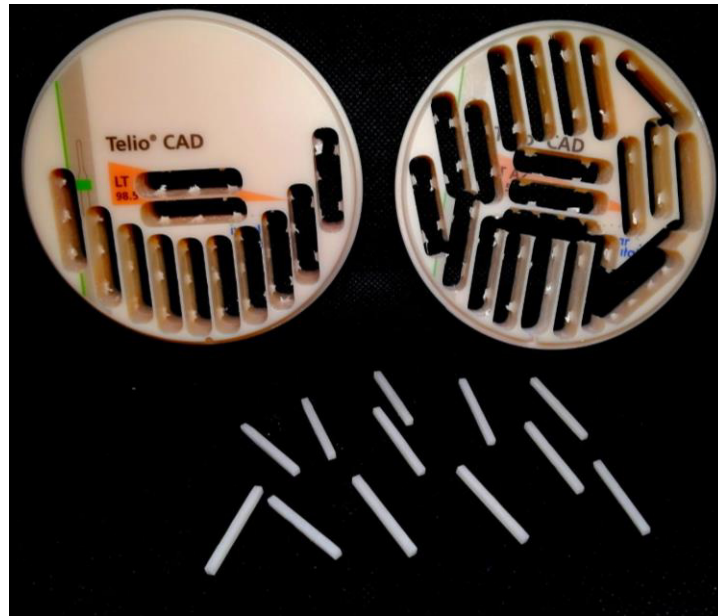
**Fig.22 Bloques de 25x2x2mm diseñados en Autodesk Inventor 2022 convertidos en STL para el fresado en CAD/CAM Ivoclar Vivadent**



**Fig.23 Fresado en CAD/CAM Ivoclar Vivadent**



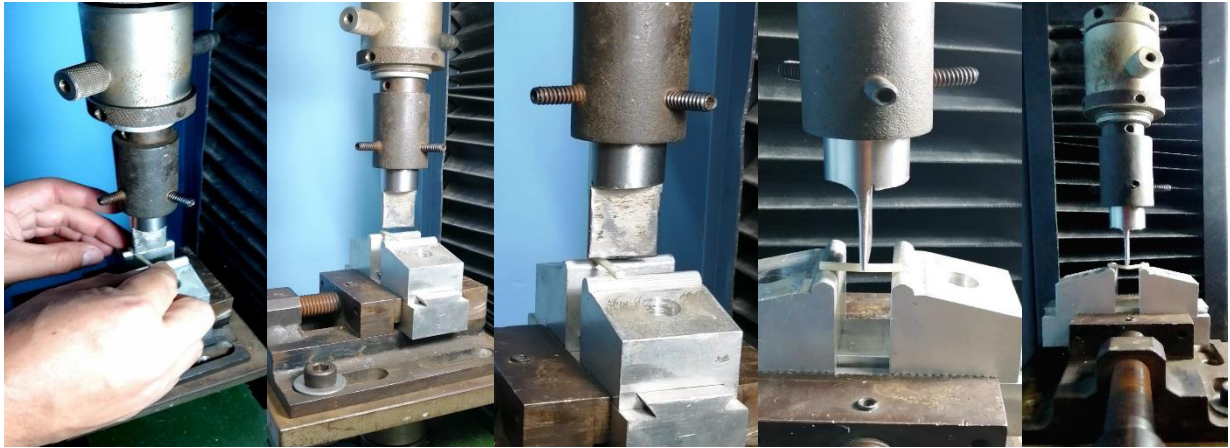
**Fig.24 Bloques de PMMA (Telio CAD-Ivoclar) A2 25x2x2mm**



**Fig.25 Bloques de PMMA (Telio CAD-Ivoclar) A2 25x2x2mm**



**Fig.26 Bloques de los grupos sumergidos en agua destilada por 24 h a 37°C**



**Fig.27 Bloques sometidos a la flexión en la máquina de ensayos universales sin termociclado**



**Fig.28 Equipo de termociclado**



**Fig.29 Proceso de termociclado**



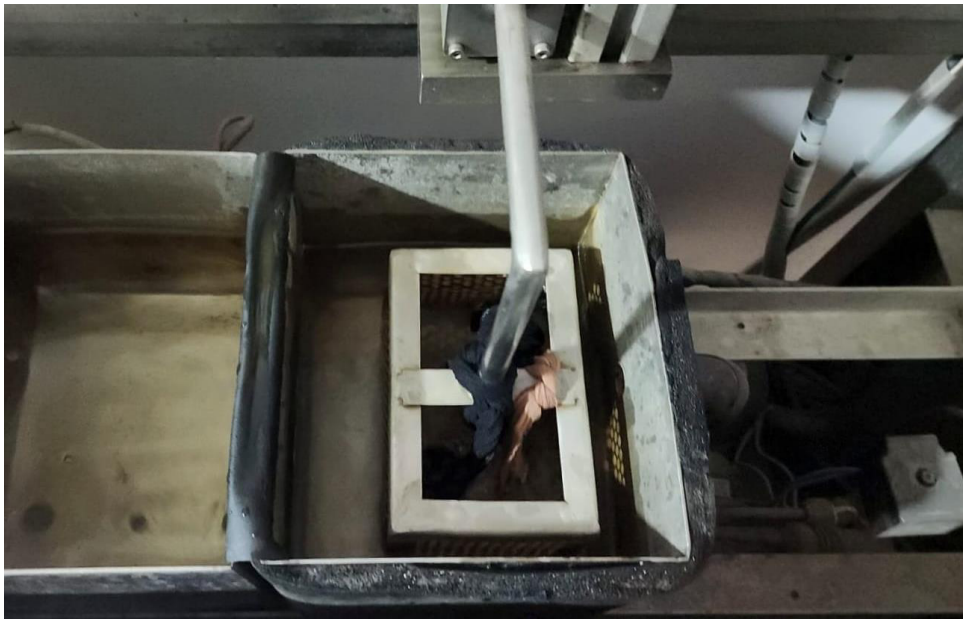
**Fig.30** Proceso de termociclado



**Fig.31** Proceso de termociclado



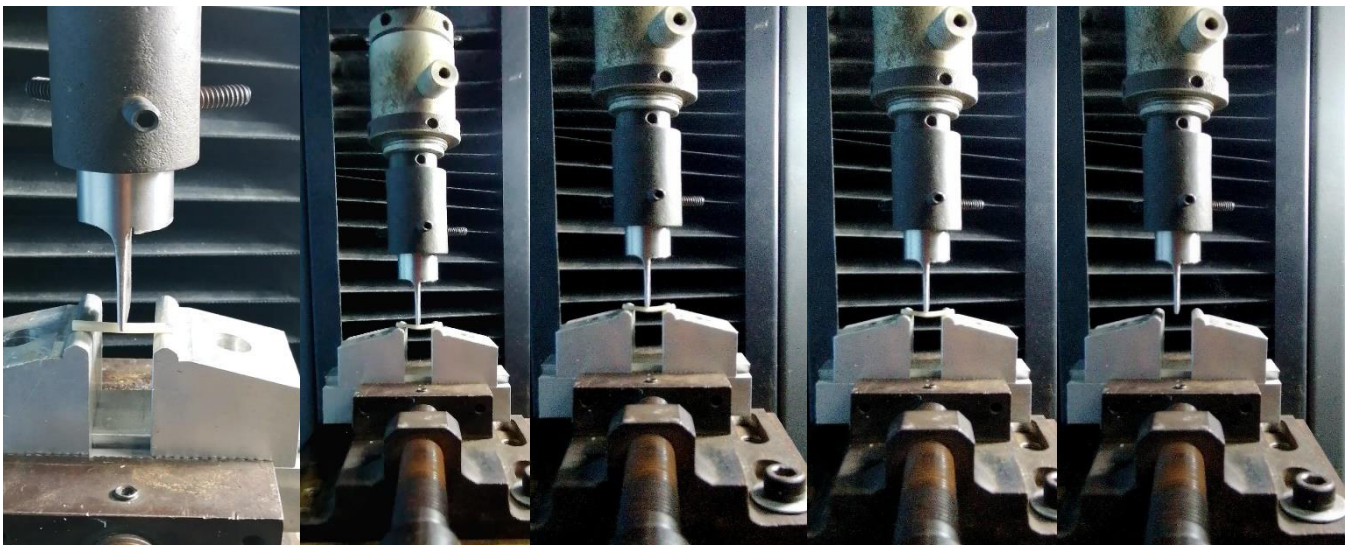
**Fig.32** Proceso de termociclado



**Fig.33** Proceso de termociclado



**Fig.34 Proceso de termociclado**



**Fig.35 Bloques con termociclado siendo sometidos a la máquina de ensayo universal para medir su resistencia flexural**