

**UNIVERSIDAD SAN FRANCISCO DE QUITO USFQ**

**Colegio de Posgrados**

**Análisis comparativo de la resistencia a la fractura de materiales provisionales fabricados por métodos directo, aditivo y sustractivo.**

**Diana Narcisa Japón Gualán**

**Dra. Nancy Mena Córdova**  
**Directora de Tesis**

Trabajo de titulación de posgrado presentado como requisito  
para la obtención del título de Especialista en Rehabilitación Oral

**Cumbayá, diciembre 2022**

# **Universidad San Francisco de Quito USFQ**

## **Colegio de posgrados**

### **HOJA DE APROBACIÓN DE TRABAJO DE TITULACIÓN**

**Análisis comparativo de la resistencia a la fractura de materiales provisionales fabricados por métodos directo, aditivo y sustractivo**

**Diana Narcisa Japón Gualán**

Nombre Directora del Programa

Dra. Nancy Mena

Título académico

Rehabilitadora Oral e Implantología

Director del Programa de:

Coordinadora del Posgrado de  
Rehabilitación Oral.

Nombre Decano del Colegio Académico

Dra. Paulina Aliaga

Título académico

Cirujana Oral

Decano del Colegio:

Decana de la Escuela de Odontología

Nombre Decano del Colegio de Posgrados,

Dra. Paulina Aliaga

Título Académico

Cirujana Oral

Decano del Colegio de Posgrados

Director de Especialidades  
Odontológicas

**Cumbayá, diciembre 2022**

## DERECHOS DE AUTOR

Por medio del presente documento certifico que he leído todas las Políticas y Manuales de la Universidad San Francisco de Quito USFQ, incluyendo la Política de Propiedad Intelectual USFQ, y estoy de acuerdo con su contenido, por lo que los derechos de propiedad intelectual del presente trabajo quedan sujetos a lo dispuesto en esas Políticas.

Asimismo, autorizo a la USFQ para que realice la digitalización y publicación de este trabajo en el repositorio virtual, de conformidad a lo dispuesto en el Art. 144 de la Ley Orgánica de Educación Superior.

Nombre del estudiante: Diana Narcisa Japón Gualán

Código de estudiante: 00211254

C. I.: 1105215493

Lugar, Fecha Cumbayá, diciembre de 2022

## **ACLARACIÓN PARA PUBLICACIÓN**

**Nota:** El presente trabajo, en su totalidad o cualquiera de sus partes, no debe ser considerado como una publicación, incluso a pesar de estar disponible sin restricciones a través de un repositorio institucional. Esta declaración se alinea con las prácticas y recomendaciones presentadas por el Committee on Publication Ethics COPE descritas por Barbour et al. (2017) Discussion document on best practice for issues around theses publishing, disponible en <http://bit.ly/COPETHeses>.

## **UNPUBLISHED DOCUMENT**

**Note:** The following graduation project is available through Universidad San Francisco de Quito USFQ institutional repository. Nonetheless, this project – in whole or in part – should not be considered a publication. This statement follows the recommendations presented by the Committee on Publication Ethics COPE described by Barbour et al. (2017) Discussion document on best practice for issues around theses publishing available on <http://bit.ly/COPETHeses>.

## **DEDICATORIA**

*Mi tesis la dedico con todo mi amor y cariño a Dios que es el pilar fundamental en mi vida, a mis padres por ser el apoyo fundamental en la formación como persona y profesional, por nunca dudar en mi capacidad de lograr culminar mi especialidad, a mi esposo Luis y mis hijos, por su paciencia y amor brindado, por siempre estar presente a mi lado en todo momento de mi vida, ellos son y serán mi fuente de inspiración para culminar exitosamente esta etapa académica. Finalmente, gracias por el apoyo infinito a todos mis familiares y amigos quienes de alguna u otra manera contribuyeron en mi formación.*

## **AGRADECIMIENTOS**

*A todos mis docentes quienes me brindaron su tiempo en la enseñanza clínica, así como su conocimiento académico y contribuyeron en mi formación educativa. De igual forma, a la Dra. Nancy Mena por la asesoría y contribución en el proceso de trabajo de investigación.*

## 1 RESUMEN

El objetivo del estudio fue comparar la resistencia a la fractura de materiales provisionales obtenidos mediante métodos directo (resina bis-acrílica), aditivo (impresión 3D) y sustractivo (fresado), utilizados para la elaboración de restauraciones temporales. Materiales y métodos: Se utilizaron 30 muestras distribuidas en 3 grupos (10 cada uno), grupo 1 directo (resina bis-acrílica, LuxaCrown- DMG), grupo 2 aditivo (Resina microhíbrida fotopolimerizable PriZma 3D Bio), y grupo 3 sustractivo (PMMA VipiBlock- TRILUX). Las muestras fueron elaboradas de acuerdo con la norma ISO 20795-1:2013 (64 x 10 x 3mm) (1) y sometidas a termociclado con 20.000 ciclos a una temperatura de 5 C y 55 C. La resistencia a la fractura fue determinada por medio de una máquina de prueba universal. Resultados: Los distintos valores de interés fueron:  $141,77 \pm 21,9\text{N}$  para el grupo 1 directo;  $130,14 \pm 6,29\text{N}$  para el grupo 2 aditivo,  $151,87 \pm 7,82\text{N}$  para el grupo 3 sustractivo. Conclusión: Se evidenció que los materiales para restauraciones provisionales del grupo 3 sustractivo mostraron una mayor resistencia a la fractura en comparación al grupo 1 y 2.

**PALABRAS CLAVE:** Resistencia a la fractura, restauraciones provisionales, resina bis-acrílica, CAD/CAM, prototipado rápido.

## 2 ABSTRACT

The objective of the study was to compare the fracture resistance of provisional materials obtained by the direct method (bis-acryl), additive (3D printing) and subtractive (milling), used for the elaboration of temporary restorations. Materials and methods: 30 samples distributed in 3 groups (10 each group), group 1 direct (bis-acryl resin, LuxaCrown- DMG), group 2 additive (PriZma 3D Bio photomerizable microhybrid resin), and group 3 subtractive (PMMA. VipiBlock-TRILUX). Samples were prepared according to ISO 20795-1:2013 (64 x 10 x 3mm) (1) and subjected to thermocycler by 20.000 cycles at a temperature of 5°C and 55°C. Fracture resistance was determined by a universal test machine. Results: The different interest value were: 141, 77 ±21,9N for group 1 direct; 130, 14 ±6,29N for group 2 additive, 151, 87 ± 7,82N for group 3 subtractive. Conclusion: It was evidenced that the materials for provisional restorations of subtractive group 3 showed a greater resistance to fracture compared to group 1 and 2.

**KEY WORDS:** Flexural strength, provisional materials, bis-acryl resin, CAD/CAM, rapid prototyping.



### 3 TABLA DE CONTENIDO

1	RESUMEN.....	7
2	ABSTRACT.....	8
3	TABLA DE CONTENIDO.....	9
4	ÍNDICE DE TABLAS.....	12
5	ÍNDICE DE FIGURAS.....	13
6	INTRODUCCIÓN.....	14
7	JUSTIFICACIÓN.....	18
8	OBJETIVOS.....	20
8.1	Objetivo general.....	20
8.2	Objetivos específicos.....	20
9	REVISIÓN DE LA LITERATURA.....	21
9.1	Perspectiva histórica de la odontología restauradora.....	21
9.2	Restauraciones provisionales.....	21
9.3	Funciones de la restauración provisional.....	22
9.4	Tipos de restauraciones provisionales.....	24
9.4.1	Restauraciones provisionales directas.....	24
9.4.2	Restauraciones provisionales indirectas.....	26
9.4.3	Restauraciones provisionales de acuerdo con la duración de uso.....	26
9.5	Materiales de restauración provisional.....	27
9.5.1	Tipos de materiales.....	27
9.5.2	Resina bis-acrítica.....	28
9.5.2.1	LuxaCrown.....	28

9.5.3	Resinas acrílicas .....	29
9.5.3.1	El polimetilmetacrilato (PMMA).....	30
9.5.3.2	El polietilmetacrilato (PEMA) .....	31
9.6	Elaboración de provisionales .....	32
9.6.1	Provisionales mediante la técnica directa.....	32
9.6.2	Provisionales mediante la técnica indirecta.....	34
9.6.2.1	Técnica indirecta convencional.....	34
9.6.2.2	Técnica indirecta CAD/CAM.....	36
9.6.2.3	Provisionales mediante la técnica aditiva.....	39
9.6.2.4	Impresión 3D.....	39
9.6.2.5	Provisionales mediante la técnica sustractiva. ....	40
9.6.3	Provisionales mediante la técnica híbrida indirecta-directa. ....	41
9.7	Propiedades mecánicas de los materiales provisionales. ....	45
9.7.1	Resistencia flexural.....	45
9.7.2	Resistencia flexural en resinas acrílicas .....	46
9.7.3	Resistencia flexural en resinas bis-acrílicas .....	46
10	HIPÓTESIS .....	47
11	METODOLOGÍA .....	48
11.1	Diseño de la investigación.....	48
11.2	Materiales .....	48
11.3	Población de la muestra.....	49
11.4	Selección y tamaño de la muestra. ....	50
11.5	Criterios de inclusión y exclusión .....	51
11.6	Grupos de estudio.....	52
11.7	Proceso de termociclado.....	56

11.8	Test de flexión:.....	56
11.9	Análisis estadístico.....	58
12	RESULTADOS.....	59
12.1	Análisis descriptivo.....	59
12.2	Análisis inferencial.....	61
13	DISCUSIÓN.....	65
14	CONCLUSIONES .....	70
15	BIBLIOGRAFÍA.....	71
16	ANEXOS.....	81

#### 4 ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1.....	50
Tabla 2.....	59
Tabla 3.....	60
Tabla 4.....	62
Tabla 5.....	62
Tabla 6.....	63

## 5 ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1.....	25
Figura 2.....	35
Figura 3.....	38
Figura 4.....	43
Figura 5.....	44
Figura 6.....	51
Figura 7.....	53
Figura 8.....	54
Figura 9.....	55
Figura 10.....	56
Figura 11.....	57
Figura 12.....	57
Figura 13.....	61
Figura 14.....	64

## 6 INTRODUCCIÓN

Una restauración provisional, comúnmente conocida como restauración temporal o interina, se la define según el glosario de términos prostodónticos 2017, como “una prótesis dental fija o extraíble, diseñada para mejorar la estética, la estabilización y/o función durante un tiempo limitado, después de lo cual debe ser sustituido por una prótesis dental definitiva”. (2) El provisional es parte esencial de una restauración indirecta, colocado después de preparar los dientes para coronas unitarias o puentes convencionales, y debe permanecer in situ hasta la entrega de la restauración final. (3) La importancia de las restauraciones provisionales de gran calidad se vuelve indispensable ya que permite al clínico mantener la estabilidad durante el tratamiento de casos complejos y proporcionan el tiempo necesario para llevar a cabo procedimientos personalizados para cada individuo (4)

Wassell y colaboradores enfatizaron la importancia de una restauración temporal bien elaborada que sea estética, cómoda, estable y que sea confeccionada con materiales que cumplan con características y requisitos ideales para una restauración interina, como son biocompatibilidad, resistencia a la fractura, resistencia a la flexión y compresión, buen acabado y pulido, mínima reacción exotérmica, óptima adaptación, estéticamente agradable, entre otras, ya que es una etapa de valoración de tejidos dentales, adyacentes y aceptación por parte del paciente, para finalmente obtener una restauración exitosa. (5) A diferencia de un provisional defectuoso que puede generar complicaciones al tratamiento, las restauraciones temporales de excelente calidad proveen: 1. Protección pulpar, pues protegen la dentina expuesta y el diente preparado de la sensibilidad y la acumulación de placa. 2. Oclusión y

estabilidad posicional, ya que permiten mantener contactos oclusales y proximales óptimos evitando el movimiento no deseado, así como la evaluación del paralelismo de los pilares. 3. Salud periodontal, puesto que mantener un perfil de emergencia con márgenes precisos y limpios es indispensable para preservar y/o mejorar la salud gingival. 4. Estética, dado que imita al diente original o al de una restauración definitiva ideal. 5. Criterio diagnóstico, pues ayuda a evaluar el resultado de los cambios estéticos y oclusales con el paciente, además de permitir la comunicación con el laboratorio hasta obtener el resultado planificado. 6. Otros, adicionalmente los provisionales se pueden utilizar para ayudar a calibrar la reducción dental y evaluar el pronóstico. (3)

Existe una variedad de materiales y técnicas disponibles para satisfacer las necesidades individuales del clínico, dependiendo del caso, desde una sola unidad hasta una prótesis fija provisional de largo tramo. (6) Los dos grupos principales de materiales utilizados son 1. Los metacrilatos, siendo el más común, el polimetilmetacrilato (PMMA) convencional directo (monómero / polímero) y el PMMA CAD/CAM elaborado industrialmente, y 2. Las resinas compuestas, representadas por la resina bis-acrítica. (7) En el caso de los provisionales realizados en PMMA CAD CAM, tienen muchas ventajas, en términos de resistencia, estética, estabilidad de color, ajuste marginal, y se pueden fabricar, pulir y reparar fácilmente. (8) . Mientras que, las técnicas utilizadas son: 1. Técnica directa, realizada en diente preparado; 2. Técnica indirecta, realizada en laboratorio, y 3. Técnica híbrida, indirecta/directa, que se realiza en el laboratorio y se ajusta en el diente preparado. La desventaja del método directo es el daño que se puede causar en los tejidos vitales debido al monómero libre, la alta reacción exotérmica y contracción durante la

polimerización. (6). Por el contrario, con el método indirecto se disminuye los riesgos de daño pulpar y periodontal, es posible realizarlo a través de un enfoque sustractivo o aditivo mediante la tecnología CAD/CAM. (9) (10) La fabricación sustractiva consiste en el fresado tridimensional (3D) de la restauración dental a partir de un material tipo bloque o disco monolítico, con una máquina controlada por el ordenador CAM. Mientras que, la fabricación aditiva, también conocida como impresión 3D, se utiliza para fabricar objetos 3D en múltiples capas hasta que el objeto sea completado. (10) La aplicación clínica de restauraciones provisionales fresados e impresas en 3D está aumentando debido a la expansión de los escáneres intraorales, el software de diseño asistido por computadora (CAD), el maquinado asistido por computador (CAM), la velocidad de impresión 3D mejorada, permitiendo realizar restauraciones en una sola cita. (11)

Actualmente no existe un único material que cumpla los estándares idóneos para todos los casos, sin embargo, hay materiales que se han utilizado con éxito, se trata de resinas de polimetilmetacrilato (PMMA) CAD/CAM. (12) Sin lugar a duda ante la presencia de muchos materiales debemos ser conscientes del comportamiento de cada material en el ambiente oral, ya que, en casos complejos, el tratamiento provisional suele estar destinado a funcionar durante tiempo prolongado o en espacios edéntulos de largo tramo, ya que puede producirse deformación o fractura durante la función masticatoria. (13) En tal virtud es importante conocer las diferentes características de los materiales provisionales de interés, tales como su método de polimerización, composición química y técnica de fabricación, (14) (15) además de las propiedades mecánicas clínicamente significativas como la resistencia a la flexión o resistencia a la fractura definida como la fuerza por unidad de área en



el momento de la fractura en una muestra de ensayo. De esa manera materiales temporales como el PMMA CAD/CAM han sido usados con éxito debido a que se prepolimerizan industrialmente y se almacena hasta su uso, presentan mayor resistencia a la fractura y una dureza superficial significativamente alta en comparación con el grupo convencional como la resina bis-acrónica. (16) (17) Sin embargo, resinas bis-acrónicas como LuxaCrown (DMG) ofrecen una adecuada resistencia al desgaste, considerado como un material semipermanente de autocurado que, de acuerdo con el fabricante, permite realizar restauraciones provisionales estéticas, resistentes y duraderas hasta 5 años, (DMG). (18) (19) (20)

La resistencia a la fractura de los distintos materiales provisionales definida como la capacidad de un material de resistir ante una carga o fuerza realizada de manera constante hasta que se produzca la fractura, es importante estudiarla especialmente cuando el paciente necesita utilizar una restauración provisional durante un período prolongado o cuando se planifican prótesis de larga duración, así como provisionales de largo tramo (15) (12). Es por ello que, un requisito previo para la elaboración de estas restauraciones es la resistencia a la fractura y que hasta el momento pocos estudios han evaluado esta propiedad de distintos materiales provisionales obtenidos mediante el método directo, aditivo y sustractivo. Por lo tanto, el objetivo del presente estudio *in vitro* fue comparar la resistencia a la fractura de materiales provisionales obtenidos mediante el método directo, aditivo y sustractivo. La hipótesis nula fue que los diferentes materiales provisionales, así como el método de elaboración no influyen en la propiedad de resistencia a la fractura.

## 7 JUSTIFICACIÓN

La importancia de proporcionar un tratamiento provisional con restauraciones temporales se vuelve crítica sobre todo en los casos de rehabilitación completa en los que se preparan múltiples piezas dentarias. Clínicamente la restauración provisional en este caso es necesario su utilización durante varios días o incluso varios meses. (21) En este tipo de situaciones clínicas entender las propiedades mecánicas es indispensable para poder obtener un material óptimo, así como una técnica adecuada para la elaboración de provisionales a largo plazo. (15)

La resistencia a la flexión o resistencia a la fractura de los materiales provisionales es una de las propiedades mecánicas de relevancia clínica importante, especialmente cuando el paciente requiere utilizar la restauración provisional durante un período prolongado, o en casos de paciente con hábitos parafuncionales o cuando se planifican prótesis de larga duración. Pocos estudios realizados hasta la actualidad sobre la resistencia a la flexión de materiales provisionales han realizado la comparación de diferentes materiales provisionales con la finalidad de obtener cual es la mejor opción de uso clínico. (15)

Actualmente existen varios materiales disponibles para la fabricación de restauraciones provisionales, como resinas de polimetilmetacrilato (PMMA), resinas de polietilmetacrilato (PEMA) y resinas compuestas bis-acrílicas. (7) Así mismo, la evolución de la tecnología CAD/CAM ha permitido obtener provisionales a partir del método sustractivo y aditivo (10) Los bloques de polímeros CAD/CAM PMMA como material indirecto se ha determinado en estudio, que presenta mayor resistencia

a la fractura en comparación con el grupo convencional como las resinas bis-acrílicas. No existe un material provisional que cumpla con todos los estándares necesarios para todas las situaciones clínicas. Es por ello por lo que, ante la presencia de muchos materiales disponibles en el mercado es necesario seguir realizando investigaciones debido a la escasez bibliográfica sobre la determinación de las propiedades de los materiales provisionales elaborados mediante distintos métodos. Por lo mencionado, el presente estudio se realizará para comparar la resistencia a la fractura de materiales provisionales obtenidos mediante el método directo, aditivo y sustractivo. Se analizará que tipo de material y método presentará mayor resistencia a la fractura después de ser sometido a un proceso de envejecimiento artificial (20.000 ciclos) y de esa forma poder obtener el mejor material para ser utilizada en la práctica clínica como una opción para la fabricación de restauraciones provisionales a largo plazo hasta dos años.

## **8 OBJETIVOS**

### **8.1 Objetivo General**

Comparar la resistencia a la fractura de materiales provisionales obtenidos mediante métodos directo, aditivo y sustractivo, sometidos a pruebas de flexión después de dos años de envejecimiento.

### **8.2 Objetivos Específicos.**

- 1 Determinar si los diferentes materiales como: la resina bis-acrítica (LuxaCrown- DMG), resina microhíbrida (PriZma 3D Bio Prov – Provisional) y PMMA (VipiBlock-TRILUX), así como los métodos de elaboración directo, aditivo y sustractivo influyen en la resistencia a la fractura de las restauraciones provisionales.
- 2 Evaluar si la resistencia a la fractura de la resina bis-acrítica LuxaCrown obtenido mediante el método directo puede ser usado a largo plazo, considerado como un nuevo material alternativo de uso clínico de larga duración hasta 5 años según el fabricante.

## **9 REVISIÓN DE LA LITERATURA**

### **9.1 Perspectiva histórica de la odontología restauradora.**

En el siglo XVIII (1678-1761) un trabajo impulsado por el pionero Pierre Fauchard, desarrolló la odontología como una disciplina separada, facilitando el tratamiento especializado de las deficiencias dentales tanto funcionales como estéticas. Los materiales que reemplazaban los dientes y las técnicas de fabricación de prótesis removibles parciales y completas fueron avanzando constantemente. Es así que, en el año de 1886 Charles Land introdujo tratamientos como; prótesis fija, coronas, incrustaciones y todo tipo de restauraciones indirectas, convirtiéndose como material preferido la cerámica. Así históricamente, se ha ido utilizado una gran variedad de materiales que con el paso del tiempo se han proporcionado una combinación favorable de materiales tanto estéticos como durables. (22)

### **9.2 Restauraciones Provisionales.**

La restauración provisional se la define como una restauración fija diseñada para mejorar la estabilidad, la función y la estética, durante un tiempo limitado, después de la cual debe ser reemplazado por una restauración definitiva. (2). Estas restauraciones provisionales generalmente se fabrican a partir de acrílicos. Los polímeros acrílicos tienen una amplia variedad de aplicaciones en la odontología restaurativa como:

- Bases para dentaduras.
- Dientes artificiales.
- Materiales de reparación de dentaduras.
- Cubetas para impresión.

- Restauraciones provisionales
- Y aparatos maxilofaciales para defectos esqueléticos. (23)

Las restauraciones provisionales son consideradas como una herramienta para el diagnóstico estético y funcional en odontología. Ha permitido al odontólogo manejar con éxito esta etapa intermedia durante el tiempo entre la preparación del diente y la colocación de la restauración definitiva, logrando la previsibilidad necesaria para una restauración final exitosa. (8)

### **9.3 Funciones de la restauración provisional.**

El tratamiento provisional también puede proporcionar una herramienta importante para el manejo psicológico de los pacientes donde se puede identificar un entendimiento mutuo del tratamiento. Satisfacer la demanda funcional y estética es uno de los aspectos más importantes de hacer una restauración provisional, capaz de cumplir con este requisito. Algunos clínicos no dan suficiente tiempo y esfuerzo para construir una prótesis temporal ya que la consideran meramente temporal y van directamente a la cementación de la prótesis final. Este procedimiento sólo conducirá a una restauración que no ha cumplido con el requisito básico de satisfacer las demandas estéticas y funcionales de los pacientes. (24) Es por ello por lo que es imprescindible que las restauraciones provisionales cumplan con las siguientes funciones:

- ***Confort/Vitalidad dental:*** Con la preparación de la pieza dental las restauraciones provisionales son generalmente esenciales para cubrir la dentina recién tallada y así prevenir la sensibilidad, protegen el tejido periodontal, evita la acumulación de placa bacteriana, y la posterior caries,

así como la patología pulpar. Cabe mencionar que la dentina cortada y la pulpa asociada pueden estar protegidas de irritantes salivales, térmicos y químicos. (25)

- ***Oclusión y estabilidad posicional:*** La restauración provisional permite prevenir el movimiento no deseado de los dientes mediante el mantenimiento de contactos oclusales y proximales. Los contactos interproximales necesitan ser mantenidos para evitar la acumulación de alimentos. Además, el uso de las restauraciones provisionales permite realizar cambios oclusales, cambios en la dimensión vertical, así como cambios en movimientos de lateralidad para evitar interferencias de trabajo y no trabajo. (25)
- ***Salud y contorno gingival:*** Para facilitar la higiene bucal y prevenir la inflamación o hiperplasia (crecimiento excesivo) gingival, las restauraciones provisionales requieren márgenes precisos y contorno bien pulido que sea de fácil limpieza. (25)
- ***Estética:*** Para proporcionar apariencias provisionales adecuadas, las restauraciones provisionales deben imitar a las restauraciones finales previstas. Los cambios propuestos en la forma de los dientes anteriores se prueban con restauraciones provisionales para asegurar la aceptación del paciente. Una vez aceptado se registra una copia para que el técnico pueda simular la forma de la restauración definitiva, guiando así al técnico dental y evitando sorpresas estéticas en el resultado final. (25)
- ***Usos diagnósticos:*** Antes de realizar la restauración final puede ser aconsejable determinar el pronóstico de la pulpa y el periodonto del diente preparado. El dentista puede evaluar el esquema oclusal, carga axial y función

lateral, antes de completar las restauraciones finales. Por lo tanto, tiene tiempo entre las citas para considerar posibles opciones. (25)

#### **9.4 Tipos de restauraciones provisionales.**

Las restauraciones provisionales pueden clasificarse según los siguientes métodos:

##### **9.4.1 Restauraciones provisionales directas.**

Las restauraciones provisionales directas son elaboradas comúnmente de acuerdo con las siguientes categorías:

- ***Acrílico en polvo/líquido:*** El provisional se elabora para reproducir los contornos originales del diente. Se hace una impresión del diente preparado y se vierte un modelo. El diente preparado sobre el modelo se encera se establece una guía para reproducir los contornos originales. (25)

El material utilizado dentro del método directo es el polietilmetacrilato (PEMA) es un monómero de acrilato monofuncional. La mayoría de las restauraciones provisionales basadas en PEMA contiene el monómero de metacrilato de isobutilo (IBMA) o n-butilo de metacrilato (nBMA) ejemplo (Snap y Trim). Tienen aplicaciones directas ya que tienen menos contracción de polimerización, producen menos reacción exotérmica y mejor biocompatibilidad en comparación con PMMA. (3) Sin embargo, debido a que las resinas PEMA son mecánicamente más débiles y con menos estabilidad de color que el PMMA, su uso se limita a la fabricación de prótesis interinas posteriores, en tratamiento provisional a corto plazo. (8)



- **Coronas preformadas:** Son coronas prefabricadas disponibles comercialmente en varios tamaños. El operador puede elegir el tamaño y el material que mejor se adapte al paciente. (25) Pueden fabricarse de policarbonato (figura 1) y de acetato de celulosa transparente para rellenar con un material temporal de color dentado. Vienen en diferentes formas y requieren un ajuste marginal, oclusal e interno para adaptarse al diente preparado. El uso de estas coronas preformadas requiere una amplia gama de stock (tipo de diente, cuadrante y tamaños de cada uno), que puede tener un costo financiero significativo inicialmente considerándolo como una desventaja. (3)



**Figura 1. A:** Coronas de Policarbonato.

- **Resina bis-acrítica:** Los materiales compuestos de resina bis-acrítica es otro de los materiales utilizados para la elaboración de restauraciones directas. Materiales como Protemp™ Garant 4 (3M ESPE), Luxatemp™ (DMG, Alemania) y Cool Temp (Coltene, Suiza) proporcionan una buena estética, vienen en una gama de tonos y han reducido el calor y la

contracción en la polimerización. La desventaja es su alto costo y la facilidad de decolorarse con ciertos alimentos y bebidas. (3)

#### **9.4.2 Restauraciones provisionales indirectas.**

Las restauraciones provisionales indirectas son elaboradas comúnmente bajo las siguientes categorías:

- ***El polimetacrilato de metilo (PMMA):*** Es un acrílico de autocurado o curado térmico. Es un material que se utiliza principalmente en la fabricación de restauraciones provisionales indirectas en el laboratorio. Tiene buena estética y resistencia, pero la contracción de polimerización es alta, es altamente exotérmica en el ajuste y libera monómero libre. Esto puede comprometer los márgenes preparados y provocar daños pulpares si se utiliza de manera directa. (3)

#### **9.4.3 Restauraciones provisionales de acuerdo con la duración de uso.**

- ***Restauración provisional a corto plazo:*** Estos se utilizan cuando la prótesis se va a utilizar durante un máximo de 2 semanas. Son resinas hechas a medida o disponibles como coronas preformadas. (25)
- ***Restauración provisional a largo plazo:*** Para su uso de más de 2 semanas a varios meses. Anteriormente se usaban coronas hechos de metal fundido, actualmente se recomienda el uso de restauraciones provisionales en base a materiales como el PMMA CAD/CAM, así como la resina bis-acrítica indicada para una duración a largo plazo. (25)

## **9.5 Materiales de Restauración Provisional.**

Las restauraciones protésicas provisionales se obtienen a partir de diferentes tipos de materiales dentales, entre los convencionales tenemos los basados en monometacrilatos y dimetacrilatos, así como los modernos, que se obtienen mediante una tecnología sustractiva (bloque o disco PMMA fresado) o mediante una tecnología aditiva (resinas impresas en 3D). (26)

Los materiales de restauración provisional convencional se dividen en dos grupos según su composición química: aquellas a base de monometacrilatos o resinas acrílicas, que incluyen polimetacrilato de metilo (PMMA) y metacrilato de polietilo/butilo (PEMA); y los basados en dimetacrilatos o resinas bis-acrílicas/composite, como el bisfenol A-dimetacrilato de glicidilo (Bis-GMA) y dimetacrilato de uretano (UDMA; estas resinas son polimerizadas por la luz). (8) (27)

### **9.5.1 Tipos de materiales.**

Los diversos materiales para restauraciones provisionales son:

- Acetato de celulosa
- Policarbonato
- PMMA resina químicamente activada
- PEMA.
- Resina bis-acrílica
- Composite de BisGMA
- UDMA resinas fotocuradas (25)

### 9.5.2 Resina bis-acrítica

La resina compuesta bis-acrítica o resina de dimetacrilato, están compuestos por una matriz de polímero, rellenos inorgánicos y agentes de unión, poseen diferentes características de dureza y actualmente son materiales ampliamente usados para restauraciones provisionales. (28) (29) Tiene buenas propiedades físicas, mecánicas y térmicas en comparación con el PMMA directo, tales como biocompatibilidad, excelente estética, antibacterianas y características no tóxicas. (30) Dentro de las ventajas de usar este tipo de material es su baja capacidad exotérmica, contracción de polimerización mínima, alta viscosidad, mejor tenacidad a la fractura, sistema de uso a base de cartucho, la contracción mínima permite realizar un buen ajuste y una mayor facilidad de pulido (31) (27) (28). Dentro de las desventajas es el precio alto en comparación con otros materiales además que puede llegar a fracturarse cuando se coloca en áreas de estrés moderado y en ese caso estos materiales son difíciles de reparar. (31)

De manera general en estudios realizados se ha demostrado que las resinas bis-acríticas tienen el módulo de ruptura y el módulo elástico de flexión alto. Pero en comparación con las resinas PMMA han demostrado tener una resistencia a la flexión baja. Es así como en comparación con el PMMA la resina bis-acrítica parece ser más frágil que el PMMA y, por lo tanto, más propenso a la fractura en aplicaciones de dentadura parcial fija de largo tramo. (32)

#### 9.5.2.1 LuxaCrown

LuxaCrown resina dimetacrilato o bis-acrítica autopolimerizable constituido por relleno orgánico e inorgánico y matriz de acrilatos multifuncionales. (19) Material

semipermanente indicado para coronas y puentes. Permite realizar provisionales estéticas, resistente a la fractura de 110 MPa a 154Mpa, (33) (34) y duradero hasta 5 años, según DMG. Las restauraciones realizadas con LuxaCrown permiten a los pacientes disfrutar del beneficio inmediato de la función, la apariencia adecuada, salud dental hasta que se pueda realizar el tratamiento definitivo. Tiene un tiempo de trabajo de 2 minutos con 20 segundos y un tiempo de polimerización final de 5 minutos. Clínicamente es de fácil ajuste, es un material libre de burbujas, fácil de agregar o dispensar con una punta de mezcla automática. En cuanto a la estética y eficiencia presenta una fluorescencia natural y alta estabilidad de sombra disponible en 5 tonos (A1, A2, A3, A3.5, B1) indicada mayormente para el sector anterior donde la estética es importante ya que el color se asemeja a los dientes naturales. (35)

Se recomienda especialmente si es necesaria una observación a largo plazo del tratamiento. Es por ello por lo que funciona muy bien para cualquier situación en la que los pacientes necesitan una restauración que dure unos años antes de pasar a soluciones más permanentes. LuxaCrown tiene una fuerza de flexión que es significativamente mayor que otra resina bis-acrítica de menor duración. Permite corregir la dimensión vertical, también puede ser usada como coronas para dientes primarios, en casos de terapia post-endodóntica, así como provisionales usadas para coronas de implantes e incluso en el tratamiento de pacientes que sufren de bulimia y bruxismo crónico. (36)

### **9.5.3 Resinas acrílicas**

Las resinas acrílicas se obtienen por polimerización de monómeros acrílicos, principalmente ácido acrílico y ésteres acrílicos o metacrílicos. La mezcla comonomeros se optimiza para obtener copolímeros con particular característica.

Químicamente se originan a partir de composites bien definidos (polímeros) que, con la intervención de catalizadores adecuados (monómeros) dan lugar a la reacción química denominada polimerización. (37) Dentro de las resinas acrílicas tenemos polimetilmetacrilato (PMMA) y polietilo/butilo de metacrilato (PEMA).

### **9.5.3.1 El polimetilmetacrilato (PMMA)**

El polimetilmetacrilato es una resina acrílica que se la obtiene por polimerización del metacrilato de metilo, el metacrilato de metilo es el éster metílico del ácido metacrílico. (37)

El PMMA se ha utilizado durante varias décadas debido a su biocompatibilidad y excelente apariencia estética. Sin embargo, este producto polimérico no muestra una resistencia mecánica óptima o pueden inducir reacciones inflamatorias. Puede presentarse fracturas causadas principalmente por la baja resistencia a la flexión del PMMA convencional directo, ya sea por desgaste, caída accidental o producidas por la masticación debido a fuerzas funcionales. (38) Es importante conocer la proporción adecuada entre el polímero (polvo) y el monómero (líquido) para obtener un provisional apropiado. La proporción correcta entre el polímero y monómero es de tres partes a una por volumen respectivamente. En caso de un alto porcentaje de polímero tiende a disminuir el tiempo de reacción y una mayor predisposición de contraerse durante la polimerización; por otro lado, es aconsejable utilizar una cantidad adecuada de monómero para que la unión de estos dos componentes químicos obtenga una consistencia adecuada y por consiguiente se consiga adecuadas propiedades mecánicas. Cabe mencionar que las proporciones polímero-monómero pueden variar según el tamaño de las partículas del polímero. (37) Dentro de las ventajas de este producto son: alta resistencia, estabilidad del color relativamente

buena durante pocas semanas, puede ser alisado y pulido, se puede caracterizar, es de bajo costo y permite reparar fácilmente. Dentro de las desventajas es su alta temperatura exotérmica, contracción relativamente alta, su temperatura alta generada durante el ajuste de PMMA puede ser traumática para la pulpa dental si no se disipa con agua fría y aire durante la etapa de polimerización. (31)

Actualmente el PMMA también puede ser usado a través de la tecnología CAD/CAM mediante un bloque o disco prefabricado, que se presenta en forma altamente reticulada, permitiendo la elaboración de restauraciones provisionales mediante un proceso CAM de fresado. Estas restauraciones han demostrado mejores propiedades mecánicas en cuanto a la resistencia a la flexión, módulo de flexión y por consecuencia una mejor durabilidad en comparación con las restauraciones de PMMA convencional. Otra de las ventajas es que inhibe la acumulación de placa bacteriana sobre la superficie, además están indicadas en situaciones clínicas a largo plazo. (39)

El PMMA CAD/CAM es prepolimerizado y almacenado hasta su uso, por lo tanto, tienen diferentes propiedades mecánicas en comparación al PMMA convencional ya que mejora la estabilidad mecánica debido a la porosidad y a la contracción de la polimerización del PMMA convencional, además presenta una estructura altamente reticulada, disminuye la liberación de monómeros residuales, mejora la estabilidad de color y se pueden fabricar en un periodo de tiempo corto mejorando la comodidad del paciente. (40)

#### **9.5.3.2 El polietilmetacrilato (PEMA)**

También llamado como metacrilato de polietilo (PEMA) o polietil metacrilato es una resina de monometacrilato, presenta menor generación de calor exotérmico en comparación con el PMMA que puede potencialmente comprometer la salud pulpar

del calor generado durante la polimerización. (27) Dentro de las ventajas presenta una reacción exotérmica inferior al PMMA, pero superior a la resina bis-acrífica, presenta una resistencia moderada, puede alisarse y pulirse, puede caracterizarse, es de bajo costo y es fácilmente reparable. En cuanto a las desventajas es su decoloración durante un período de dos semanas por lo que carece de estabilidad de color, el olor del material es desagradable para los pacientes y es más débil que el PMMA. (31)

## **9.6 Elaboración de provisionales**

### **9.6.1 Provisionales mediante la técnica directa.**

En la técnica directa se elimina todos los procedimientos de laboratorio, esto es conveniente cuando las instalaciones de laboratorio de oficina son inadecuadas para producir eficientemente una restauración indirecta. Sin embargo, la técnica directa tiene desventajas significativas como el posible trauma tisular por la resina polimerizada y el ajuste marginal inherentemente más pobre en comparación a la técnica indirecta. (6)

La técnica directa implica el uso de un molde o matriz que se relaciona de manera intraoral con los dientes preparados. La matriz debe estar hecha de un modelo diagnóstico preoperatorio o de un encerado diagnóstico. Después de la preparación del diente, la matriz debe ser colocada en la boca del paciente. Para ello los dientes previamente preparados deben ser lavados, secados suavemente (no desecados) y lubricados con vaselina o glicerina. El material provisional seleccionado se mezcla de acuerdo con las instrucciones del fabricante y se coloca en la matriz; se tiene cuidado de no incorporar burbujas de aire. La matriz con el material restaurador provisional se coloca sobre los dientes preparados y se deja polimerizar. En este punto, se debe prestar especial atención a los tiempos de trabajo y ajuste del material que se



utiliza para minimizar la acumulación de calor debido a la reacción exotérmica y evitar que la restauración quede bloqueada o retenida sobre la preparación. El uso de la jeringa de agua y de aire puede ayudar a la disipación del calor generado para evitar el daño pulpar o el bloqueo de la restauración provisional en la preparación. Esta técnica es problemática con las resinas PMMA convencionales debido a su contracción de polimerización. Es más apropiado para las resinas bis-acrílicas, que tienen menos contracción de polimerización en comparación con PMMA directo. (6)

La ventaja de la técnica directa es que, es el uso más eficiente en cuanto al tiempo y no requiere de laboratorio. (6) La desventaja es que la dentina recién cortada y los tejidos pulpares vitales están expuestos al calor generado durante la reacción de polimerización exotérmica y al monómero libre u otras sustancias químicas irritantes presentes en la restauración provisional no polimerizada. La técnica directa es muy adecuada para coronas individuales y dentaduras parciales fijas de corto alcance (hasta tres unidades). (32)

Una de las técnicas alternativas es la técnica de bloque de resina acrílica para restauración provisional directa es un método útil, aunque poco empleado. Proporciona un medio de fabricar la restauración provisional sin el uso de modelo de diagnóstico y costos de procesamiento de laboratorio. La técnica requiere el conocimiento de la anatomía dental, paciencia y los rasgos artísticos del odontólogo. El procedimiento para esta técnica requiere de la mezcla de la resina acrílica, se espera hasta obtener la fase elástica para la colocación en boca y previamente que las preparaciones y los dientes contiguos estén debidamente aislados, debe ser colocado en boca del paciente el mismo que es guiado para el cierre en relación oclusal. El registro de resina acrílica se retira y se coloca varias veces durante el proceso de

curado para minimizar el efecto del calor exotérmico en los pilares. Después de la polimerización, la superficie oclusal del provisional se analiza para el diseño anatómico y se puede marcar con lápiz para la ubicación de la cúspide y el ancho buco-lingual y facilitar el tallado de la forma de la corona provisional. (6)

## **9.6.2 Provisionales mediante la técnica indirecta**

### **9.6.2.1 Técnica indirecta convencional.**

La técnica indirecta convencional implica la fabricación de la restauración temporal fuera de la boca, en este caso los provisionales son elaborados de manera analógica en un modelo de yeso. Este método está diseñado para ser utilizado en múltiples preparaciones (tres o más) o en prótesis fijas complejas con múltiples pósticos donde la reacción exotérmica no puede ser controlada fácilmente dentro de la cavidad bucal. (4)

Esta técnica consiste primeramente en la toma de impresión con hidrocoloide irreversible, silicona de adición, previamente que las piezas dentales hayan sido preparadas. Después la impresión debe ser vertido con yeso tipo IV o V, a continuación, una matriz hecha directamente en los dientes antes de la preparación o en un modelo encerado, se utiliza para fabricar los temporales fuera de la boca, la matriz debe ser ajustada hasta que se logre el asiento correcto en el modelo de yeso. Seguidamente se precede a la colocación de un medio aislante o de separación (vaselina o sustituto de papel de aluminio) se aplica a los dientes preparados, dientes adyacentes y tejidos en el modelo. Inmediatamente el material provisional deseado se mezcla según las instrucciones del fabricante y se carga cuidadosamente en la matriz. Posteriormente, se procede a la colocación sobre el modelo hasta que se logre un asentamiento completo de la matriz. Es recomendable la colocación del conjunto

modelo/ matriz en agua tibia en un recipiente para aumentar la densidad y optimizar las propiedades físicas de la restauración completamente polimerizada. (32) A continuación, los provisionales suelen pasar por el proceso de recorte y finalmente de acabado y pulido para proceder a cementar en las piezas dentales preparadas (figura 2). (4)



**Figura 2.** **A:** Impresión de piezas dentales preparadas. **B:** Provisionales realizados en el modelo de yeso. **C:** Provisionales terminados.

Esta técnica tiene varias ventajas sobre la técnica directa, uno de ellos es el problema asociado a la reacción exotérmica y contracción, en la técnica indirecta no están expuestos a la reacción de polimerización u otros irritantes químicos, además se elimina la necesidad de rebasado intraoral en caso de un inadecuado ajuste marginal,

también permite al paciente relajarse mientras los provisionales se elaboran de forma extraoral. (4) La principal desventaja es que se requiere una impresión intermedia para fabricar la restauración provisional, lo que resulta en un aumento de tiempo y materiales necesarios para la fabricación. (32) Además, requiere que el clínico tenga el conocimiento y la capacidad necesaria de reproducir una impresión correcta, así como un apropiado vaciado con yeso. (4)

### **9.6.2.2 Técnica indirecta CAD/CAM**

La técnica indirecta CAD/CAM en los últimos años ha aumentado considerablemente, esto debido al avance de los escáneres intraorales y los programas de software, permitiendo mejorar la calidad de atención al paciente. Actualmente el flujo de trabajo digital del sistema CAD/CAM en odontología ha contribuido mejorar la comunicación entre el clínico y el técnico dental. Uno de los componentes importantes del flujo digital son los escáneres intraorales, estos dispositivos permiten realizar una impresión digital, a través de la cual se puede ejecutar restauraciones de manera rápida, duradera y precisa. Las impresiones digitales en consecuencia pueden manipularse o diseñar de forma inmediata para proceder al maquinado, permitiendo así una planificación con mayor eficacia y precisión en una sola sesión. (41) Es así que el flujo de trabajo digital general en odontología sigue tres procesos principales:

1. La adquisición de datos o información digital.
2. El procesamiento de todos los datos y,
3. Finalmente la transferencia al entorno clínico. (42)

Por lo tanto, el objetivo principal del flujo de trabajo digital es la elaboración de una restauración definitiva en una sola cita, evitando la necesidad de una restauración temporal. (43) Este flujo permite al clínico revisar, evaluar la preparación dental y diseñar una restauración que cumpla con el plan de tratamiento previsto. Este proceso suele ser eficiente en el

tiempo y elimina la necesidad de materiales de impresión, permitiendo la entrega del producto final de manera temprana. (44)

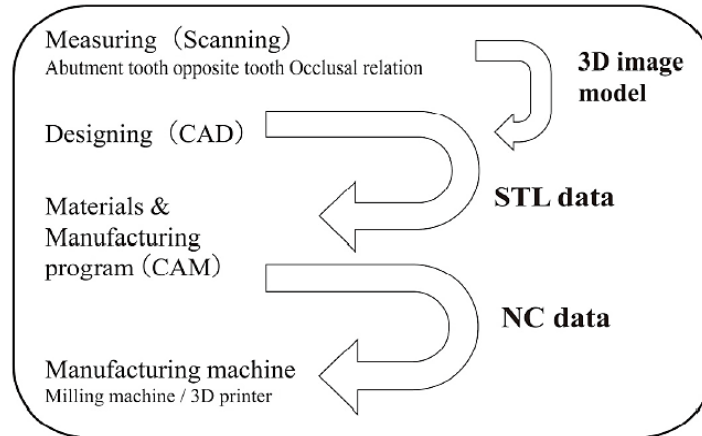
- **Componentes del Sistema CAD/CAM:** Los sistemas CAD/CAM dentales constan de cuatro componentes: 1. Un escáner digital 3D, mediante el cual se captura información de la cavidad oral de manera tridimensional convirtiendo esta información en datos digitales. 2. Un software de diseño CAD que procesa los datos escaneados y diseña el modelo de restauración. 3. Un software CAM o un sistema de fabricación que selecciona los materiales y opera el programa de fabricación. 4. El dispositivo de fabricación que construye el diseño digital en un producto real (figura 3). (44) Los datos procesados pueden ser fabricados en el consultorio o en un laboratorio, la misma que puede ser elaborado de manera aditivo o sustractivo. (44)

La fabricación aditiva también conocida como impresión 3D, es una tecnología de interés dentro del ámbito odontológico debido a su amplia gama de capacidades para proporcionar guías quirúrgicas, restauraciones temporales, férulas oclusales, y aparatos de ortodoncia. Esta técnica permite la fabricación de restauraciones temporales mediante la adición de material capa por capa, basado en un modelo 3D computarizado. (45) La calidad del objeto impreso depende de las capacidades de la impresora 3D, ciertos factores como la resolución o precisión, precisión y veracidad definen la capacidad de una impresora 3D. (45)

La fabricación sustractiva es un sistema que consiste en fresar una restauración a partir de un material presinterizado o prefabricado, la misma que puede ser realizado en laboratorio o consultorio. La fabricación es realizada mediante el uso

de una fresadora que puede funcionar en condiciones húmeda o seca y que se puede mover en un sistema de fresado de 3, 4 y 5 ejes. (45)

## Components of CAD/CAM system



## Computer Aided Design(CAD) Computer Aided Manufacture(CAM)

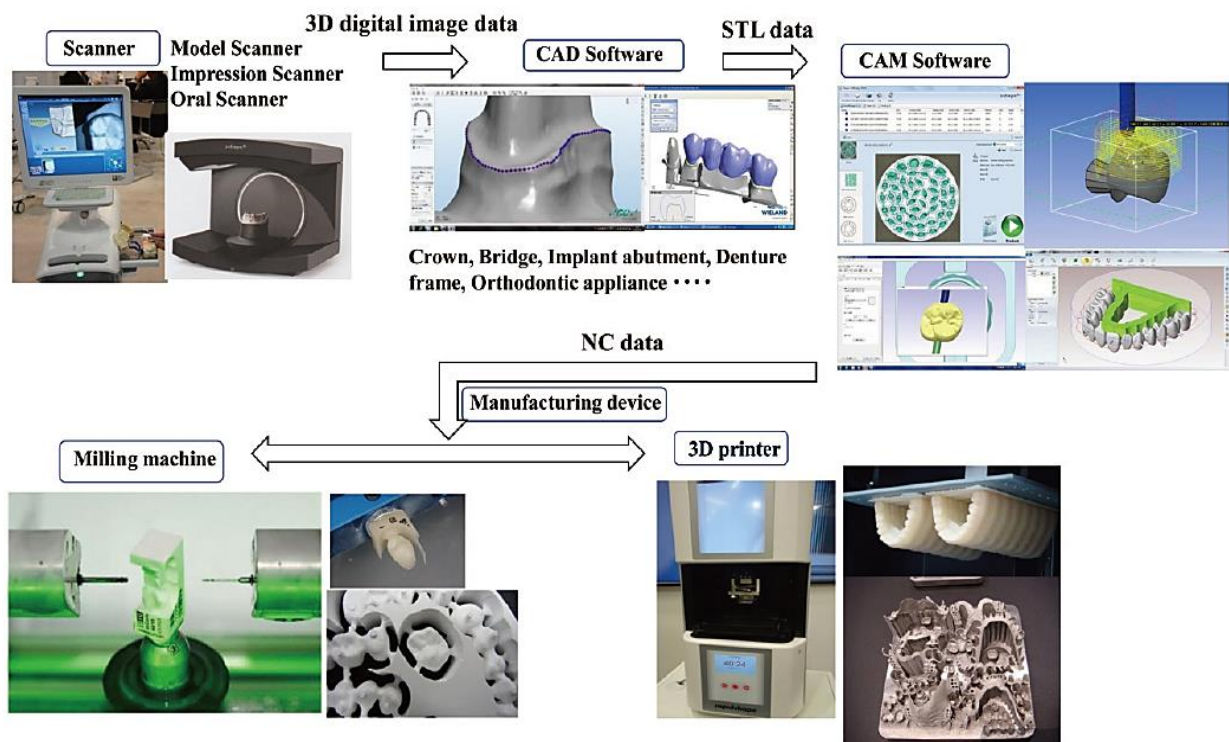


Figura 3. Componentes del sistema CAD/ CAM (44)

### 9.6.2.3 Provisionales mediante la técnica aditiva

La técnica aditiva a menudo presenta sinónimos como proceso generativo, prototipado rápido, e impresión 3D. La impresión de restauraciones a través de la técnica aditiva tiene en común que, sobre la base de datos de diseño 3D, el objeto físico se construye mediante la aplicación secuencial de capas delgadas de material. El diseño normalmente está disponible en el formato de archivo STL (lenguaje de transformación estándar, lenguaje de teselación superficial, o lenguaje de triangulación estándar). El formato STL contiene la descripción de la superficie de los cuerpos 3D con la ayuda de la triangulación (teselación). A diferencia de los métodos sustractivos, los procesos aditivos pueden ahorrar material y producir geometrías más complejas. Este método de fabricación de restauraciones definitivas o provisionales es una solución adecuada en el área de la odontología. (46)

Estudios han demostrado que las propiedades mecánicas de las restauraciones provisionales impresas en 3D, tienen un módulo de elasticidad comparable a las coronas PMMA convencionales y proporcionan una resistencia al desgaste adecuada, sugiriendo que las coronas impresas en 3D poseen suficientes propiedades mecánicas para su uso como restauraciones provisionales, considerándolo como una alternativa viable. Sin embargo, la reparación de los provisionales impresos en 3D sigue siendo un desafío. (47)

### 9.6.2.4 Impresión 3D

El inventor de la impresora 3D, Chuck Hull, tomó su lugar en la historia en 1986 con su solicitud de patente para la impresión estereolitográfica. Poco después, se desarrollaron varios procesos alternativos por lo que varios métodos de impresión 3D

fueron avanzando a lo largo del tiempo como: estereolitografía (SLA), impresión mediante procesamiento de luz digital (DLP), impresión por inyección de tinta, impresión mediante fusión/sinterización por láser y mediante la fabricación de filamentos fundidos. (46) El método más utilizado actualmente en odontología es la estereolitografía (SLA) y la técnica de proceso de luz digital (DLP).

El método SLA se basa en la estructura en capas de un objeto hecho de un monómero líquido sensible a los rayos UV, que es polimerizado y solidificado por un láser. (48) La tecnología DLP contiene un microsistema con una disposición de espejo rectangular llamado dispositivo de microespejo digital, los microespejos, que actúan como interruptores de luz, proyectan la luz de la fuente como píxeles individuales sobre la superficie de proyección, la resolución de la imagen proyectada corresponde al número de espejos. La ventaja de la tecnología DLP en comparación con la técnica SLA es que cada capa se puede curar con una sola toma de exposición láser mediante la producción de patrones de luz láser en lugar de escanear cada área una tras otra con el láser. (46) Actualmente la tecnología de impresión 3D se utiliza principalmente para construir modelos, guías quirúrgicas para implantes, férulas y restauraciones temporales. (48)

#### **9.6.2.5 Provisionales mediante la técnica sustractiva.**

Se denomina "método sustractivo" cuando el material se sustrae de un bloque o un disco para dejar la restauración moldeada. La fabricación sustractiva puede crear formas completas de manera efectiva, pero a expensas del desperdicio del material. Aproximadamente el 90 por ciento de un bloque prefabricado se retira para crear una restauración lo que se le considera como una desventaja. (49) Además, tiene una limitación con respecto al número de objetos que puede producir por operación de



mecanizado, y no es capaz de reproducir geometrías más complejas. También, las herramientas utilizadas muestran signos de desgaste después de un uso repetido, lo que puede provocar grietas en los objetos producidos. (46)

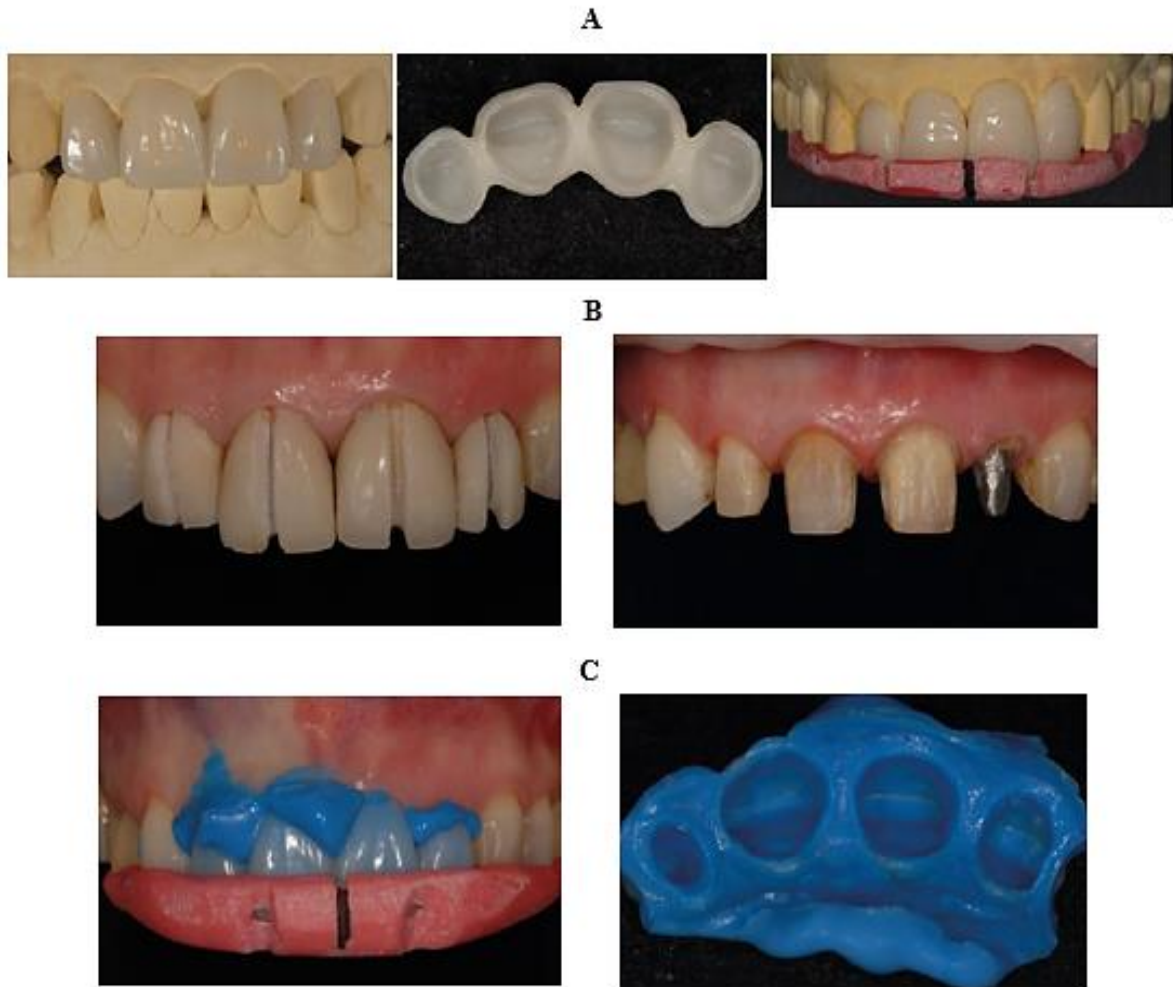
Para la elaboración de restauraciones provisionales la secuencia de trabajo consta de un total de tres pasos: adquisición de datos mediante escaneo 3D, diseño del objeto en el software CAD y fabricación por el sistema CAM sustractivo. En odontología, los sistemas de CAM como las fresadoras son los más utilizados. (48)

### **9.6.3 Provisionales mediante la técnica híbrida indirecta-directa.**

Se propone una combinación de las dos técnicas para proporcionar un medio relativamente atraumático y conseguir la prótesis provisional más precisa. Esta técnica combina la mejor precisión marginal con el menor potencial de daño térmico a los tejidos pulpares. Sin embargo, la técnica directa-indirecta requiere mayor tiempo y apoyo de laboratorio. (32) Este método al igual que la técnica indirecta se utiliza cuando varios dientes (tres o más) están involucrados, así como en casos de gran exigencia estética. (4)

Es una técnica tipo híbrida, que combina una capa a manera de caparazón delgado de laboratorio con un rebasado intraoral directo en las piezas dentales. El caparazón es elaborado de forma indirecta a través de un modelo mínimamente reducido de las restauraciones propuestas, o de una impresión con un escáner intraoral, realizando un diseño digital mediante un software específico, para luego ser maquinado en un material PMMA CAD/CAM. Este prototipo a su vez es rebasado con el material restaurativo provisional de manera intraoral. En este caso el técnico dental utiliza

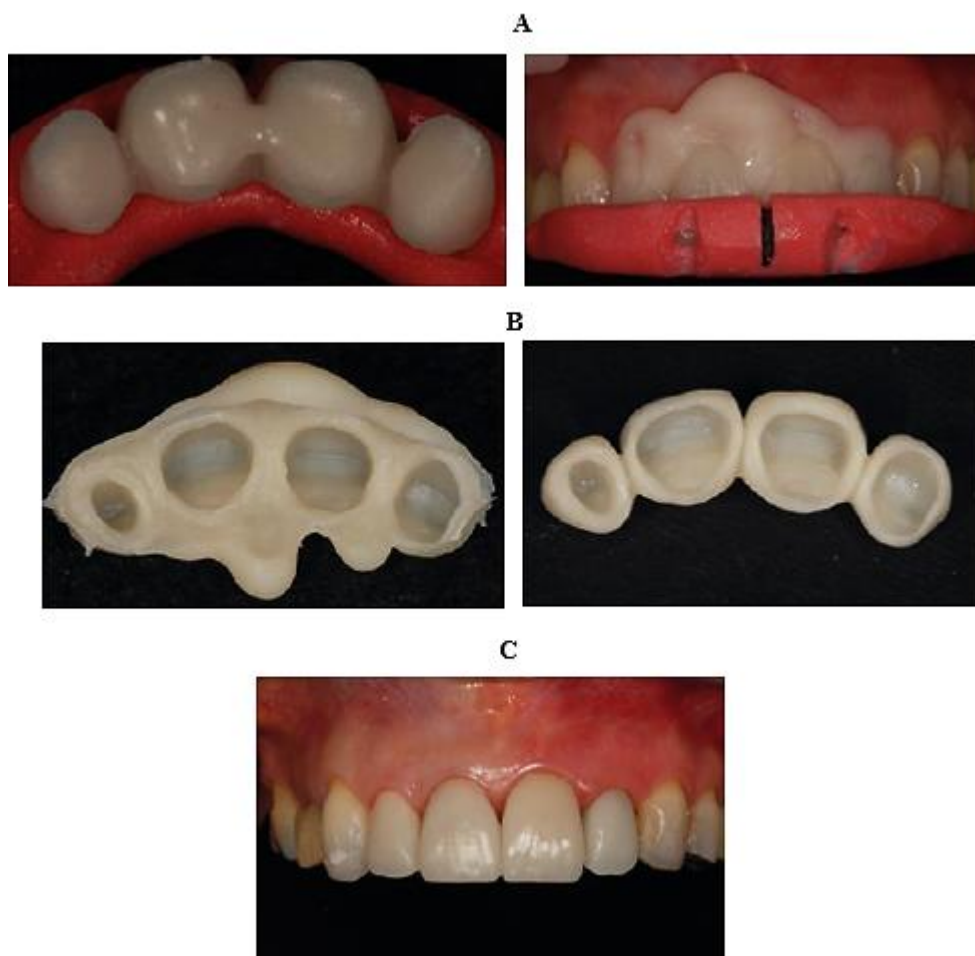
modelos de estudio para construir el caparazón duradero y estético de resina acrílica convencional o CAD/CAM. Además, también debe fabricar una guía o plantilla de asentamiento, para asegurarse que, durante el procedimiento del rebasado, el prototipo sea colocado en la boca en la misma posición que se fabricó en el modelo. En el procedimiento clínico, el dentista elimina todas las restauraciones existentes y, antes de realizar el rebasado del prototipo, lleva a cabo un procedimiento de control de ajuste para asegurar el adecuado asentamiento sobre los dientes preparados en la boca de la misma manera que el modelo. Para ello, se utiliza material de impresión (polivinilsiloxano) pasta liviana para localizar cualquier zona de unión. Estas áreas pueden ser aliviadas en el prototipo o en las piezas dentales preparadas. Si no se hace este paso se producirá un asiento incompleto y por consiguiente un mal rebasado del prototipo y posterior ajuste excesivo de los provisionales, afectando el resultado estético creado por el laboratorio (figura 4). (4)



**Figura 4.** **A:** Vaciado del prototipo provisional y plantilla de ajuste hecho en el modelo de estudio. **B:** Eliminación de las coronas. **C:** Control de ajuste del prototipo temporal utilizando material de impresión.

Una vez que se haya verificado el adecuado asentamiento del prototipo se procede a realizar el rebasado con resina acrílica en los dientes preparados. En este paso se debe tener cuidado con el acrílico durante la polimerización por lo que se recomienda realizar movimientos de arriba hacia abajo del prototipo para asegurarse que no se adhiera a las piezas dentales preparadas. En este paso se debe tener cuidado con el

acrílico durante la polimerización por lo que se recomienda realizar movimientos de intrusión y extrusión del prototipo para asegurarse que no se adhiera a las piezas dentales preparadas. Finalmente se procede a recortar, pulir y cementar en las preparaciones (figura 5). En ambas técnicas, es importante controlar la reacción exotérmica del material provisional a medida que se coloca de manera intraoral. Esto es especialmente importante cuando se utilizan resinas acrílicas que tienden a generar más calor que los bis-acrílicos. (4)



**Figura 5.** A: Rebasado del prototipo provisional utilizando plantilla de ajuste. B: Prototipo con exceso de resina acrílica. C: Coronas temporales recortadas y ajustadas

Este procedimiento indirecto-directo tiene varias ventajas, se puede reducir el tiempo, ya que el prototipo provisional es fabricado antes de la cita del paciente. El control mejorado de los contornos de restauración minimiza el tiempo para los ajustes. Además, una menor cantidad de resina acrílica se polimerizará en contacto con el pilar preparado, lo que dará lugar a una menor generación de calor, exposición química y contracción de la polimerización en comparación con la técnica directa. Otra ventaja es que el contacto entre monómero de resina y tejidos blandos se reduce y menos posibilidades de reacciones alérgicas. La desventaja de este procedimiento es la necesidad potencial de una fase de laboratorio antes de la preparación del diente y los ajustes que se necesitan con frecuencia para colocar el prototipo provisional en las piezas dentales preparadas. (6)

## **9.7 Propiedades mecánicas de los materiales provisionales.**

Dentro de las propiedades mecánicas tenemos: Módulo de flexión, resistencia a la fractura o resistencia a la flexión, resistencia al desgaste, expansión térmica, y resistencia química y a la corrosión. (23)

### **9.7.1 Resistencia flexural.**

La resistencia a la flexión (resistencia transversal o módulo de ruptura) se define como fuerza por unidad de área en el momento de la fractura en una muestra de ensayo sometida a carga estática. La resistencia a la flexión se obtiene cuando una carga es realizada sobre una muestra que se encuentra apoyada en cada extremo y es sometida hasta la fractura, denominándose tal prueba como flexión de tres puntos o prueba de flexión, y la tensión máxima medida en la prueba se llama resistencia a la flexión. (12)

Esta propiedad está asociada con la carga masticatoria que presenta el paciente.

### **9.7.2 Resistencia flexural en resinas acrílicas**

Resistencia a la flexión y resistencia a la fractura de restauraciones provisionales en las resinas acrílicas o monometacrilatos disminuye gradualmente con el tiempo. Esto es debido a que, en etapas iniciales el efecto del agua en el monómero es baja o inexistente permitiendo al material un cierto grado de deformación plástica antes de romper, conocido como comportamiento dúctil. Cuando el tiempo de almacenamiento se incrementa, esta absorción de agua conduce a la hidrólisis de los monómeros, dando aumento a una disminución constante de sus propiedades mecánicas. (8) (50) Por lo cual la resistencia a la flexión de las resinas acrílicas se la considera baja sobre todo con el mayor tiempo de uso.

### **9.7.3 Resistencia flexural en resinas bis-acrílicas**

La resistencia a la flexión de restauraciones provisionales de la resina bis-acrílica o dimetacrilatos a diferencia de las resinas acrílicas tienen una estructura central rígida que les permite absorber un 0,8% de agua, debido al aumento de conversión de dobles enlaces reactivos por radicales. Además, el sistema de automezcla permite controlar las proporciones de los componentes y evitar la captura de aire. Estos materiales pueden soportar altas fuerzas en comparación a los monometacrilatos o resinas acrílicas antes de romperse, pero, una vez que la tensión es mayor que el límite proporcional llega a fracturarse inmediatamente. (8)

## 10 HIPÓTESIS

La hipótesis nula fue que los diferentes materiales provisionales, así como el método de elaboración no influyen en la propiedad de resistencia a la fractura.

## 11 METODOLOGÍA

### 11.1 Diseño de la investigación

El trabajo de investigación fue un estudio *in vitro*, experimental y comparativo donde se seleccionaron un total de 3 materiales para provisionales. Fue un estudio *in vitro* porque se realizó en un ambiente controlado fuera del organismo vivo. Experimental porque fue un estudio caracterizado por la manipulación artificial del factor de estudio por el investigador. Comparativo debido a que se estableció la relación entre los tres tipos de materiales provisionales, una resina bis-acrítica LuxaCrown, una resina impresa PriZma 3D Bio CAD/CAM y un PMMA Disco VipiBlock fresado CAD/CAM, lo que determinó si existen cambios en las propiedades mecánicas de los materiales provisionales cuando estos son sometidos a prueba de flexión.

### 11.2 Materiales

- Resina bis-acrítica LuxaCrown A1.
- Resina PriZma 3D Bio Prov. A1.
- Disco VipiBlock PMMA (Trilux) A1.
- Matriz metálica.
- Loleta de vidrio.
- Pistola.
- Punta de automezcla
- Tela de color negro.



- Lijas para pulir.
- Cámara fotográfica
- Micromotor eléctrico (Marathon)
- Piedra rosada troncocónica de óxido de aluminio
- Gomas siliconadas para acrílico color verde, gris y amarillo (marca JOTA)
- Cepillo pelo de cabra (marca JOTA)
- Felpa (marca JOTA)
- Pasta para pulir o blanco España (marca Renfert)
- Impresora 3D-DLP (MoonRay S100)
- Alcohol isopropílico al 90%
- Máquina de curado SOVOL 3D SL
- Fresadora DWX 52D ROLAND
- Máquina de termociclado (OMC300 TS; Odeme Dental Research)
- Máquina de prueba universal (OM150; Odeme Dental Research)

### **11.3 Población de la muestra.**

La población de estudio corresponde a tres tipos de materiales para restauraciones provisionales: 1. Resina bis-acrítica (LuxaCrown- DMG) semipermanente de autocurado inyectable en color A1. 2. Resina Microhíbrida fotopolimerizable (PriZma 3D Bio Prov-Provisional) en color A1. 3. Disco PMMA prefabricado (VipiBlock-TRILUX) en tonalidad A1. Cuya composición es la siguiente:

**Tabla 1.** Materiales investigados: producto, composición, fabricante y lote

<b>Producto</b>	<b>Composición</b>	<b>Fabricante</b>	<b>Lote</b>
LuxaCrown (DMG)	Resina dimetacrilato 35-45% en peso, contenido de relleno 46% en peso (con 0,02-1,5 um), catalizadores, estabilizadores, aditivos.	DMG GmbH, Hamburg, Germany	791629
Resina PriZma 3D BIO PROV.	Resina curable por luz UVA/UVB	MakertechLabs	E1504
VipiBlock PMMA (Trilux)	Polimetacrilato de metilo, pigmentos biocompatibles, fluorescente, dimetacrilato de etilenglicol polimerizado (EDMA)	TRILUX	55398

#### 11.4 Selección y tamaño de la muestra.

Para la selección y tamaño de la muestra se realizó una prueba piloto y se determinó la cantidad total de 30 muestras correspondientes a 10 de cada grupo distribuidos de la siguiente manera:

- **Grupo 1 directo:** Resina bis-acrítica LuxaCrown, 10 muestras.
- **Grupo 2 aditivo:** Resina microhíbrida fotopolimerizable PriZma 3D Bio Prov., 10 muestras.
- **Grupo 3 sustractivo:** PMMA VipiBlock, 10 muestras.

Todas las muestras fueron sometidas a termociclado por 20.000 ciclos, y luego a la prueba de flexión.

## 11.5 Criterios de inclusión y exclusión

### Criterios de inclusión

- Muestras elaboradas según las especificaciones de la norma ISO 20795-1 con las siguientes dimensiones: 64mm de longitud, 10mm de ancho y 3mm de altura. (1)
- Muestras que no presenten fisuras ni fracturas y que se encuentren adecuadamente pulidas.
- Muestras sometidas a envejecimiento artificial acelerado (20.000 ciclos a temperatura de 5°C y 55°C correspondiente a 2 años)

### Criterios de exclusión

- Todas las muestras que no cumplen con las especificaciones determinadas por la norma ISO 20795-1.
- Muestras que presenten fisuras, fracturas. irregularidades.
- Muestras deformadas o defectuosas (Figura 6)



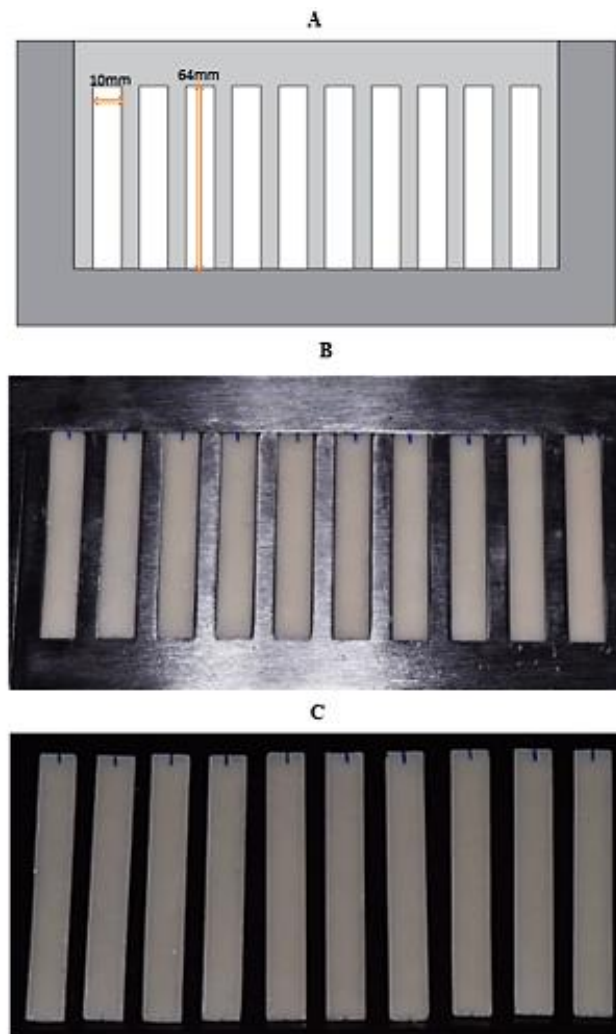
**Figura 6.** Muestras defectuosas impresas en 3D.

## 11.6 Grupos de estudio

Las muestras fueron elaboradas de acuerdo con el numeral 8.5.3.3 de la norma ISO 20795-1:2013 (Dentistry - Denture base polymers) con las siguientes dimensiones: 64mm de longitud, 10mm de ancho y 3mm de altura. (1) El total de las muestras fueron divididas en 3 grupos (10 cada grupo), grupo 1 directo, grupo 2 aditivo, grupo 3 sustractivo. Todos los especímenes pasaron por un proceso de pulido y acabado usando un micromotor eléctrico (marca MARATHON) a una velocidad recomendada entre (10.000 - 20.000) rpm con la siguiente secuencia: para el desgaste de excedentes se usó piedra rosada troncocónica de óxido de aluminio, para el proceso de pulido se usó gomas siliconadas para acrílico (marca JOTA) de color verde, gris y amarillo secuencialmente, finalmente el brillo con cepillo de pelo de cabra (marca JOTA) conjuntamente con una pasta de pulir o blanco España (marca RENFERT) y finalmente una rueda de felpa. Un total de 30 muestras fueron marcadas con una simbología que describe el tipo de material o grupo.

**Grupo 1:** Mediante la técnica directa, las muestras fueron elaboradas con una matriz de acero inoxidable previamente diseñado en el programa Ilustrador conforme a las especificaciones en la norma ISO 20795-1 (1) y posteriormente fabricada para la elaboración de las muestras. Se confeccionaron un total de 10 muestras con la utilización de la resina bis-acrítica LuxaCrown utilizando la técnica de moldeo por compresión mediante la inyección del material haciendo uso de una pistola dispensadora y punta de automezcla en la matriz alrededor de las ranuras y el uso de losetas de vidrio para producir presión contra el molde y eliminar el exceso del material. Se dejó que el material fraguara hasta un tiempo de 5 minutos de acuerdo

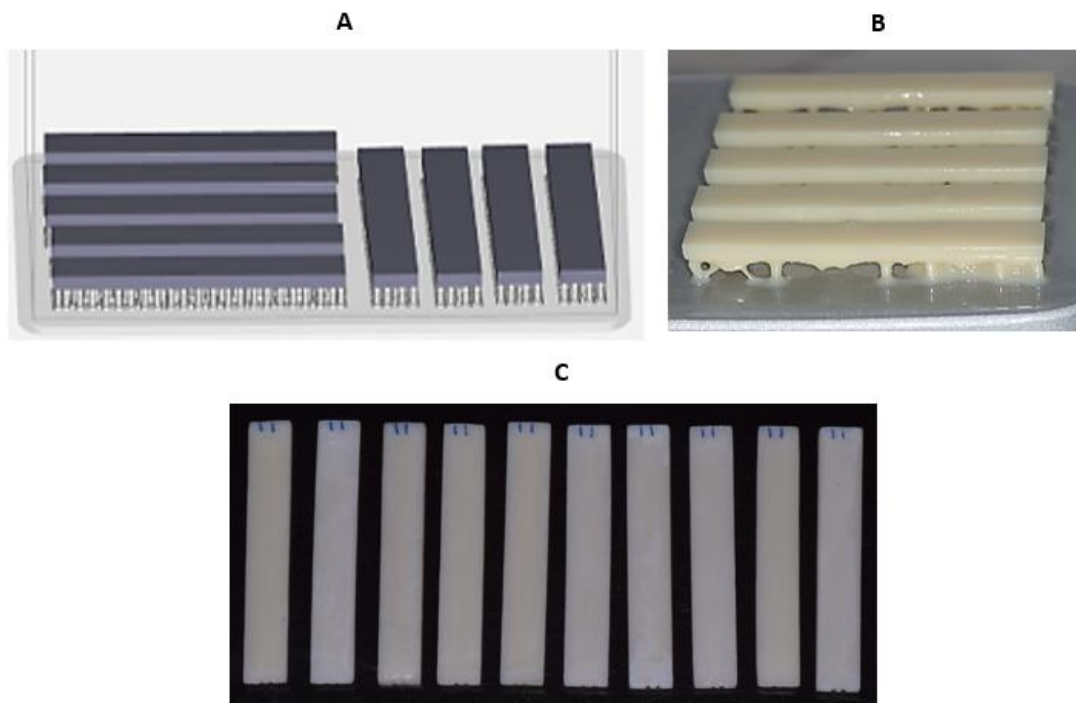
con las indicaciones del fabricante, para posteriormente retirarlas de la matriz y proceder al pulido y acabado (figura 7).



**Figura 7. A:** Diseño de la matriz en programa Ilustrador con medidas de acuerdo a la norma ISO 20795-1. **B:** Matriz fabricada para la elaboración de las muestras. **C:** Muestras del grupo 1 método directo.

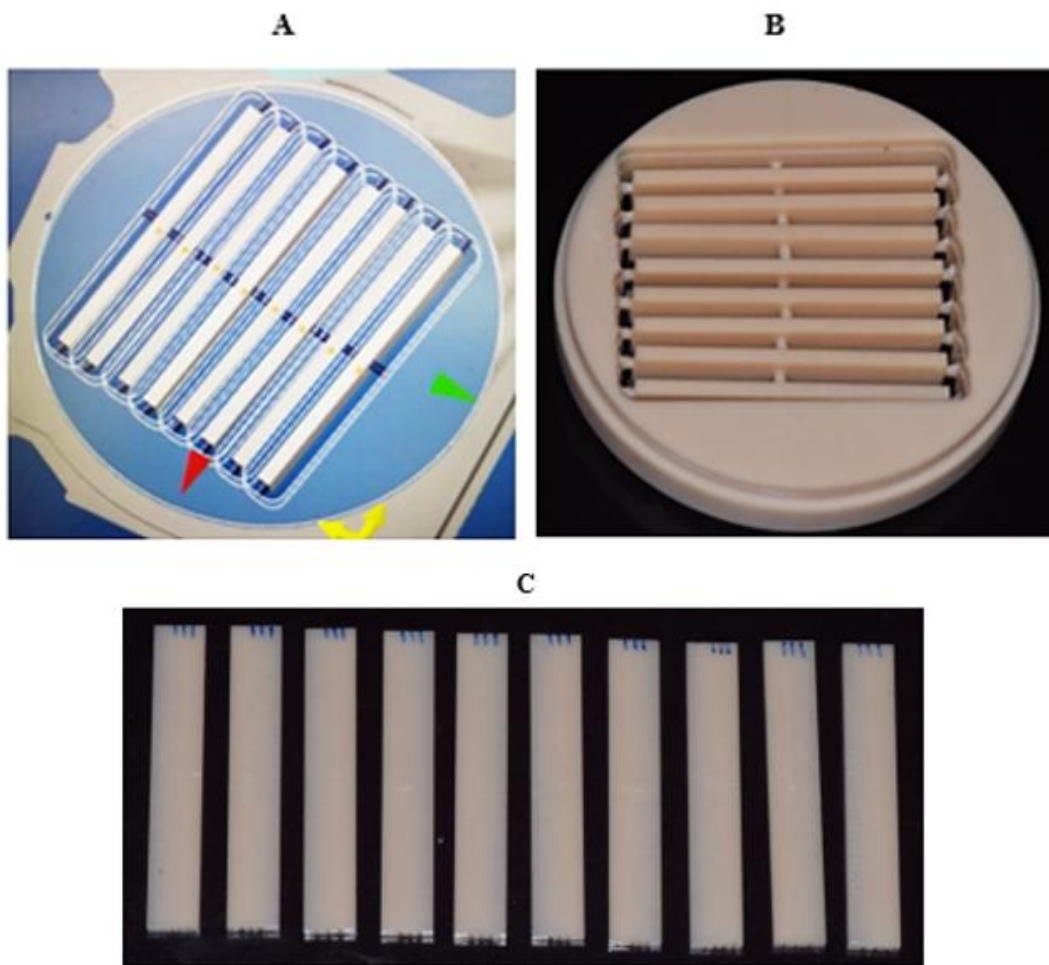
**Grupo 2:** Mediante la técnica aditiva, prototipado rápido o impresión 3D se fabricó un total de 10 muestras con el uso del material provisional resina microhíbrida (PriZma 3D Bio Prov – Provisional) a través de un archivo en formato STL con las medidas preestablecidas de acuerdo con la norma ISO 20795-1 (1) emitido hacia el

software RayWare 2.8.0 de la impresora 3D (MoonRay S100). La impresión fue realizada mediante la aplicación secuencial de capas delgadas de material hasta obtener el objeto 3D. (46) Las muestras pasaron por un proceso de post producción donde se sumergieron en alcohol isopropílico al 90% para la eliminación de residuos de resina y finalmente pasaron por un proceso de fotopolimerización bajo luz UV por 30 minutos para asegurar que el material obtenga una polimerización completa, y finalmente pasar por el proceso de pulido y acabado (figura 8).



**Figura 8.** **A:** Muestras en formato STL listas para proceder a la impresión 3D en la impresora MoonRay S100. **B:** Muestras impresas. **C:** Muestras del grupo 2 método aditivo.

**Grupo 3:** Mediante la técnica sustractiva se obtuvo un total de 10 muestras del material provisional disco (VipiBlock- TRILUX) PMMA mediante el formato STL con las medidas preestablecidas de acuerdo con la norma ISO 20795-1 (1) transferido al software MillBox LAV (programa CAM) y emitido a la unidad de fresado (fresadora DWX-52D ROLAND) para su elaboración, y finalmente pasar por el proceso de pulido y acabado (figura 9).



**Figura 9.** **A:** Muestras en formato STL listas para proceder a fresarlas. **B:** Muestras fresadas. **C:** Muestras del grupo 3 método sustractivo.

## 11.7 Proceso de Termociclado

Las muestras fueron sometidas a la máquina de termociclado (OMC300 TS; Odeme Dental Research) (figura 10) a una temperatura estandarizada de 5°C y 55°C por 20.000 ciclos, por 30 segundos en agua destilada, con 10 segundos de pausa entre cada baño, permitiendo imitar el entorno oral a través de envejecimiento artificial de 2 años y posteriormente ser sometidas a la prueba de flexión. (40)



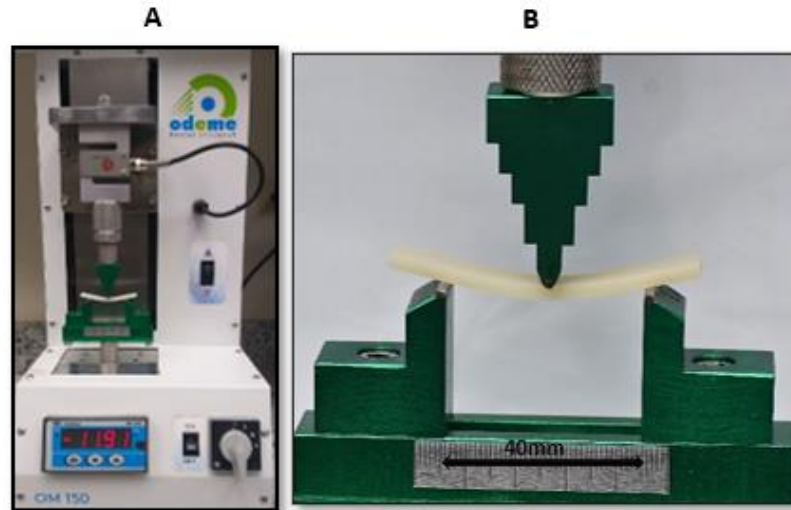
**Figura 10.** **A:** Máquina termocicladora ubicado en el laboratorio de investigación de la Escuela de Odontología de la USFQ. **B:** Muestras sometidas a 20.000 ciclos, lo que representa a dos años de envejecimiento, las muestras fueron sometidas a 10.000 ciclos en dos etapas

## 11.8 Test de flexión:

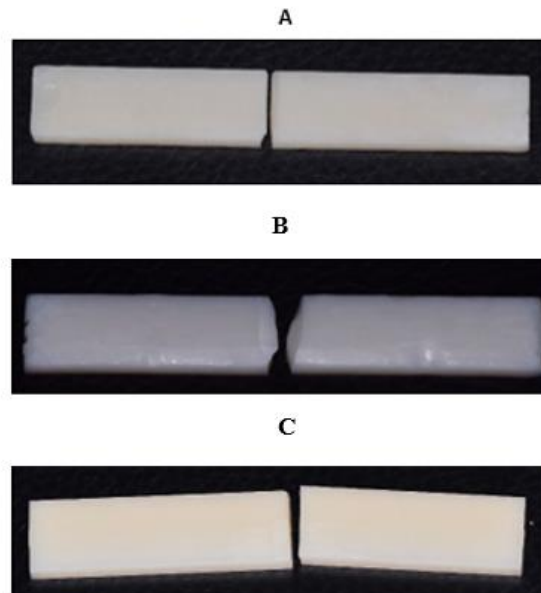
Para este estudio se realizó un sistema de carga de tres puntos según la norma ISO 4049 (51) mediante la utilización de la máquina de prueba universal (OM150; Odeme Dental Research) calibrada manualmente. Las muestras fueron colocadas y sometidas a la prueba hasta la fractura aplicando una carga en el centro del espécimen a una



velocidad de 1,0 mm/min sobre una distancia de 40mm (52) figura 11. Todas las muestras de los tres grupos fueron fracturadas, figura 12. La carga de fractura se midió en Newtons y los datos obtenidos fueron registrados utilizando el software informático de la máquina de prueba universal.



**Figura 11.** A: Máquina de prueba universal ubicada en el laboratorio de investigación de la USFQ. B: Prueba de flexión sobre una distancia de 40mm.



**Figura 12.** A, B y C: Muestras fracturadas después de la prueba de flexión grupo 1, grupo 2 y grupo 3 respectivamente.

### **11.9 Análisis estadístico**

El análisis estadístico fue realizado en el programa SPSS versión 26 en español. Se presenta un resumen descriptivo de la variable fuerza (Newtons) para cada uno de los grupos, mediante la cual se estudió la resistencia a la fractura de materiales provisionales. Para la comprobación de la hipótesis se realizó una prueba de normalidad, para lo cual se seleccionó la prueba paramétrica adecuada. Se ejecutó un análisis de la distribución de los datos con estadístico Shapiro-Wilk. En caso de existir una distribución normal se aplican pruebas a posteriori como la prueba paramétrica ANOVA. El contraste de todas las pruebas se realizó con una significancia del 5%.

## 12 RESULTADOS

Una vez que todas las muestras fueron sometidos a la prueba de flexión hasta la fractura se obtuvo los siguientes resultados descrito en la tabla 2.

**Tabla 2.** Resultados obtenidos para los tres grupos.

GRUPO 1		GRUPO 2		GRUPO 3	
Muestra	Fuerza (N)	Muestra	Fuerza (N)	Muestra	Fuerza (N)
Directa 1	137,68	Aditiva 1	119,05	Sustractiva 1	146,31
Directa 2	142,49	Aditiva 2	130,82	Sustractiva 2	168,87
Directa 3	127,48	Aditiva 3	137,48	Sustractiva 3	154,16
Directa 4	152,59	Aditiva 4	121,99	Sustractiva 4	147,19
Directa 5	126,70	Aditiva 5	131,11	Sustractiva 5	151,61
Directa 6	185,05	Aditiva 6	127,97	Sustractiva 6	142,98
Directa 7	118,07	Aditiva 7	126,40	Sustractiva 7	145,33
Directa 8	122,19	Aditiva 8	130,13	Sustractiva 8	153,17
Directa 9	133,95	Aditiva 9	139,25	Sustractiva 9	160,24
Directa 10	171,51	Aditiva 10	137,19	Sustractiva 10	148,76

### 12.1 Análisis Descriptivo.

En la tabla 3 se observa que la menor resistencia a la fractura la mostró el material del grupo 2 aditivo con  $130,14 \pm 6,29$  N, así como la menor dispersión entre las mediciones, oscilando entre (119,05; 139,25). El segundo material con menor resistencia fue el grupo 1 directo con un promedio de  $141,77 \pm 21,93$ N, pero exhibió mayor dispersión entre sus mediciones con un mínimo de 118,07 y máximo de 185,05.

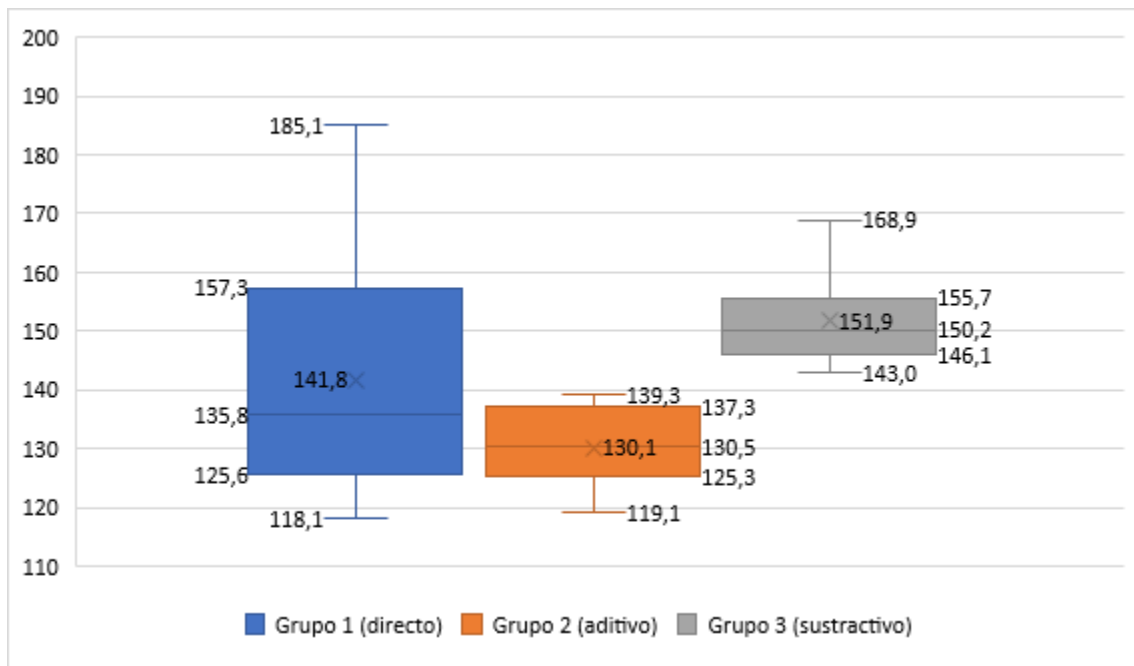
El material con mayor resistencia a la fractura fue el grupo 3 sustractivo con 151,87  $\pm$  7,82 newton, con poca dispersión y un valor mínimo de 142,98 y máximo 168,87.

**Tabla 3.** Resumen descriptivo de la variable fuerza, para los tres grupos.

<b>Material</b>	<b>Media</b>	<b>Desviación Estándar</b>	<b>Mínimo</b>	<b>Máximo</b>
<b>Grupo 1 (directo)</b>	141,77	21,93	118,07	185,05
<b>Grupo 2 (aditivo)</b>	130,14	6,29	119,05	139,25
<b>Grupo 3 (sustractivo)</b>	151,87	7,82	142,98	168,87

La figura 13 permite observar mediante los diferentes gráficos de caja, que el material con mayor dispersión fue el realizado mediante el grupo 1 directo, además de mostrar la menor resistencia a la fractura de todo el experimento con 118,1 N, así como la mayor resistencia con 185,1N. Los otros dos materiales del grupo 2 y 3 mostraron menor dispersión y una leve asimetría, ya que para el grupo 2 aditivo la media 130,1N y la mediana 130,5N son muy similares. Así como el material del grupo 3 sustractivo con los valores en cuanto a la media de 151,9N y mediana de 150,2N también se encuentran muy cercanos. Es decir, estos materiales muestran mayor consistencia entre las repeticiones.

**Figura 13.** Gráfico de Caja para la variable Fuerza, según los tres grupos.



## 12.2 Análisis inferencial.

Para contrastar los resultados de la hipótesis se realiza una prueba de normalidad determinada en la tabla 4, donde se indica que no se debe rechazar la hipótesis nula de los datos de la variable fuerza obtenidos mediante los tres materiales presentando una distribución normal, debido a que todos los p-valor son mayores que el nivel de significancia, Grupo 1 (directo, p-valor = 0.185), Grupo 2 (aditivo p-valor = 0.683) y Grupo 3 (sustractivo, p-valor = 0.235) De acuerdo con este resultado se decide que la técnica apropiada para establecer el contraste de la hipótesis de investigación es la prueba paramétrica conocida como: Análisis de Varianza (ANOVA), la cual permite establecer la comparación entre las medias de la resistencia a la fractura de los tres materiales.

**Tabla 4.** Prueba de normalidad de la variable Fuerza, para los tres grupos.

Fuerza (N)	Shapiro-Wilk		
	Estadístico	Gl	p.valor
Grupo 1 (directo)	0,893	10	0,185
Grupo 2 (aditivo)	0,951	10	0,683
Grupo 3 (sustractivo)	0,903	10	0,235

nivel de significancia 5%

Para poder determinar los resultados de la hipótesis de investigación se realiza la prueba paramétrica conocida como: Análisis de Varianza (ANOVA), la cual permite establecer la comparación entre las medias de la resistencia a la fractura de los tres grupos. La tabla 5 indica que se debe rechazar la hipótesis nula ya que si existe diferencia significativa entre la resistencia a la fractura de los tres grupos de materiales provisionales ( $p\text{-valor} = 0.007 < 0.05$ ).

**Tabla 5.** Análisis de varianza de la variable fuerza, para los tres grupos.

Fuente de Variación	Suma de cuadrados	Grados de libertad	Media cuadrática	F	p.valor
Entre grupos	2363,125	2	1181,563	6,047	0,007
Dentro de grupos	5275,878	27	195,403		
Total	7639,004	29			

**Nota:** La diferencia de medias es significativa en el nivel 0.05.

De acuerdo con este resultado se realiza un análisis de comparaciones múltiples para determinar cuáles son las resistencias medias que presentan diferencias. La tabla 6 muestra las comparaciones múltiples entre las resistencias promedios de los tres materiales, utilizando la prueba de HSD Tukey. Mediante esta prueba se llevan a cabo todas las combinaciones posibles por pares entre los tres materiales, donde se observa que el material del grupo 2 y el grupo 3 presentan diferencias entre su resistencia

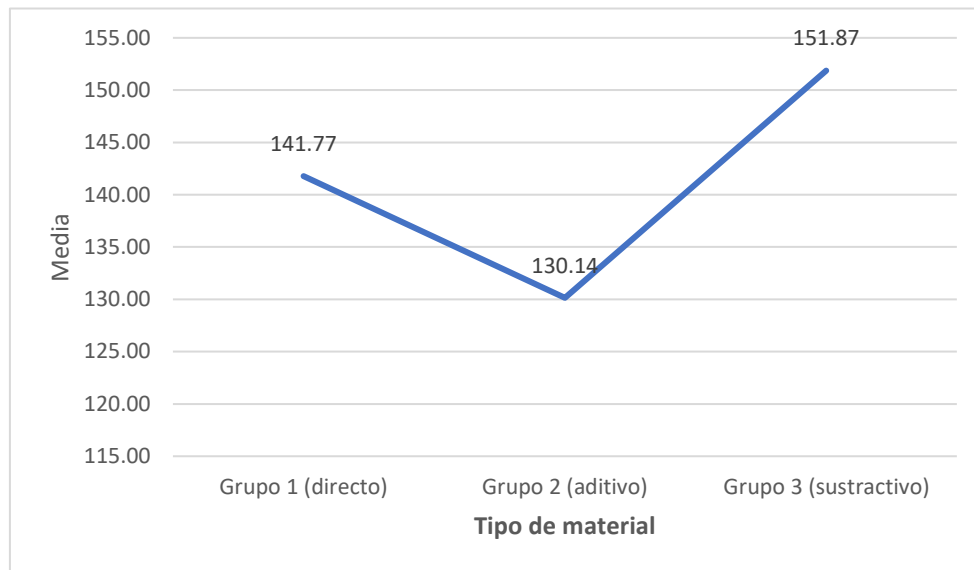
promedio ( $p\text{-valor} = 0.005 < 0.05$ ). Sin embargo, no se encontraron diferencias entre el material del grupo 1 y el grupo 3 ( $p\text{-valor} = 0,170$ ), ni tampoco entre grupo 1 y el grupo 2 ( $p\text{-valor} = 0,257$ ). No obstante, como se desea encontrar el material que presente mayor resistencia a la fractura se debe utilizar el grupo 3 sustractivo, que presenta mediciones más precisas, y como segunda opción el grupo 1 directo.

**Tabla 6.** Comparación múltiple entre los tres materiales provisionales CAD/CAM

Material provisional		Diferencia de medias	p-valor
Grupo 1 (directo)	Aditivo	11,63	0,170
	Sustractivo	-10,09	0,257
Grupo 2 (aditivo)	Sustractivo	21,72*	0,005
	Directo	10,09	0,257
Grupo 3 (sustractivo)	Aditivo	-21,72*	0,005
	Directo	-11,63	0,170

\*. La diferencia de medias es significativa en el nivel 0.05.

La gráfica de diferencia de medias de resistencia a la fractura (figura 14), permite visualizar que el material con mayor resistencia promedio a la fractura es el Grupo 3 sustractivo, y el otro material que puede considerarse es el Grupo 1 directo, aunque este presentó mayor variabilidad entre sus mediciones, no obstante, entre ellos el análisis de comparaciones múltiples no encontró diferencias significativas, es decir ambas opciones son adecuadas.



**Figura 14.** Gráfico de las medias para la variable fuerza, según los tres materiales provisionales.



### 13 DISCUSIÓN

Las propiedades mecánicas de las restauraciones provisionales son factores importantes especialmente al seleccionar materiales para la aplicación clínica a largo plazo (53). Las restauraciones temporales son comúnmente utilizadas para proteger el tejido pulpar, proporcionar retención, estética y mantener la estabilidad posicional y oclusal durante la fabricación de una prótesis permanente; deben cumplir varias funciones y contar con adecuadas propiedades mecánicas. (15) La resistencia a la flexión es una de las propiedades importantes de considerar ya que se ha manifestado que una resistencia a la fractura o fuerza flexural alta permite lograr el éxito clínico en las restauraciones provisionales a largo plazo. (54)

Este estudio determinó que la resistencia a la fractura de los distintos materiales provisionales obtenidos mediante el método directo, aditivo y sustractivo estaba significativamente influenciada por el tipo de material y el método de elaboración. Es por ello que, de acuerdo con estos hallazgos, la hipótesis nula fue rechazada, existiendo diferencia significativa entre los tres grupos. De acuerdo con los resultados del análisis estadístico, se pudo apreciar que los valores medios y desviación estándar del grupo 1 (directo) fue de 141,77 +- 21,9N; para el grupo 2 (aditivo) fue de 130,14+- 6,29 y para el grupo 3 (sustractivo) fue de 151,87 +- 7,82N. Por lo tanto, el material con mayor resistencia a la fractura fue el grupo 3 (sustractivo) seguido del grupo 1 (directo). La implicación clínica de estos resultados es que, cuando se usa distintos tipos de materiales provisionales, la selección del tipo de material tiene igual importancia que la técnica de elaboración.

De igual forma, la variabilidad de los resultados de los tres grupos se puede atribuir a la cantidad de ciclos al que las muestras fueron sometidas, resultados que,

se asemejan a estudios realizados por Yao et al. (2014) y Kadiyala et al. (2016) donde se comparó la resistencia a la flexión de materiales provisionales antes y después del ciclo térmico y se evaluó que la resistencia a la fractura disminuye después del ciclo térmico. (54) (55) Por lo tanto, mientras mayor sea la cantidad de ciclos sometidos a las muestras, menor será la resistencia a la fractura. Cabe mencionar que el termociclado es un sistema que se usa para simular el envejecimiento artificial de materiales de restauración sometiéndolos a exposiciones cíclicas repetidas a temperaturas frías y calientes, en baños de agua destilada (56) Así, en el presente estudio se termociclaron muestras provisionales para simular los cambios térmicos que ocurren en la cavidad bucal y el efecto que causa sobre la resistencia a la fractura. Se aplicaron un total de 20.000 ciclos que corresponden a 2 años de envejecimiento artificial en un tiempo de permanencia de 30 segundos para evitar el estrés térmico extremo. (56) (57) Ya que consideramos que es un tiempo prudencial máximo para mantener un provisional en boca en un tratamiento a largo plazo. Y posteriormente sometidas a la prueba de flexión

Al igual que el estudio actual los resultados coinciden con el estudio realizado por Gulce et al. (2019) donde se obtuvo un valor significativamente alto de resistencia a la fractura para materiales provisionales fresados de  $131,9 \pm 19,8$  Mpa y un valor bajo para el grupo directo de resinas bis-acrítica de  $85,2 \pm 20,4$  Mpa. En efecto es importante mencionar que el estudio fue realizado con diferente norma ISO 10477: 2004 y el tiempo de ciclos realizados fue de 10.000 ciclos (un año de envejecimiento) lo cual puede influir en los resultados. (40) La razón por la que los materiales provisionales fresados presentan valores altos es debido a que son materiales prefabricados industrialmente lo que proporciona una mayor estabilidad para tratamientos provisionales a largo plazo. Mientras que, materiales como la resina bis-

acrílica tiene una disminución en la resistencia a la fractura debido a la absorción de agua y ciclos térmicos que fueron sometidos, esto puede deberse a la contracción mínima de polimerización química lo que dejó a los materiales más susceptible a la distorsión dimensional debido a una mayor absorción de agua en la red de polímeros. (54)

De la misma manera, el estudio realizado por Digholkar, et al (2016) quienes compararon la resistencia a la flexión de materiales provisionales fabricados mediante 3 técnicas. Los resultados de este estudio indicaron que los valores medios de resistencia a la flexión del grupo de provisionales fresados fueron de 104,2 MPa considerado como el valor más alto, seguido de las restauraciones provisionales del grupo convencional de 95,58 MPa y finalmente el grupo de impresión o método aditivo de 79,54 MPa con los valores más bajos. (15) Estos resultados son similares a los resultados obtenidos en el presente estudio, más sin embargo es factible mencionar que el estudio realizado por Digholkar fue elaborado en restauraciones provisionales a diferencia del estudio actual que fue elaborado en especímenes de acuerdo con la norma ISO 20795-1:2013. (1)

Con respecto al estudio realizado por Alt et al. (2011) quienes compararon la resistencia a la fractura de prótesis temporales de 3 unidades (FPDs) obtenidas mediante el método directo y fresado. Los valores medios oscilaron entre 1.115,5N y 188,1N, las prótesis provisionales (FPDs) fresados mostraron valores medios significativamente mayores en comparación con las prótesis fabricados directamente. (50) Así, de esa forma se puede decir que los resultados de los estudios citados coinciden con los valores obtenidos en el estudio actual, lo cual comprueba que existe una mayor resistencia a la fractura tanto en materiales como en restauraciones

provisionales fresados, lo cual debe considerarse para la fabricación de restauraciones provisionales de forma constante.

Por el contrario, el estudio realizado por Al-Qahtani et al (2021) evaluaron la resistencia a la flexión de restauraciones provisionales fabricadas con CAD-CAM (CC), impresión 3D (3D) y técnicas convencionales (CV). Los valores obtenidos para el grupo CC fresados fueron de 116,09Mpa, para el grupo 3D 113,16Mpa y para el grupo CV convencional de 93,68Mpa. Los provisionales fresados mostraron una resistencia a la flexión comparable a las muestras impresas y una resistencia significativamente menor de las muestras convencionales en comparación con las muestras de grupo CC y 3D. Es importante mencionar que los resultados fueron adquiridos en base a muestras realizadas bajo la norma ISO 4049:2009 con las siguientes dimensiones (25 x 2 x 2mm), a diferencia del estudio actual realizado con la norma ISO 20795-1:2013 con las dimensiones (64 x 10 x 3mm) lo cual puede influir en los resultados del estudio realizado por Al-Qahtani. (1) (58) La similitud de valores obtenidos del grupo CAD/CAM e impreso puede atribuirse a parámetros de impresión como el tipo de sistema, espesor de la capa, la dirección e inclinación de los modelos, el tipo y número de estructuras de soporte, así como el post curado y la composición del material. Todos estos parámetros pueden alterar las propiedades mecánicas del producto, la misma que se puede lograr una mayor precisión al colocar los modelos en la parte frontal de la plataforma utilizando estructuras de soporte y seleccionando una alta resolución de impresión. (59) (60)

Una de las limitaciones del presente estudio fueron las condiciones *in vitro* utilizadas para el estudio, ello debido a que se limitó la simulación de diferentes condiciones intraorales, como por ejemplo la prueba de tres puntos a la que fueron sometidas las muestras bajo condiciones de carga estática constante, lo que constituye

una simulación inapropiada de la carga masticatoria. Es claro que, se requieren más estudios clínicos respecto al tema para analizar diferentes propiedades mecánicas de los materiales provisionales como la estabilidad del color, el módulo de elasticidad y la resistencia al desgaste que no fueron abordados en el presente estudio y de esa manera poder tener un criterio clínico adecuado de la longevidad de las restauraciones provisionales sin fracasos en situaciones clínicas que permitan un tratamiento provisional a largo plazo.

## 14 CONCLUSIONES

Del estudio se derivaron las siguientes conclusiones:

1. Los materiales provisionales obtenidos mediante el método sustractivo (fresado) presentaron una resistencia a la fractura estadísticamente mayor en comparación con los materiales provisionales obtenidos mediante el método directo (resina bis-acrónica) y aditivo (impresión 3D) lo cual es potencialmente aplicable para uso clínico a largo plazo.
2. De acuerdo con los resultados obtenidos los diferentes materiales provisionales usados en el presente estudio, así como el método de elaboración directa (bis-acrónica), aditiva y sustractiva si influyen en la resistencia a la fractura de las restauraciones provisionales.
3. Aunque los valores conseguidos de los materiales provisionales mediante la técnica directa (bis-acrónica) fue menor al grupo de materiales fresados también pueden considerarse debido a la diferencia poco significativa, por lo tanto, de igual manera puede ser utilizado como material para restauraciones provisionales a largo plazo. Concluyendo que ambas opciones (sustractiva y directa) pueden ser usadas clínicamente.
4. Enfatizar que el fabricante DMG, indica la durabilidad de la resina bis-acrónica (LuxaCrown) por 5 años, lo que se considera no es clínicamente viable para una restauración provisional, por tal motivo el presente estudio no fue realizado por más tiempo de envejecimiento.

## BIBLIOGRAFÍA

1. International Organization for Standardization. ISO 20795-1:2013. Dentistry-Base polymers-Part 1: Denture base polymers.. [Online].
2. The Academy Prosthodontics. The Glosary of Prosthodontic Terms. The Journal of Prosthetic Dentistry. 2017 May; 117(5S).
3. Keys WF, Keirby , Ricketts. Provisional Restorations-A Permanent Problem? Restorative Dentistry. 2016 December ; 43(10).
4. Mizrahi. Temporary restorations: the key to success. British Dental Journal. 2019 May; 226(10).
5. Wassell RW, George GS, Ingledeew RP, Steele JG. Crowns and other extra-coronal restorations: Provisional restorations. British Dental Journal. 2002 Jun; 192(11).
6. Regish KM, Sharma , Prithviraj DR. Techniques of Fabrication of Provisional Restoration: An Overview. International Journal of Dentistry. 2011 August ; 2011.
7. Çakmak G, Yilmaz H, Aydog Ö, Yilmaz B. Flexural strength of CAD-CAM and conventional interim resin materials with a surface sealant. The Journal of Prosthetic Dentistry. 2020 Dec; 124(6).
8. Astudillo-Rubio D, Delgado-Gaete A, Bellot-Arcís C, Montiel-Company JM, Pascual-Moscardó , Almerich-Silla JM. Mechanical properties of provisional dental

- materials: A systematic review and meta-analysis. PLOS ONE. 2018 February ; 18(3).
9. Jeong KW, Kim SH. Influence of surface treatments and repair materials on the shear bond strength of CAD/CAM provisional restorations. The Journal of Advanced Prosthodontics. 2019 Apr; 11(2).
  10. Alharbi N, Osman R, Wismeijer D. Effects of build direction on the mechanical properties of 3D-printed complete coverage interim dental restorations. The Journal of Prosthetic Dentistry. 2016 Jun; 115(6).
  11. Park SM, Park JM, Kim SK, Heo SJ, Koak JY. Flexural Strength of 3D-Printing Resin Materials for Provisional Fixed Dental Prostheses. Materials. 2020 Sep; 13(18).
  12. Singh A, Garg S. Comparative Evaluation of Flexural Strength of Provisional Crown and Bridge Materials-An In vitro Study. Journal of Clinical and Diagnostic Research. 2016 Aug; 10(8).
  13. Patras , Naka O, Doukoudakis S, Pissiotis A. Management of provisional restorations deficiencies: a literature review. Journal of Esthetic and Restorative Dentistry. 2012 February; 24(1).
  14. Sampaio DDS, MS, PhD , Nieman DDS KD, Schweitzer DDS DD, Hirata DDS, MS, PhD , Atria DDS, MS PJ. Microcomputed tomography evaluation of cement film



thickness of veneers and crowns made with conventional and 3D printed provisional materials. *J Esthet Restor Dent.* 2020 August; 1(9).

15. Digholkar , Madhav VNV, Palaskar J. Evaluation of the flexural strength and microhardness of provisional crown and bridge materials fabricated by different methods. *The Journal of Indian Prosthodont Society.* 2016 Oct-Dec; 16(4).
16. Abdullah A, Tsitrou E, Pollington S. Comparative in vitro evaluation of CAD/CAM vs conventional provisional crowns. *J Appl Oral Sci.* 2016 May-Jun; 24(3).
17. Al-Dwairi Z, Tahboub KY, Baba Z, Goodacre CJ, Ozcan. A Comparison of the Surface Properties of CAD/CAM and Conventional Polymethylmethacrylate (PMMA). *Journal of Prosthodontics.* 2019 February; 28(4).
18. Sulaiman ,TA, Suliman ,AA, Mohamed ,EA, Rodgers ,B, Altak ,A, Johnston ,WM. Optical properties of bisacryl-, composite-, ceramic-resin restorative materials: An aging simulation study. *J Esthet Restor Dent.* 2020 Sep; 1(6).
19. Padunglappisit C, Posaya-anuwat S, Sompoch V, Piyawiwattanakoon P, Panpisut P. Effects of Different Amine Activators on the Monomer Conversion, Biaxial Flexural Strength, and Color Stability of Experimental Provisional Dental Restorations. *European Journal of Dentistry.* 2021 July; 15(3).
20. DMG América. LuxaCrown. *Dental Product Shopper.* ; 15(1).

21. Sathe S, Karva S, Borle A, Dhamande M, Jaiswal T, Nimonkar S. Comparative Evaluation of the Effect of Three Polishing Agents on Staining Characteristics of Provisional Restorative Material:” An in vitro Study. *Journal of International Society of Preventive and Community Dentistry*. 2020;; p. 250-255.
22. Blatz MB, Chiche G, Bahat O, Roblee R, Coachman C. Evolution of Aesthetic Dentistry. *Journal of Dental Research*. 2019 Nov; 98(12).
23. Sakaguchi , Ferracane J, Powers. Restorative Materials—Composites and Polimers. In Sakaguchi R, Ferracane J, Powers J. *Craig"s RESTORATIVE DENTAL MATERIALS*. St Louis, United States: Elsevier - Health Sciences Division ; 2019. p. 135-170.
24. Tom TN, Uthappa MA, Sunny K, Begum F, Nautiyal M, Tamore S. Provisional restorations: An overview of materials used. *Journal of Advanced Clinical & Research Insights*. 2016 Nov-Dec; 3(6).
25. Gandhimathi J, Kanmani M, Nasreen S, Vinayagavel K, Sabarigirinathan C, Srinidhi L. Recent Advances in Provisional Restorations. *Journal of Dental and Medical Sciences*. 2019 April; 18(4).
26. Pituru SM, Greabu M, Totan A, Imre M, Pantea M, Spinu T, et al. A Review on the Biocompatibility of PMMA-Based Dental Materials for Interim Prosthetic Restorations with a Glimpse into Their Modern Manufacturing Techniques. *Materials*. 2020 Jun; 28(13).

27. Lee, BS, J, Clark, DDS SR, Tantbiroj, DDS, MS, PhD D, Koriath, DDS, PhD TVP, Hill, DDS AE, Versluis, PhD A. Strength and stiffness of interim materials and interim fixed dental prostheses when tested at different loading rates. *The Journal of Prosthetic Dentistry*. 2020 Nov; 17.
28. Gantz L, Fauxpoint , Arntz Y, Pelletier H, Etienne, O. In vitro comparison of the surface roughness of polymethyl methacrylate and bis-acrylic resins for interim restorations before and after polishing. *The Journal of Prosthetic Dentistry*. 2021 May; 125(5).
29. Takamizawa T, Barkmeier W, Tsujimoto A, Scheidel D, Erickson R, Latta M, et al. Mechanical Properties and Simulated Wear of Provisional Resin Materials. *Operative Dentistry*. 2015 Nov-Dec; 40(6).
30. Yadav R, Kumar M. Dental restorative composite materials: A review. *Journal of Oral Biosciences*. 2019 Jun; 61(2).
31. Christensen, D.D.S., M.S.D., Ph.D. GJ. The fastest and best provisional restorations. *Journal of the American Dental Association*. 2003 May; 134(5).
32. Gratton DG, Aquilino SA. Interim restorations. *Dental Clinics of North America*. 2004 Apr; 48(2).

33. Hensel F, Koenig A, Doerfler HM, Fuchs F, Rosentritt M, Hahnel S. CAD/CAM Resin-Based Composites for Use in Long-Term Temporary Fixed Dental Prostheses. *Polymers*. 2021 October; 13.
34. Sulaiman T. Mechanical and optical properties of a novel bis-acryl ‘semi-permanent’ restorative material. [Online]. [cited 2021 Noviembre 10. Available from: [https://dmg-connect.com/wp-content/uploads/2020/10/UNC\\_LuxaCrown-Final-Report.pdf/](https://dmg-connect.com/wp-content/uploads/2020/10/UNC_LuxaCrown-Final-Report.pdf/)].
35. Amayev O, Teramoto L, Walker, TG. LUXACROWN: A strong, durable, and esthetic semi-permanent crown and bridge material that bridges. *Dental Product Shopper*. ; 15(1).
36. Coutinho CA, Hegde D, Sanjeevan V, Coutinho IF, Priya A. Comparative evaluation of color stability of three commercially available provisional restorative materials: An in vitro study. *The Journal of Indian Prosthodontic Society*. 2021 Apr; 21(2).
37. Cervino , Cicciù M, Scott Herford A, Germanà A, Fiorillo L. Biological and Chemo-Physical Features of Denture Resins. *Materials*. 2020 July; 13(15).
38. Bacali C, Baldea L, Moldovan M, Carpa R, Olteanu DE, Filip GA, et al. Flexural strength, biocompatibility, and antimicrobial activity of a polymethyl methacrylate denture resin enhanced with graphene and silver nanoparticles. *Clinical Oral Investigations*. 2019 October; 22.

39. Zafar MS. Prosthodontic Applications of Polymethyl Methacrylate (PMMA): An Update. *Polymers*. 2020 October; 8(12).
40. Alp G, Murat S, Yilmaz B. Comparison of Flexural Strength of Different CAD/CAM PMMA-Based Polymers. *American College of Prosthodontic*. 2019 Feb; 28(2).
41. Miguel Stanley AGPIMCC. Fully digital workflow, integrating dental scan, smile design and CAD-CAM: case report.. *BMC Oral Health*. 2018 Aug; 7(18).
42. Vandenberghe B. The crucial role of imaging in digital dentistry. *Dent Mater*. 2020 May; 36(5).
43. Markus B Blatz JC. The Current State of Chairside Digital Dentistry and Materials. *Dent Clin North Am*. 2019 April; 63(2).
44. Suese K. Progress in digital dentistry: The practical use of intraoral scanners. *Dental Materials Journal*. 2020 Jan; 31(39).
45. Taiseer A, Sulaiman BDS P. Materials in digital dentistry—A review. *J Esthet Restor Dent*. 2020 Jun; 32(2).
46. Kessler A, Hickel R, Reymus M. 3D Printing in Dentistry—State of the Art. *Operative Dentistry*. 2020 Feb; 45(1).

47. Albahri R, Yoon HI, Lee JD, Yoon S, Lee SJ. Shear bond strength of provisional repair materials bonded to 3D printed resin. *Journal of Dental Sciences*. 2020 May; 16.
48. Kessler A, Reymus M, Hickel R, Kunzelmann KH. Three-body wear of 3D printed temporary materials. *Dental Materials*. 2019 Dec; 35(12).
49. Strub JR, Rekow D, Witkowski S. Computer-aided design and fabrication of dental restorations. Current systems and future possibilities. American Dental Association. 2006 Sep; 137(9).
50. Alt V, Hannig M, Wöstmann B, Balkenhol. Fracture strength of temporary fixed partial dentures: CAD/CAM versus directly fabricated restorations. *Dental Materials*. 2011 Apr; 27(4).
51. ISO 2009. Dentistry -polymer-based filling, restorative and luting materials. International Standard; No. 4049:1–27. [Online].
52. Jo LJ, Shenoy KK, Shetty S. Flexural strength and hardness of resins for interim fixed partial dentures. *Indian J Dent Res*. 2011 Jan; 22(1).
53. Mehrpour H, Farjood E, Giti R, Ghasrdashti AB, Heidari H. Evaluation of the Flexural Strength of Interim Restorative Materials in Fixed Prosthodontics. *Journal of dentistry (Shiraz, Iran)*. 2016 Sep; 17(3).

54. Yao J, Li J, Wang Y, Huang H. Comparison of the flexural strength and marginal accuracy of traditional and CAD/CAM interim materials before and after thermal cycling. *The Journal of prosthetic dentistry*. 2014 Sep; 112(3).
55. Kadiyala KK, Badisa MK, Anne G, Anche SC, Chiramana S, Muvva SB, et al. Evaluation of Flexural Strength of Thermocycled Interim Resin Materials Used in Prosthetic Rehabilitation- An In-vitro Study. *Journal of Clinical and Diagnostic Research*. 2016 Sep; 10(9).
56. Morresi AL, D'Amario M, Capogreco , Gatto , Marzo G, D'Arcangelo C, et al. Thermal cycling for restorative materials: Does a standardized protocol exist in laboratory testing? A literature review. *Journal of the mechanical behavior of biomedical materials*. 2014 Jan ; 29.
57. Gale MS, Darvell BW. Thermal cycling procedures for laboratory testing of dental restorations. *Journal of Dentistry*. 1999 Feb ; 27(2).
58. Al-Qahtani AS, Tulbah HI, Binhasan M, Abbasi MS, Ahmed N, Shabib S, et al. Surface Properties of Polymer Resins Fabricated with Subtractive and Additive Manufacturing Techniques. *Polymers*. 2021 Nov; 13(23).
59. Arnold C, Monsees D, Hey J, Schweyen R. Surface Quality of 3D-Printed Models as a Function of Various Printing Parameters. *Materials*. 2019 June ; 12(12).

60. Dikova TD, Dzhendov DA, Ivanov D, Bliznakova K. Dimensional accuracy and surface roughness of polymeric dental bridges produced by different 3D printing processes. *Archives of Materials Science and Engineering*. 2018 December; 94(2).



## 15 ANEXOS

## DISEÑO METODOLÓGICO

