

Pontificia Universidad Católica Madre y Maestra  
Vicerrectoría Académica de posgrado  
Facultad de Ciencias de la Salud  
Departamento de Estomatología



**Trabajo de Investigación Final para optar por el título de  
Maestría de Prostodoncia e Implantología Oral**

”Evaluación de la estabilidad del color, resistencia a la flexión y la compresión de materiales provisionales a base de bisacrilato utilizados en prótesis fija”

**Sustentantes:**

Dra. Wanda M. Peguero (2014-6807)

Dra. Anadelin Cepeda (2014-6902)

**Asesor de Contenido:**

Dr. Claudio Bagnara

**Asesor Metodológico:**

Dra. Guadalupe Silva

Santo Domingo

Diciembre 2016

*“Declaramos, en mi calidad de autores de esta obra que cedemos de manera formal, gratuita, permanente y absoluta a la PUCMM todos los derechos patrimoniales, de forma no exclusiva, que ostentamos sobre nuestra creación, pudiendo expresamente la PUCMM explorarla a su mejor conveniencia, recibiendo si así fuere el caso, regalías por usos onerosos; que como autores exoneramos a la PUCMM de cualquier responsabilidad por reclamos en contra de lo creado y que autorizamos a que la misma sea protegida mediante las vías que a tales fines establece la ley, indicando siempre nuestra calidad de autores”*

---

---

*Nombres, matrículas y firmas*

**Pontificia Universidad Católica Madre y Maestra**  
**Vicerrectoría de Postgrado y Centro de Desarrollo Profesional**  
**Maestría Prosthodontia e Implantología Oral**



**”Evaluación de la estabilidad del color, resistencia a la flexión y la  
compresión de materiales provisionales a base de bisacrilato utilizados en  
prótesis fija”**

Yo, Wanda María Peguero Cáceres, a través del presente documento, autorizo a la Biblioteca de la Pontificia Universidad Católica Madre y Maestra a reproducir total o parcialmente mi tesis, tanto en soporte físico como digital, y a ponerla a disposición del público, mediante cualquier medio conocido (físico, en línea) o por conocer. Cualquier reproducción de este documento no debe ser para uso comercial o de lucro.

Firma del autor: \_\_\_\_\_

Yo, Anadelin Cepeda Burgos, a través del presente documento, autorizo a la Biblioteca de la Pontificia Universidad Católica Madre y Maestra a reproducir total o parcialmente mi tesis, tanto en soporte físico como digital, y a ponerla a disposición del público, mediante cualquier medio conocido (físico, en línea) o por conocer. Cualquier reproducción de este documento no debe ser para uso comercial o de lucro.

Firma del autor: \_\_\_\_\_

## Tabla de contenido

Capítulo I: INTRODUCCION .....	7
1. Aspectos introductorios de la investigación .....	9
1.1 Antecedentes .....	9
1.1.1 Estabilidad del color .....	9
1.1.2 Resistencia a la flexión .....	12
1.1.3 Resistencia a la compresión .....	14
1.2 Descripción del problema .....	15
1.3 Preguntas de investigación .....	15
1.4 Objetivos de investigación .....	16
1.1.4 Objetivo general .....	16
1.1.4.1 Evaluar la estabilidad del color, resistencia a la flexión y la compresión de materiales provisionales a base de bisacrilatos. ....	16
1.4.2 Objetivos específicos .....	16
1.4.2.1 Evaluar la estabilidad del color en diferentes marcas de bisacrilato de acuerdo a las sustancias expuestas, y al tiempo de exposición.....	16
1.4.2.2 Analizar mediante la prueba de compresión la resistencia a la rotura de diferentes marcas de bisacrilato. ....	16
1.4.2.3 Evaluar el módulo de elasticidad y carga máxima resistida mediante la prueba de resistencia a la flexión de diferentes marcas de bisacrilato. ....	16
1.5 Justificación de la investigación .....	16
1.6 Limitaciones y delimitaciones de la investigación .....	17
2. Definición de restauraciones provisionales en prostodoncia.....	18
3. Importancia de la provisionalización en prótesis fija.....	19
4. Materiales provisionales de resina compuesta.....	20
3.1. Protemp™ 4 .....	21
3.2. Systemp®. c&b II.....	21
5. Métodos de confección de provisionales.....	22
6. Color en odontología.....	23
5.1.1. Estabilidad del color .....	24
5.1.2. Factores a tomar en cuenta para la selección del color .....	25

5.1.3.	Metamerismo.....	27
5.1.4.	Espectrofotómetro .....	27
5.1.5.	CIELab .....	28
5.1.6.	Vita Easyshade .....	29
6.	Medición de resistencia a la compresión y a la flexión.....	30
6.1.	Resistencia a la compresión y a la flexión.....	31
6.2.	Resistencia a la compresión y a la flexión en odontología .....	32
3.1	Operacionalización de las variables .....	35
3.2	Enfoque y alcance o tipo de investigación.....	37
3.3	Población y muestra.....	37
3.3.1	Materiales a utilizar .....	37
3.3.2	Confección de las muestras.....	38
3.3.3	Prueba de estabilidad del color .....	42
3.3.4	Ensayo mecánico (Prueba de resistencia flexión y compresión).....	44
3.4	Instrumentos de Recolección, Análisis y Medición de Datos .....	46
3.4.1	Insumos e instrumentos a utilizar.....	46
3.5	Análisis de Datos .....	46
Capítulo IV: ANALISIS DE RESULTADOS .....		47
4.1	Prueba de resistencia a la compresión .....	47
4.2	Prueba de resistencia a la flexión .....	47
4.3	Pruebas Estabilidad de Color .....	48
4.3.1	Grupo I. Protemp™4 3M ESPE .....	48
4.3.2	Grupo II. System c&b II Ivoclar Vivadent.....	51
Capítulo V: DISCUSIÓN Y CONCLUSION .....		53
Referencias bibliográficas .....		57
Anexos .....		61

## Resumen

Objetivo: comparar la estabilidad del color, resistencia a la flexión y compresión de dos marcas comerciales de bisacrilato (Protemp™ 4 3M ESPE y Systemp®. c&b Ivoclar Vivadent) utilizados en protodoncia. Materiales y método: en estabilidad del color las muestras fueron sumergidas en sustancias con alto grado de pigmentación, prueba de color a los 7, 15 y 30 días utilizando el espectrofotómetro Vita Easyshade. En las pruebas de resistencia a la flexión y compresión se utilizó la maquina Instron 3669 donde se aplicaron cargas hasta su ruptura. Resultado: se observó una diferencia significativa en la estabilidad del color, pruebas de resistencia a la flexión y compresión, entre las casas comerciales. Conclusión: el material que presentó mejor comportamiento en estabilidad de color fue Protemp™ 4, con mayor pigmentación a los 7 días sumergido en café. Para resistencia a la flexión > Protemp™ 4, mientras Systemp®. c&b > resistencia a la compresión.

Palabras Clave: marca comercial, color, restauración dental provisional

## **Capítulo I: INTRODUCCION**

Según el glosario de términos de prostodoncia, las restauraciones temporarias o provisionales son aquellas que están diseñadas con el objetivo de mantener estabilidad, buena estética y función durante un período limitado, las cuales deben ser sustituidas por una prótesis definitiva cuando el trabajo protésico vaya ser concluido. A menudo, tales prótesis son utilizadas para ayudar en la determinación de la eficacia terapéutica de un plan de tratamiento o la forma y función del plan de la prótesis definitiva. (1,2)

Para cumplir con los requisitos de un provisional adecuado, las restauraciones temporales deben tener propiedades mecánicas y físicas que sean ideales, dentro de las cuales se pueden mencionar; elevada resistencia a la flexión, al desgaste y a la fractura, los suficientes para ofrecer soporte funcional, así como las fuerzas de remoción. Además, deben presentar estabilidad dimensional, integridad marginal, propiedades de fácil manipulación y propiedades biológicas favorables para mantener la salud periodontal. Al igual que, estabilidad de color la cual es muy importante para proporcionar buena estética, durante su tiempo de utilidad.(1)

La estabilidad del color no solo dependerá de las propiedades físicas y químicas el material, sino también de la exposición a sustancias colorantes como té, salsa de soya, vino tinto, enjuagues bucales a base de clorhexidina, café, cocoa, etc.(3)

Uno de los inconvenientes que pueden presentar las prótesis provisionales es la fractura, esto además de crear inconformidad al paciente trae pérdidas monetarias. Estas fracturas pueden ocurrir debido a una oclusión incorrecta, bruxismo y trauma, además puede ocurrir durante la oclusión normal cuando el paciente presenta prótesis extensas. (4)

En ocasiones, las restauraciones provisionales son utilizadas en zona estética y deben ser utilizadas durante períodos prolongados de tiempo, la estabilidad del color de los materiales provisionales no solo se refiere a las propiedades físicas y químicas de la resina, sino también a los hábitos alimenticios de los pacientes.(2,5)

Esta investigación se enfocó en el estudio de la estabilidad del color utilizando el espectrofotómetro el cual nos dio el color en coordenada cilíndrica  $L^* C^* h^*$  y  $\Delta E$ , además de la resistencia a la flexión y la compresión utilizando una máquina Instron 3669.

Para la realización de esta investigación es necesario el conocimiento del tema, por eso se desarrollaron diversos temas divididos por capítulos. En el capítulo I se desarrollaron los aspectos introductorios donde se habla de los antecedentes de estabilidad del color, resistencia a la flexión, resistencia a la compresión. Se realizó una descripción del problema, más adelante están las preguntas de investigación planteadas y los objetivos divididos en: objetivo general y objetivos específicos. Además de la justificación, las limitaciones y delimitaciones de la misma.

En el capítulo II abordó el marco teórico donde se comentaron los temas concernientes a la definición e importancia de restauraciones provisionales en prótesis fija, también se describieron los materiales provisionales de resina compuesta utilizados para el desarrollo de este estudio (Protemp™ 4 y Systemp c&b), además de los métodos de confección de provisionales y el significado de color en odontología, como también la estabilidad del color, factores que afectan su selección, metamerismo, espectrofotómetro, el sistema CIELab y el Vita Easyshade. Por otro lado, se definieron las generalidades de resistencia a la flexión y a la compresión y su comportamiento en odontología.

Siguiendo con el capítulo III se detalló la metodología que se realizó para llevar a cabo la investigación, describiendo la operacionalización de las variables, el enfoque y alcance o tipo de investigación, población y muestras, materiales a utilizar, proceso de confección de las muestras, proceso de la prueba de estabilidad de color y el ensayo mecánico de prueba de resistencia a la flexión y compresión. Se definió también el instrumento utilizado para la recolección, análisis y medición de datos, insumos e instrumentos a utilizar y por último el análisis de los datos.

En el capítulo IV se discutieron los resultados obtenidos, que responden a las preguntas de investigación y por último el capítulo V se relató la discusión y conclusión obtenida. Más adelante referencias bibliográficas y anexos.

## 1. Aspectos introductorios de la investigación

### 1.1 Antecedentes

#### 1.1.1 Estabilidad del color

Los estudios para evaluar la estabilidad del color, remota desde los años 1900, lo cual comprueba que es una necesidad que ha preocupado al odontólogo desde hace décadas. Un estudio realizado en el 1997 por Scotti et al (3) en el cual se hizo un estudio comparativo, *in vitro* con el objetivo de observar la evolución de la variación del color en distintas resinas acrílicas. Fueron utilizadas cuatro resinas acrílicas para la confección de provisionales en prótesis fija (Cold Pac, Trim, Protemp y Mixacryl II). Treinta y dos muestras para cada resina fueron divididos en cuatro subgrupos de 8 elementos, inmerso en las cuatro soluciones de tinción (saliva sintética, saliva sintética y té, saliva sintética y café, y saliva sintética y clorhexidina en solución acuosa 0,12%). Luego de esto fueron colocados en cuatro baños termostáticos a temperatura de  $37^{\circ}\text{C} \pm 1^{\circ}\text{C}$ . Allí las muestras fueron medidas para cada grupo de resina acrílica antes de la inmersión (baseline). Pasados los 20 y 30 días, las muestras fueron analizadas por un espectrofotómetro computarizado y fueron comparadas. Todos los datos obtenidos pasaron a un análisis de varianza de medidas repetidas ( $P < 0.5$ ), en el cual se obtuvo que sólo para la resina acrílica Cold Pac se demostró estabilidad del color después de sumergidas en todas las soluciones de tinción, mientras que los otros mostraron cambios de color de manera significativa.

Otro estudio realizado por Givens et al (6) en 2008 realizaron una investigación con el objetivo de evaluar la discrepancia marginal y la estabilidad del color de dos acrílicos autocurables y resinas bisacrílicas de acción dual. Se confeccionaron discos de cada material provisional utilizando un molde de metal, luego se colocaron en una máquina rotativa con té en su interior por una semana. El color se tomó antes de sumergirlos en la solución y después de semana en este. Esto dio como resultado que el material con más cambio de color fue una el bisacrilato (Protemp 3 Garant).

Blasi et al (7) en el 2011 realizaron un estudio con el objetivo de evaluar la estabilidad del color del acrílico y las resinas bisacrílica, se compararon cuatro

marcas disponibles en el mercado, Integrity, Structur 2 CS, Protemp 4 y Trim (grupo control). Se confeccionaron discos siguiendo las indicaciones del fabricante y se pulieron. Se midió el color utilizando un espectrofotómetro, luego todos los disco se llevaron a termociclado, se lavaron con agua destilada y fueron sumergidas en café, té, coca cola y vino por 24 horas, después se lavaron con agua destilada se secaron con gasas estériles y se les tomó el color. Esto dio como resultado que el valor de todos los materiales fue superiores a los clínicamente aceptados.

Por otro lado, este estudio refiere que existe un debate para determinar si el valor de  $\Delta E$  representa un cambio característico en el color. Varios autores refieren que un valor de  $\Delta E$  igual o superior a 3,3 es visualmente perceptible y clínicamente inaceptable para el 50% de los observadores entrenados. En este estudio, para estandarizar la toma de color, se utilizó el espectrofotómetro en una habitación oscura y con un fondo negro

Para el 2011 Gaurav et al (8) realizaron un estudio intentando conseguir lo mismo de los mencionados anteriormente; evaluación de la estabilidad del color para cuatro materiales provisionales. Los materiales utilizados en este estudio fueron: metacrilatos de poli-metilo (DPI); Bisacrilato compuesto (II Protemp-3M ESPE); Compuesto de bisacrilato (Systemp® C y B-Ivoclar Vivadent) y resina compuesta y Luz polimerizable (Revotek LC-GC). Fabricaron 160 muestras que luego se dividieron en 4 grupos de 40 especímenes cada uno, agrupándolos de acuerdo a su casa comercial. Cada una de las muestras fabricadas fue pulida, dejando una superficie lisa y brillante. Luego se tomó el color al inicio de cada uno de los especímenes, utilizando un espectrofotómetro. El siguiente paso fue sumergirlo en las soluciones de tinción, dentro de las cuales fueron usados té, café, pepsi y solución tumerica. Fueron conservados a una temperatura de 37°C, controlada con un termómetro. En cada solución, se utilizó saliva artificial con el objetivo de simular las condiciones orales reales. El color fue evaluado a los 5, 7, 10 y 15 días. Antes de evaluar el color eran lavados a chorro con agua destilada por 5 minutos y secados con papel toalla.

El autor refiere que el máximo de tiempo que un provisional puede ser utilizado en boca son 15 días por eso este fue el máximo de tiempo. Los resultados obtenidos

fueron calculados con la fórmula de CIELab. Como resultado se obtuvo que Revotek LC-GC (resina compuesta polimerizada luz) fue el material más estable del color restaurador provisional seguido por el Protemp II (compuesto bisacrilato), Systemp (compuesto bisacrilato) y por último PPP (resina de metacrilato de metilo), presentando mayor tinción. De acuerdo al potencial de tinción de las soluciones utilizadas, el resultado es que la solución tumericada tenía el potencial de tinción máxima seguido por el café, el té y Pepsi.

Más adelante en el 2012 Jalali et al (5) realizaron un estudio para evaluar la estabilidad del color en materiales que son utilizados para restauraciones provisionales. Ellos tenían como objetivo investigar el efecto del té en materiales utilizados para la confección de restauraciones temporarias. Esta investigación fue diseñada con el objetivos de medir el grado de cambio de color de tres materiales a base de resina acrílica utilizados para la confección de provisionales, antes y después de su inmersión en saliva artificial y una solución de saliva artificial más té, en un tiempo de 2 y 4 semanas. Los tres acrílicos utilizados fueron Duralay, Tempron y Acropars.

Los resultados arrojaron que el Duralay y el Temprom mostraron mayor estabilidad del color estos estando inmerso en saliva artificial, en comparación con el Acropars, en cambio, luego de ser sumergidos en saliva artificial con te, el Tempron mostró mayor estabilidad comparados con el Duralay y el Acropars. (5)

Gujjari et al (1) en 2013 realizaron una investigación con el fin de evaluar la estabilidad del color de coronas y puentes a base de PMMA (DPI Selfcure) y bisacrilato (Protemp 4) expuestas a café, té, cola y tinción de comida. Para la medición del color se utilizaron discos de cada uno de las diferentes marcas comerciales a estudiar, se les tomó en color antes de iniciar luego se sumergieron en las soluciones ya mencionadas y se incubaron a 37°C, el color se evaluó la los 3 y 7 días. Luego los especímenes se lavaron, secaron y se les tomó el color con un espectrofotómetro. De acuerdo a los resultados arrojados por las tablas a los 7 días hubo mayor tinción en todas las muestras; el café fue la solución que causó más cambio de color, seguido por el té, la pepsi y por último los tintes de comida. Las siguientes fueron las conclusiones a las que llegaron los autores al terminar su

investigación. El PMMA mostró cambios de color aceptables después de 3 días inmersas en todas las soluciones de tinción, pero mostró valores de cambio de color inaceptable después de 7 días de inmersión en soluciones de saliva artificial + té saliva artificial + café.

El bisacrilato mostró cambio de color inaceptables en saliva artificial + solución de café después de 3 días de inmersión, y después de 7 días de inmersión se observó un cambio de color inaceptables en saliva artificial + solución de café, saliva artificial + solución de té, saliva artificial + solución de cola y solución de saliva artificial + colorante alimenticio.(1)

Se concluye que la saliva artificial + solución de café tiene la mayor capacidad de tinción, seguida de saliva artificial + solución de té y solución de saliva artificial + cola, y la menor capacidad de tinción se observó en saliva artificial + solución de colorante de alimentos. A medida que la duración de la inmersión aumenta, así mismo aumentó el cambio de color en las muestras. Por lo tanto, el tiempo es también un factor importante en la tinción de materiales a base de resina para la confección de coronas y puentes provisionales.(1)

### **1.1.2 Resistencia a la flexión**

En un estudio realizado por Nejatidanesh et al (9) en 2009 compararon la resistencia a la flexión de materiales para provisionalización en prótesis fija. Entre los materiales estaban etil metacrilato (Acropars, Tempron), metil metacrilato (Duralay, Unifast LC), bisacrilato (Protemp 3 Garant, TempSpan), viniletil metacrilato (Trim). Se realizaron 10 muestras de cada material provisional de acuerdo a las instrucciones del fabricante, estos se almacenaron en saliva artificial a 37°C por 14 días, para luego ser termocicladas por 2500 ciclos. Estos se colocaron en una máquina de prueba (H 100, Dartec, Surrey, U) de tres puntos de ensayo de flexión con una velocidad de 0,75 mm / min. La fuerza de fractura se midió en Newtons y luego se convirtió a Mpa. El material para provisionales que mostro mayor resistencia a la flexión fue el bisacrialto (TempSpan), siendo el de más baja resistencia a la flexión el viniletil metacrilato (Trim). (9)

En 2011 Liju et al (10) realizaron un estudio con el fin de valorar la resistencia a la flexión y la dureza de materiales para fabricación de provisionales. Los materiales utilizados fueron Revotek (grupo RLC), Protemp II (grupo PSC), Acry-lux V con monómero regular (grupo AHC), Acry-lux V con monómero de autocurado (grupo ASC), DPI (grupo DSC). (10) Se realizaron 10 muestras de cada material de acuerdo a las instrucciones del fabricante, se almacenaron en agua destilada, se pulieron y se almacenaron en saliva artificial por 10 días. Cada muestra se sometió a un ensayo de flexión de tres puntos con una velocidad de 2 mm / min usando un aparato de prueba universal (modelo 4206, Instron Corp., Canton, Mass.). La carga se aplicó en el centro de las muestras hasta su fractura y estas fueron anotadas a kilogramos para luego ser convertida a megapascuales (Mpa). El material que obtuvo mayor resistencia a la flexión fue el Acry-lux V, seguido del Protemp II. (10)

Gujjari et al (1) realizaron una investigación para comprobar la resistencia a la flexión de materiales para la confección de provisionales a base de polimetilmetacrilato (PPMA) y bisacrilato. En este estudio también se comprobó la estabilidad del color y explica que la resistencia a la compresión y a la flexión al igual que la estabilidad del color de los materiales provisionales a base de bisacrilato puede estar influenciados por la saliva, componentes de bebidas y alimentos.

Entre los resultados estuvo que hubo una disminución en la resistencia a la flexión de los bisacrilatos sumergidos en saliva artificial más refresco de cola en comparación con el grupo control. (1)

Romil et al en 2012 (11) evaluaron la resistencia a la flexión de tres materiales para la confección de provisionales, resinas acrílicas autocurables y termocurables y resina compuesta autopolimerizable (Protemp Garant 3) y resina compuesta fotopolimerizable ( Revotek LC). Se confeccionaron 50 muestras de cada material con medidas 26 mm de longitud, 10 mm de ancho y 2 mm de espesor. La máquina utilizada para medir la resistencia a la flexión fue la Instron universal testing machine a una velocidad de 1.25 mm/min. Los resultados demuestran que el material que presentó mayor resistencia a la flexión fue la resina acrílica termocurable y la que presentó menor resistencia fue la resina compuesta fotopolimerizable.

### **1.1.3 Resistencia a la compresión**

Un estudio realizado por Karakoutan et al.(4) en 2015 tenía como objetivo evaluar el efecto de método de fabricación y el tipo de material en la resistencia a la fractura. Los materiales utilizados fueron Imident (polimetilmetacrilato), Structur Premium (bisacrilato), Systemp c&b II (poliuretano polimetacrilato), Acrytemp (bisacrilato), Takilon BBF (polimetil metacrilato), Temdent Classic (polimetil metacrilato), Cercon Base (metacrilato de metilo altamente reticulado). Se utilizaron segundos premolares los cuales se les realizó una matriz para posteriormente ser tallados.(4) Los materiales para provisionales fueron preparados según las instrucciones del fabricante, para los provisionales de Cercon Base se escaneo el modelo maestro. Los especímenes se sometieron a una carga compresiva en un ángulo de 90 grados en el centro de los mismos. (4)

Los resultados arrojaron que la mayor resistencia a la fractura la obtuvieron el grupo a base de resina compuesta (Structur Premium seguido de Systemp c&b II). Del grupo de PMMA el que mostro el valor más bajo fue el Takilon y el Temdent y el Imident el más alto valor. El Cercon Bae el cual se fabricó en CAD-CAM mostró el mismo valor que el Systemp c&b II. (4)

Zortuk, et al (12) en el 2010 realizaron un estudio para analizar la resistencia a la fractura de diferentes materiales provisionales utilizando especímenes preparados en forma de premolares. Se confeccionaron 30 moldes de latón que simularan una preparación dental. Para que todos los provisionales salieran iguales se utilizó un molde que se adaptaba a los otros moldes con la preparación dejando un espacio negativo de 9.5 de diámetro y 8.5 de profundidad. Los materiales utilizados fueron Temdet Classic (PMMA), Tempofit Duomix (bisacrilato), Protemp III (bisacrilato). Luego que se confeccionaron los especímenes estos fueron almacenados por 14 días a 37<sup>0</sup> C.

Para la prueba de fractura se utilizó una máquina Testometric, la cual tiene una punta hemisférica. La fuerza aplicada fue de 0.5 mm/min. Entre los resultados arrojados esta que el material que presentó mayor resistencia a la fractura fue el Temdent Classic (PMMA) y el que presentó menos fue el Protemp III (bisacrilato).

## 1.2 Descripción del problema

La provisionalización fija en el sector anterior demanda de mucha estética y buena resistencia, además deben restaurar la función perdida del diente al que sustituyen. La existencia de un material que presente altas propiedades físicas y mecánicas, como resistencia a la flexión, alta resistencia a la fractura, estabilidad dimensional y como consecuencia buena adaptación marginal y estabilidad del color es de gran necesidad. (6,7)

Durante la etapa de la provisionalización el paciente puede tener una idea de cómo quedará la prótesis definitiva; la falta de estabilidad de color del mismo puede afectar la aceptación del paciente, ya que va a requerir de más visitas al odontólogo y el paciente sentirá inseguridad en sus actividades sociales diarias. En los últimos años, el uso de los bisacrilatos ha aumentado, gracias a su fácil manipulación, pero algunos autores afirman que estos poseen gran capacidad de absorción por lo que los pigmentos externos podrían modificar su color original, lo que ha llevado al operador a utilizarlos por tiempos no muy prolongados, lo cual implica un cambio periódico que aumenta el costo para el paciente. (7,8)

Además de las sustancias pigmentantes, las restauraciones provisionales están expuestas a fuerzas masticatorias y parafunciones, por lo que este tipo de material debe presentar excelente resistencia a la flexión y la compresión, esto reduce el riesgo de perforaciones o fracturas y mantiene en total integridad de estas restauraciones a largo plazo. (10,11)

Para estudiar la problemática planteada fueron sometidas diferentes marcas comerciales de bisacrilato a sustancias con alta capacidad de pigmentación durante distintos períodos de inmersión, así como también se someterán a fuerzas para determinar su resistencia a la compresión y a la flexión para evaluar la efectividad de este material para la provisionalización.

## 1.3 Preguntas de investigación

- ¿Cuál de las dos casas comerciales de bisacrilatos evaluadas presentó mayor estabilidad del color?

- ¿Cuál de las cuatro sustancias (café, refresco carbonatado, vino tinto y agua) utilizadas produjo más cambio de color en los bisacrilatos estudiados?
- De los períodos de tiempos evaluados (7 días, 15 días y 30 días), ¿En cuál de los días se alcanzó mayor grado de tinción?
- ¿Cuál de las dos casas comerciales de bisacrilato presentó mayor resistencia a la rotura en las pruebas de compresión?
- ¿Cuál de las dos casas comerciales de bisacrilatos presentó mayor módulo de elasticidad y carga máxima en las pruebas de resistencia flexural?

## **1.4 Objetivos de investigación**

### **1.1.4 Objetivo general**

- 1.1.4.1** Evaluar la estabilidad del color, resistencia a la flexión y la compresión de materiales provisionales a base de bisacrilatos.

### **1.4.2 Objetivos específicos**

- 1.4.2.1** Evaluar la estabilidad del color en diferentes marcas de bisacrilato de acuerdo a las sustancias expuestas, y al tiempo de exposición.
- 1.4.2.2** Analizar mediante la prueba de compresión la resistencia a la rotura de diferentes marcas de bisacrilato.
- 1.4.2.3** Evaluar el módulo de elasticidad y carga máxima resistida mediante la prueba de resistencia a la flexión de diferentes marcas de bisacrilato.

## **1.5 Justificación de la investigación**

La realización de este trabajo de investigación es de suma importancia ya que con los resultados extraídos del mismo, el odontólogo tendrá mayor criterio a la hora de elegir el material provisional a base de bisacrilato, buscando principalmente las mejores características de estabilidad del color, resistencia a la compresión y resistencia a la flexión. Dichas características juegan un papel importante cuando el trabajo requiere alta calidad y el técnico de laboratorio requiere un tiempo prolongado para tener lista la prótesis fija definitiva.

## **1.6 Limitaciones y delimitaciones de la investigación**

Esta investigación se pudo ver comprometida si faltaba de unos de los materiales a estudiar a base de bisacrilato o la falta de algunos de los equipos para la realización de esta investigación.

La investigación estuvo delimitada por las muestras que se confeccionaron a base de bisacrilato y luego fueron estudiadas en el laboratorio de materiales del Instituto Tecnológico de Santo Domingo (INTEC). La máquina utilizada fue la Instron 3369, la cual permite medir a resistencia a la flexión y a la compresión a una velocidad de 2mm/min, la cual se aplicó hasta alcanzar la fractura del material. Además de las pruebas mencionadas anteriormente, se estudió la estabilidad del color. Dicho estudio estuvo delimitado por sustancias de tinción (vino tinto, café, refresco rojo y agua) y el instrumento que ayudó a comprobar el cambio de color, conocido como el espectrofotómetro (VITA Easyshade).

## **Capítulo II: MARCO TEÓRICO**

A continuación, se desarrolla el marco teórico de esta investigación donde se tratarán diversos temas relacionados, que llevarán al lector al entendimiento del mismo. Se empezará con la definición de las restauraciones provisionales en prostodoncia, para luego seguir con importancia de provisionalización en prótesis fija y materiales provisionales de resina compuesta. Lo siguiente será una breve descripción del Protemp™4 3M ESPE y del Systemp c&b II Ivovlar Vivadent, que serán los materiales estudiados en esta investigación. Más adelante se van a tratar temas como métodos de confección de provisionalización y color en odontología, se explicará también que es la estabilidad del color y cuáles son los factores que influyen para su selección. También se explicará que es el metamerismo, espectrofotómetro, sistema CIELab y el Vita Easyshade.

Luego se continuará con las propiedades físicas, donde se explicará la forma de medición de resistencia a la flexión y a la compresión, se definirán cada una de ellas y se describirá su utilidad y comportamiento en odontología.

### **1. Definición de restauraciones provisionales en prostodoncia**

Según el glosario de términos de prostodoncia, las restauraciones temporarias o provisionales son aquellas que están diseñadas con el objetivo de mantener estabilidad, buena estética y función durante un período limitado, las cuales deben ser sustituidas por una prótesis definitiva cuando el trabajo protésico vaya ser concluido. (2)

Las restauraciones provisionales son un componente crítico del tratamiento protésico fijo, tanto biológico como biomecánicamente. Estas restauraciones también son conocidas como las restauraciones temporales o de tratamiento. Esto es debido a que estas restauraciones se fabrican para imitar la restauración definitiva que eventualmente será colocada, y además son utilizadas para el diagnóstico en lo que respecta a la forma, el tamaño, el contorno y aspecto estético. Estas además de todo, deben ser consideradas igual de importantes que las restauraciones definitivas, con la única diferencia del material utilizado para su confección. (2)

## **2. Importancia de la provisionalización en prótesis fija**

La confección de provisionales en prótesis fija es de gran importancia porque esta nos ayuda a proteger el diente preparado y la pulpa mientras se confecciona la prótesis definitiva protegiendo así la preparación de trauma o de algún daño pulpar. Si el provisional se encuentra bien adaptado, este nos puede servir para la curación de los tejidos sanos que pudieron ser afectados durante la preparación del pilar y la toma de impresión. Otra importancia que presentan los provisionales es que ayuda al clínico a visualizar de manera más clara la oclusión y una evaluación maxilomandibular, para poder llevarla a la restauración final, así como a determinar la forma, la altura, tamaño, contorno, estética y color . (13,14)

Otra ventaja que presenta la provisionalización es que evita la migración de los pilares. Ayuda al clínico a manejar al paciente en el ámbito psicológico para el entendimiento mutuo de los resultados del tratamiento y sus limitaciones. (15) Además estos sirven para la estabilización de dientes con movilidad durante la terapia periodontal, así como la evaluación de la dimensión vertical, fonética, masticación y función adecuada, además con la provisionalización se puede conseguir la evaluación de la lateralidad y protrusiva. (14)

El tratamiento provisional también es una herramienta importante para el manejo psicológico de los pacientes, donde se puede identificar que ambos se entienden durante el proceso del tratamiento y las limitaciones que podría tener el mismo. Por lo tanto, es comprensible que la realización de este paso es esencial y la calidad de las restauraciones provisionales puede ser la diferencia para evitar un fracaso posterior. Es importante reconocer que el objetivo principal debe ser la construcción de restauraciones provisionales bien contorneadas y bien ajustadas, con buenas propiedades de resistencia a las cargas que serán expuestas y buena estabilidad del color. Las cuales mantengan su integridad durante el tiempo que estarán en función en la cavidad oral del paciente, el cual inicia desde la preparación del diente hasta la finalización del tratamiento definitivo. (16)

### **3. Materiales provisionales de resina compuesta**

Las resinas bisacrílica son las formas de provisionalización más recientes en el mercado. Estas pueden estar compuestas de bisacrilato o bis-GMA o resinas de goma de uretano. Según su polimerización pueden ser, fotopolimerizable, autopolimerizables y de polimerización dual. (13,15)

El iniciador más común que se utiliza en materiales de autocurado es el peróxido de benzoilo, el cual es activado por una amina terciaria. La amina terciaria es quien reduce la energía térmica lo que descompone el iniciador en radicales libres a temperatura ambiente lo que finalmente logra iniciar la reacción de polimerización. Mientras que los de curado dual contienen además iniciadores químicos y activador de curado que es la canforquinona. La canforquinona en combinación con una amina orgánica (dimetilaminoetilmetacrilato) genera radicales libres bajo la radiación en luz visible en longitudes de onda de 470 nanómetros. (17)

Esta facilita la manipulación por parte del profesional debido a su sistema de autosuministrado. Presentan una composición que proporciona las mismas características de los materiales compuestos, por lo que mejoran sus propiedades mecánicas. (15,18)

Los materiales compuestos para provisionalización por lo general tienen un número significativamente menor de contracción que las resinas acrílicas, esto se debe a la presencia de relleno de vidrio radiopaco, lo cual también mejora el ajuste de la restauración provisional a la preparación del diente y las características de desgaste del material. (13)

El bisacrilato posee una formulación a base de pasta-pasta la cual conlleva 3 fases para la polimerización. En la fase 1 el material se presenta como una pasta fluida que se adapta a la preparación y se vuelve elástica de 60-75 segundos. En la fase 2 que se extiende por 4 minutos hay una reacción de polimerización por entrecruzamiento que hace que el material alcance una alta resistencia a la compresión. En la fase final la resina alcanza su dureza final a los 5 minutos del mezclado inicial, ya la restauración puede ser ajustada, pulida y cementada. (13,15)

Las resinas compuestas utilizadas para la confección de provisionales poseen las siguientes ventajas: (15)

- Es una resina con relleno, por lo cual es más resistente a los solventes alimenticios y más resistente al desgaste oclusal, a diferencia de las resinas acrílicas.
- Es rápido y fácil de usar debido a la capacidad de polimerizado que le permite ser retirado entre 75 y 90 segundos con menos posibilidad de causar daños térmico en la pulpa y los tejidos gingivales.
- Es flexible haciendo más fácil la inserción y extracción.
- Mínima contracción de polimerización y mínimo calor de polimerización.

### **3.1. Protemp™ 4**

Es un material provisional a base de bisacrilato de la casa comercial 3M ESPE. Entre los beneficios de este material esta una mayor resistencia a la fractura y mejor estabilidad a la abrasión debido a la inclusión de tecnología de relleno, alta estética y confort para el paciente, buena estabilidad del color, brinda una superficie lisa y alta fluorescencia en distintas condiciones de luz e incluso en luz ultravioleta, y una fácil manipulación.(19)

Está indicada en coronas, puentes, inlays, onlays, carillas y provisionalización sobre implante. Este viene en tono bleach, A2, A3, A3.5 y B3. (19)

### **3.2. Systemp®. c&b II**

Material provisional autopolimerizable de la casa comercial Ivoclar Vivadent, a base de bisacrilato. Está compuesto por metacrilatos polifuncionales, materiales de carga orgánica además de plastificantes, catalizadores, estabilizadores y pigmentos. (20) Está indicada para la fabricación de coronas y puentes provisionales, inlays y onlays. Entre las ventajas de este material esta un manejo rápido y fácil, óptimas propiedades mecánicas, mínima liberación exotérmica durante el proceso de polimerización, y excelentes condiciones estéticas. (20)

#### **4. Métodos de confección de provisionales**

Con el surgimiento de nuevos materiales también salen a la luz nuevos métodos de confección de provisionales, pero todos tienen como base la confección de una matriz en donde se vierte el material plástico. (21,22)

Las restauraciones provisionales pueden confeccionarse de manera directa en el diente preparado, con una matriz preformada o de manera indirecta en una impresión. También existe la técnica directa-indirecta.(21,22)

En la técnica indirecta se fabrica el provisional fuera de boca, evitando así el contacto del monómero libre, y el proceso de calor por polimerización de la resina con los tejidos blandos y los pilares lo que pudiera producir alergia o sensibilización. Además les brinda a la restauración un ajuste marginal superior y un ahorro considerable de tiempo al clínico y al paciente.(21)

Entre las desventajas de esta técnica está que presenta un mayor número de pasos intermedios y puede ser laboriosa para llevar a cabo en donde falta de asistentes o de instalaciones de laboratorio, además implica el posible daño de los modelos de estudio.(20,21)

La técnica directa elimina todos los procedimientos intermedios de laboratorio ya que se hace directamente sobre el diente y los tejidos preparados. Esta técnica es conveniente cuando el personal no está debidamente entrenado y cuando no hay las condiciones adecuadas de laboratorio. Entre las desventajas de esta técnica está que puede haber daño de tejido debido a la polimerización de la resina y puede haber pobre adaptación marginal. Esta técnica no se recomienda cuando la técnica indirecta es factible.(20,22)

La técnica directa-indirecta consiste en la fabricación de una matriz hecha a la medida de la superficie externa de la restauración, pero la parte interna está formada por la preparación inadecuada del modelo de estudio. Entre las ventajas de esta técnica está que debido a que es una combinación de ambas técnicas se reduce considerablemente el tiempo de trabajo clínico ya que el casquete es preparado antes de la cita del paciente, el contacto del material en polimerización con los tejidos es mínimo, disminuyendo la generación del calor. La desventaja está

en que se necesita una fase previa de laboratorio y se necesitan ajustes para que exista una buena adaptación marginal. (21,22)

## 5. Color en odontología

La *Commission Internationale de l'Eclairage (C.I.E.)* en 1970 da la definición de color percibido: *“color es el aspecto de la percepción visual mediante el cual un observador puede distinguir dentro de dos campos de mismo tamaño, forma y textura por las diferencias en la composición espectral de las radiaciones relacionadas con la observación”*, más adelante en 2001 describió el color como la característica de la percepción visual que puede ser descrita por los atributos de matiz, croma y valor. Es importante destacar que la CIE refiere que el color psicofísico no es más que el atributo de a radiación visible. (23,24)

Existen tres sistemas de medición del color aceptados mundialmente, los cuales son: Munsell, NCS (Natural Colour System) y CIELAB (24). Según Goncalves, Falcón Piza et al.(25) en 2009 el sistema de Munsell es el más conveniente para la clasificación del color dental describiéndolos en tres dimensiones del color:

- **Matiz:** también llamada tinte, tono, o tonalidad. Es también descrita como la variación cualitativa del color y es la primera dimensión del mismo. Esta está relacionada con la longitud de ondas percibidas y es la que diferencia los colores entre sí (azul, verde, rojo, amarillo, etc...). Sin embargo, algunos autores destacan que este factor no presenta tanta significancia a la hora de la toma del color. (23,26)
- **Valor:** es también conocido como brillo o luminosidad ya que todo color estando saturado o no tiene la virtud de reflejar la luz blanca e incide en él. Según Gómez-Polo et al.(23) el valor es la dimensión más importante en la odontología, es definido como la cantidad de blanco y negro en la escala con toda la gama de grises en el medio y está asociado a la brillosidad u oscuridad. En este artículo se cita a Yamamoto refiriéndose que el valor es tres veces más importante que el matiz y dos veces más importante que el croma. (24)
- **Croma:** también llamado intensidad, saturación o contraste se define como la cantidad que existe de un determinado color contenida en un área o superficie, estos términos se refieren a la cantidad o potencia que tienen el color cuando este alcanza

mayor fuerza y pureza describiéndose como que este está saturado y no existe en el absolutamente nada de blanco y negro. Este surge con el aumento del valor. (23,25)

### **5.1.1. Estabilidad del color**

En los últimos años el rol de las restauraciones provisionales utilizadas en restauraciones indirectas en prótesis ha cambiado drásticamente. Las restauraciones provisionales se han convertido en herramienta de diagnóstico importante para evaluar la función, el color, contorno, forma, oclusión, curación del implante, respuesta periodontal y la estética en general. Para obtener un buen pronóstico en las restauraciones de prótesis fija, depende de gran medida de la restauración en el tratamiento provisional. (3,5)

En las zonas donde la estética es crucial, la restauración provisional no solo debe proporcionar una compatibilidad en el color, sino, debe mantener un aspecto estético durante el período en boca, ya que pueden ocurrir retrasos en la confección de la prótesis definitiva, una enfermedad o problemas financieros, que pueden prolongar la vida del provisional en boca, los cuales son factores predisponentes que puede promover alteraciones en el color. La decoloración de los materiales provisionales en prótesis fija puede conllevar a la insatisfacción por parte del paciente y sumar gastos adicionales para su reemplazo esto es un gran problema cuando las restauraciones provisionales son sometidas a una exposición prolongada de colorantes durante un tratamiento largo. (3,5)

La estabilidad del color de la resina utilizada como material provisional es una cualidad importante, en particular para una reconstrucción amplia durante un largo período de tiempo, cuando el cambio de color es perceptible puede comprometer la aceptabilidad de la restauración provisional. Por lo tanto, la estabilidad del color puede ser un criterio importante a la hora de elegir un material provisional particular para su uso en áreas altamente estéticas. (5)

Idealmente las resinas dentales no deben cambiar su color o el aspecto después de la fabricación, el material que sufre una decoloración significativa puede ser una fuente de vergüenza para el paciente y el dentista. El control preciso del color, la

traslucidez y la textura de la superficie ofrece una excelente estética y una mejor guía para la prótesis definitiva (5)

Los materiales disponibles para la fabricación de provisionales son el polimetacrilato de metilo autopolimerizable, metacrilato de polietileno, metacrilato de vinilo, metacrilato de uretano, bisacrilato y microrelleno de resina. Diversos autores han demostrado que el metacrilato de polietileno tiene mala estética y resistencia al desgaste; por lo tanto, el metacrilato de metilo y materiales compuestos a base de resina bisacrílica tienen un lugar más amplio en el mercado. La mayoría de los materiales provisionales está sujeta a la sorción lo cual se describe como un proceso de absorción y adsorción de líquidos que se produce en relación con las condiciones ambientales. Cuando los materiales entran en contacto con soluciones pigmentantes como el café, té, salsa roja, vino tinto, curry, cacao y clorhexidina, debido a la porosidad del material el cambio de color es posible, así como calidad de su superficie, los hábitos de higiene oral, la polimerización. (3,5)

### **5.1.2. Factores a tomar en cuenta para la selección del color**

En la odontología existen dos métodos para la toma del color, una de manera visual y otra con el uso de aparatología. El uso de guías dentales es la más comúnmente utilizada en odontología. En esta se van comparando los dientes de la guía con el color del diente del paciente, hasta encontrar el que más se asemeje, sin embargo, los resultados se pueden ver afectados por una serie de factores como son la iluminación ambiental, experiencia laboral, colores circundantes, ángulo de visión del diente, la edad del paciente y su vestimenta a la hora de la toma del color, entre otras. (20,23)

Cuando se refiere a la toma del color de forma análoga, es decir, la que requiere la comparación directa de la guía de colores, se debe tomar en cuenta que el grado de subjetividad es bastante alto. En él influyen diversos factores, como son: la fuente de luz, el observador y el objeto. (21)

**Fuente de luz visible:** es una pequeña parte del espectro electromagnético, este puede ir por orden decreciente de frecuencias o creciente de longitud de ondas (de 400 a 800nm). La procedencia de la fuente de luz que ilumina el consultorio dental

es vital, ya que el espectro de la misma influirá de manera decisiva en la apreciación cromática. La luz apropiada para la toma de color será aquella que se asemeje más al espectro de la luz diurna. Por ende se recomienda que al momento de la hora del color exista una correcta iluminación natural, o por consiguiente se debe acudir a fuentes de luz artificial evitando el uso de luces por incandescencia (bombillas corrientes o de halógenos). (21,27)

Las fuentes de luz diurna no es más que fuente fluorescente de luz corregida que ofrecen una temperatura de color de 5,000 o a 6,500 o K, lo que es igual a D50 y D65 respectivamente, indicadas para procesos que exijan una correcta percepción cromática. (27)

**El observador:** el ojo humano posee células en la retina que perciben colores y forma de todo lo que lo rodea, estas células son conocidas como conos y bastones. Los conos están ubicados en el centro focal de la retina, y existen alrededor de seis millones. Funcionan a niveles altos y medios de iluminación (fotóptica). Son responsables de la percepción del color siendo estos fotosensibles a las longitudes de onda verde, rojo y azul; por cada cono existe una fibra nerviosa, permitiendo así que el operador pueda distinguir con excelente exactitud dónde empieza un color y termina el anterior. Cabe destacar que cuando observamos un objeto con la parte lateral del ojo podemos apreciar que existe pero no podemos distinguir con exactitud su color. (24,26)

Cisneros et al (24) en el 2007 describen que los conos permiten una visión diurna e interpretan detalles finos de contraste color y forma, además de que funcionan a niveles altos y medios de iluminación.

Los bastones existen alrededor de ciento veinte millones con la función de ver en la penumbra (escotópica). Solo poseen un tipo de pigmento fotosensible por lo que su percepción es acromática y estos son responsables de la percepción del valor (dimensional) de los objetos; están ubicados alrededor del punto focal de la retina y a diferencia de los conos muchos bastones comparten una sola fibra nerviosa. Esto nos ayuda a ver en situaciones de poca luz aunque no podamos distinguir el color de los objetos si podemos distinguir que existe un objeto. (24,26)

El observador debe presentar una función visual adecuada, esto va a depender de factores como; función óptica, función retiniana y defectos refractométricos. Para definir más la entrada de luz al ojo a la hora de seleccionar el color se recomienda cerrarlos parcialmente, de esta manera se activan los bastones, permitiéndonos así establecer bien las diferencias de valor. Lo siguiente es enfocar el ojo en el diente que queremos para poder determinar su matiz y croma. Se le aconseja al odontólogo que acierte más en el valor que en el croma o matiz, ya que el paciente siempre va a distinguir con más facilidad el valor. (26)

**El objeto de observación:** este está definido por su propia información cromática. Antes de determinar su color, se deben eliminar todos los reflejos o reflexiones de fuentes luminosas adicionales o luz deslumbrante. (24)

Los sistemas de iluminación son policromáticos y los colores de los objetos absorben o emiten radiaciones ya sea en mayor o menor proporción dependiendo de la mayor cantidad de blanco o negro que contenga. (21)

### **5.1.3. Metamerismo**

Según La Fuente (26) en su artículo “Física del color y su utilidad en odontología”, describe el metamerismo como “estímulos de colores de valores de triestímulo diferentes bajo una fuente de luz particular, pero de diferente distribución de energía espectral o colores que se vean iguales bajo una fuente de luz, sin embargo, diferentes bajo otro tipo de fuente de luz”. Por otro lado en el libro de Shilinburg (22), de prótesis fija se describe como la capacidad que tiene un objeto de verse de distintos colores cuando se somete a diferentes fuentes de luz, especialmente cuando se ve bajo una fuente de luz con distribución de color diferente.

### **5.1.4. Espectrofotómetro**

Con el pasar de los años, la odontología ha ido evolucionando y dentro de ella los instrumentos van siendo cada vez más sencillos para facilitar la vida del operador. Para la medición del color con el uso de aparatología está el espectrofotómetro, estos miden el reflejo espectral de un color y lo traducen en valores numéricos reconocidos internacionalmente. El funcionamiento de este consiste en iluminar la

muestra con una luz blanca y calcular la cantidad de luz que refleja en una serie de intervalos de luz de onda (de 400 nm, 410 nm, 420 nm, 700 nm). Se hace pasar luz a través de un dispositivo monocromático que fracciona la luz en distintos intervalos de longitud de onda. Este instrumento se calibra con una loseta blanca. (23)

La selección adecuada del color en odontología es uno de los factores más importantes a la hora de realizar una restauración con alta estética, este se hace de manera habitual con guías de colores y como pudimos ver en el acápite anterior considera de manera subjetiva ya que está determinada por varios factores. Se han desarrollado una serie de aparatología digital para la medición del color dental, con el fin de reducir las vacilaciones y debilidades de los métodos tradicionales. (27)

El espectrofotómetro es uno de los aparatos más utilizados para la toma del color dental. Este dispositivo mide la cantidad de energía luminosa reflejada de un objeto a lo largo del espectro visible. Este está provisto con una fuente de radiación óptica, un medio de dispersión de luz, un sistema de medición óptica, un detector y un medio para convertir la luz obtenida en una señal que pueda analizarse. Las mediciones obtenidas son convertidas a su equivalente en las guías dentales para toma del color, así puede ser más descifráble por parte del odontólogo. (26-28)

Por otro lado, Cáceres y Rodríguez (30), después de haber realizado una investigación en el 2015, obtuvieron hallazgos controversiales, ya que realizaron muestras para probar la estabilidad de color de la cerámica de color A2 y cuando fue leído por el espectrofotómetro el color (inicial) no coincidía con el referido por el fabricante.

#### **5.1.5. CIELab**

Los espectrofotómetro generan valores matemáticamente comparables  $L^* a^* b^*$  (luminosidad, rojo/verde, amarillo/azul) o  $L^* C^* h^*$  (valor, croma, matiz) valores que cuantifican color. El  $L^* a^* b^*$  o  $L^* C^* h^*$  describe una localización específica en el espacio del color tridimensional definida por la Commission International d'Eclairage (CIE), como un estándar internacional en 1976. (31)

El espacio de color CIE  $L^* a^* b^*$  tiene un eje vertical que indica luminosidad relativa ( $L^*$ ) y es una escala continua de grises: el negro perfecto tiene un valor de  $L=0$ ,

mientras que el blanco perfecto tiene un valor de  $L=100$ . Los dos ejes horizontales  $a^*$  y  $b^*$  representa niveles de rojo ( $+a^*$ ) y verde ( $-a^*$ ), mientras que los valores de amarillo son ( $+b^*$ ) y azul ( $-b^*$ ). (25,30,31)

El CIE  $L^* c^* h^*$  permite la representación del CIE  $L^* a^* b^*$  en coordenadas cilíndricas, este define tres aspectos visuales del color:  $L^*$  (valor) indica el brillo de un color en un grado de luminosidad y oscuridad y tiene un valor de 0 a 100,  $C^*$  (croma) es la saturación del color y de igual manera se mide de 0 a 100 y  $h^*$  (matiz) se define lo que comúnmente llamamos color, correspondiendo a la longitud de onda física de la luz, este se mide de 0 a 360. (25,30)

Cuando se utiliza la espectrofotometría  $\Delta E$  se define como la diferencia del color relativa a cero, la cual es calculada a partir de los colores  $L^* a^* b^*$ . Estos valores son obtenidos del espectrofotómetro. A medida que la intensidad de la tinción aumenta los valores de  $\Delta E$  disminuyen (+) y aumenta el valor de  $\Delta E$  (-) a medida que se produce el blanqueamiento. (32)

Blasi (7) en su artículo de 2011 explica que existe cierto debate para determinar qué valor de  $\Delta E$  constituye un cambio significativo en el color. Refiere que según varios autores un valor de  $\Delta E$  igual o superior a 3.3 es perceptible visualmente e inadmisibles para el 50% de los observadores. Mientras que LaFuente (26) refiere que valores de  $\Delta E$  mayor a 1 representa un color no apreciado por el ojo humano.

#### **5.1.6. Vita Easyshade**

Este espectrofotómetro fue introducido en el mercado en 2004. El aparato trabaja con iluminación D65 (6,500 K), presenta una unidad base y una pieza de mano con fibra óptica para iluminar y recibir la luz del diente. El Instrumento es calibrado colocando la pieza de mano sobre el disco de cerámica que se encuentra en la base. Tiene un rango de medición de 400-700 nm, los resultados obtenidos a partir de la medición del color poder traducidos a los sistemas VITAPAN Classical, Vita SYSTEM 3D MASTE, o colores VITABLOC. (30,32)

## 6. Medición de resistencia a la compresión y a la flexión

Al momento de realizar estudios de materiales es importante conocer las tensiones y deformaciones que pueden producir en ello las fuerzas externas, así como la tensión máxima que puedan soportar (resistencia) para garantizar que la prótesis dental cumpla con su función de manera eficaz y se conserve por un período largo de tiempo. (34)

Para medir la resistencia de cualquier material requiere medir cual es la carga externa necesaria para romper un cuerpo confeccionado con ese material. Para este fin se construye un cuerpo que podemos llamar probeta y este se somete a fuerzas progresivas en aumento hasta lograr su ruptura. (33,34)

La fuerza realizada puede medirse en unidades Newton (N) y de esta manera se puede saber cuánto soportó la probeta. Es importante destacar que la cantidad de fuerza estará relacionada no solo con el tamaño de la probeta (mientras más grande sea, más fuerza será aplicada) sino también con el tipo de material utilizado. Esto se realiza para poder tener un valor que permita comparar resultados obtenidos con cualquier tamaño de probeta, y por lo tanto la resistencia en función de la superficie. (33,34)

Como las fuerzas suelen medirse en unidades como el Newton (N), pero la resistencia se estudia en Pascal (Pa) esta debe ser convertida mediante una fórmula matemática. (33,34)

**Resistencia = fuerza / superficie**

Entonces, los correspondientes símbolos y unidades eran utilizados:

**Pascal (Pa) = Newton (N) / metro cuadrado (m<sup>2</sup>)**

Es importante destacar que, la unidad Pascal resulta pequeña para el estudio de las tensiones y resistencias. Por lo cual se utiliza un múltiplo de ella, que corresponde al megapascal (MPa) que es un millón de veces mayor y equivale a un millón de Newton (1MN) por metro cuadrado. (33, 34)

**Superficie =  $\pi \times r^2$**

## 6.1. Resistencia a la compresión y a la flexión

Son las fuerzas que se producen fuera de un cuerpo que actúan sobre ellas en distintas direcciones, y por lo tanto sobre el material que los compone. Cuando actúan dos fuerzas compresivas de igual dirección y en sentido contrario tiende a disminuir la longitud del cuerpo, aplastándolo o comprimiéndolo. Se induce dentro una tensión que se denominan fuerzas compresivas. Al mismo tiempo, se produce una deformación en compresión y si se estudia la tensión máxima que aguanta un este cuerpo, se hablara de resistencia compresiva o a la compresión. (34)

También cuando se estudia un material bajo tensiones flexurales, se produce una deflexión. Esta es producida según la zona del cuerpo, tensiones compresivas, traccionales y de corte. La ruptura, cuyo estudio en estas condiciones constituye la determinación de la resistencia flexural o módulo de ruptura, es también el estudio de las tensiones complejas, es decir, la combinación de todos los tipos de tenciones fundamentales (mencionadas anteriormente). Habrá presencia de tensiones compresivas en la parte superior y traccionales en la parte inferior. (33,35)

Es importante destacar que cuando a un cuerpo se le induce una tensión esta es directamente proporcional a la deformación que se produce en dicho cuerpo; cuando se llega a la carga máxima sin perder la proporcionalidad entre la tensión producida y la deformación, es decir, sin llegar a su ruptura, esto se conoce como límite proporcional. Esto constituye el enunciado de la llamada *Ley de Hooke*. Entonces se puede decir que el módulo de elasticidad o módulo de Young es la relación numérica entre tensión y deformación cuando se cumple la ley de Hooke. (34,35)

$$E = T / D$$

Donde E, es el módulo de elasticidad, T es la tensión igual o menor al límite proporcional y D es la deformación producida por T. Este módulo está íntimamente relacionado con la energía de los enlaces atómicos, donde se puede llegar a la conclusión de que a mayor módulo de elasticidad mayor será la energía necesaria para poder separar sus átomos y así lograr una deformación del material. (34)

El límite elástico de un material puede es definido como la fuerza máxima a la que puede ser sometido un material y esta le permite recuperar su dimensión inicial una

vez sea retirada la fuerza. Cabe destacar, que el límite proporcional se puede medir aplicando cualquier tipo de fuerza, aunque se pueden obtener valores distintos del límite elástico dependiendo si se trata de una fuerza de tensión, compresión o cizallamiento. (34)

El módulo de flexión o el módulo de elasticidad es una medida de la rigidez de los materiales, o sea que, cuanto más alto es el módulo más alta es la rigidez del material. La fractura y la pérdida del sellado marginal, es más probable que ocurran en materiales con un módulo de elasticidad bajos. (36)

## **6.2. Resistencia a la compresión y a la flexión en odontología**

Los materiales más utilizados para provisionalización en prótesis fija son las resinas acrílicas (a base de polimetilmetacrilato) y los materiales provisionales de resina compuesta (a base de bis-acryl o bis-GMA). Estos materiales deben tener las mejores propiedades físicas resistentes a las fuerzas masticatorias, y así que favorezcan tanto al paciente como al odontólogo. (4)

Las fracturas son unas causas más frecuentes de fracaso de restauraciones provisional, lo cual puede provocar malestar al paciente y la pérdida económica. A pesar de que las restauraciones deben estar diseñadas para evitar el fracaso, todavía pueden producirse fracturas.(4)

La concentración de estrés es lo que conlleva a la fractura. Estas se pueden manifestar durante actividades funcionales o parafuncionales. Normalmente este fallo puede llegar a ocurrir como resultado de una grieta que se propaga desde una superficie plana, por poca resistencia al impacto, tensión transversal inadecuada o escasa resistencia a la fatiga. Ocurren especialmente en el área de un conector de una restauración larga (rehabilitaciones completas) o donde se han producido burbujas durante la fabricación. Los conectores fracturados y los márgenes que fallan pueden comprometer la función, poner en peligro las estructuras de los tejidos dentales y blandos, y causar incomodidad y molestias al paciente. (16)

Dichas fracturas también pueden producirse al retirar el provisional de boca (en las consultas para pruebas), durante su confección y recorte o durante su tiempo en función en la cavidad oral del paciente. (16)

Resulta difícil medir las tensiones reales durante el proceso de masticación debido a su naturaleza dinámica. Las fuerzas oclusales a las que está sometido el sistema masticatorio, varía según su ubicación en la arcada, el género (siendo está más alta en el sexo masculino que femenino), la edad (más alta en adultos jóvenes que en niños) y la alimentación. En el sexo masculino 53.6-64.4 kg, mientras que en el sexo femenino 35.8-44.9kg. Las fuerzas oclusales para los incisivos es de 250 N, en molares de 350 N y cuando hay bruxismo es de 720 a 815 N. (37)

Por lo que, es importante conocer la resistencia flexural de diversos tipos de resinas para restauraciones provisionales, ya que la mayoría de ellas son frágiles. A pesar de los informes conflictivos de la literatura, se acepta generalmente que las PMMA presentan mayor tenacidad a la fractura que las resinas bis-fenol- A glicidilmetacrilato (bis-GMA). Sin embargo, recientemente, las resinas se han utilizado más ampliamente, aunque son más propensas a fracturas cuando se usan en puentes muy largos.(16)

El odontólogo necesita saber todo lo relacionado sobre las propiedades de flexión de materiales provisionales para proporcionar un tratamiento óptimo, principalmente cuando el paciente portara restauraciones provisionales durante un período de tiempo prolongado. Este pueden presentar complicaciones como son: enfermedades periodontales severas, trastornos parafuncionales o terapia con implantes dentales. Aunque los valores de resistencia la flexión realizados en laboratorios bajo cargas constantes pueden no reflejar condiciones intraorales, estos valores son útiles en la comparación de materiales, bajo situaciones controladas y pueden proporcionar respuestas útiles en el desempeño clínico. (36) Anusavise (34) en su libro de Ciencias de los materiales, refiere que los materiales a partir de los que se fabrican aparatos y las restauraciones dentales, deben tener como requisito necesario de un valor alto de limite elástico, ya que se quiere que la estructura recupere su forma original, después de haber sido sometido a una fuerza de masticación. Esto se conoce como recuperación elástica. No obstante, hay casos en los que se requiere una deformación mayor con una fuerza ligera o moderada (ej: resorte ortodóntico). En ese caso se dice que la estructura es flexible y posee la propiedad de flexibilidad. La flexibilidad máxima es definida como aquella

deformación por fuerzas de flexión que se produce cuando se ejerce una fuerza sobre un material hasta alcanzar su límite proporcional.

Por lo tanto, las propiedades de resistencia mecánica de los materiales provisionales son importantes y deben tenerse en cuenta para garantizar el éxito clínico de las restauraciones provisionales. (4) Las fracturas pueden ocurrir durante la remoción del provisional en boca, durante las funciones normales de la masticación, especialmente cuando el paciente tiene prótesis fijas de tramo largo. (16)

La manera más efectiva de evitar el fracaso de las prótesis provisionales es seleccionando el material adecuado basándose en el comportamiento en la cavidad oral cuando es sometido a envejecimiento, fatiga, sorción acuosa y al desgaste. Por tal razón es importante conocer la resistencia a la flexión y compresión de los diferentes materiales para provisionalización. (16)

## Capítulo III: METODOLOGIA

### 3.1 Operacionalización de las variables

Objetivo	Variable	Definición de variable	Indicador		Dimensiones de la variable
<ul style="list-style-type: none"> <li>Evaluar cuál de las marcas comercial presente mayor estabilidad de color en las diferentes sustancias de tinción de acuerdo al tiempo de exposición.</li> </ul>	Estabilidad del color.	Mantenimiento del color original en el tiempo.	Color inicial – color final= estabilidad del color.		$\Delta E$ inicial $\Delta E$ final
	Material de bisacrilato	Material para provisionalización en prótesis fija a base de resina compuesta	Material 1 (Protemp 3M ESPE)	Material 2 (Systemp c&b II Ivoclar Vivadent)	Material 1 (Protemp 3M ESPE) Material 2 (Systemp c&b II Ivoclar Vivadent)
	Sustancias colorantes.	Sustancias altamente pigmentantes	Vino tinto, café, refresco rojo y agua	Vino tinto, café, refresco rojo y agua	Vino tinto, café, refresco rojo y agua
	Tiempo de exposición.	Cantidad de tiempo que estarán sumergidas las muestras	Días de inmersión		1er día 7 días 15 días 30 días
Analizar mediante la prueba de compresión la resistencia a la	Resistencia a la rotura	Fuerza de compresión aplicada a un cuerpo hasta su fractura	Mega Pascales (Mpa)	Grupo I Protemp™ 4 3M ESPE	# Mpa al momento de la rotura. < numero = menor resistencia

rotura de diferentes marcas de bisacrilato.					> numero = mayor resistencia
			Mega Pascales (Mpa)	Grupo II Systemp c&b II Ivoclar Vivadent	
Evaluar el módulo de elasticidad y carga máxima mediante la prueba de resistencia a la flexión de diferentes marcas de bisacrilato.	Módulo de elasticidad	Cuando se emplea una carga máxima sin llegar a la rotura del material	Mega Pascales (Mpa)	Grupo I Protemp 4 3M ESPE	# Mpa Modulo de elasticidad  < numero = menor resistencia  > numero = mayor resistencia
			Mega Pascales (Mpa)	Grupo II Systemp c&b II Ivoclar Vivadent	
	Carga máxima	Carga máxima a la rotura resistida por un material cuando está sometido a fuerzas de flexión	Newton (N)	Grupo I Protemp 4 3M ESPE	# Mpa Carga máxima  < numero = menor resistencia  > numero = mayor resistencia
			Newton (N)	Grupo II Systemp c&b Ivoclar Vivadent	

### 3.2 Enfoque y alcance o tipo de investigación

Este estudio es de tipo experimental in vitro ya que se logró identificar la estabilidad del color de ciertos materiales a base de bisacrilato, además de su resistencia a la flexión y a la compresión. Los resultados arrojados después de llevar a cabo la investigación fueron cuantificados y comparados entre las distintas casas comerciales. Esta también es una investigación de tipo correlacional porque se comprobó cual material presentó mayor estabilidad del color y mayor resistencia a la flexión y la compresión.

### 3.3 Población y muestra

#### 3.3.1 Materiales a utilizar

Se utilizaron 2 marcas de diferentes de bisacrilatos, Protemp™ 4 de 3M ESPE y Systemp®. c&b de Ivoclar Vivaden, color A3 (Ver Figuras 1 y 2). Las sustancias de tinción en las que estuvieron sumergidas las muestras fueron: vino tinto, refresco rojo, café y agua. Este último se utilizó para el grupo control, el cual sirvió como punto de partida y comparación al final del estudio. Las muestras fueron enumeradas y clasificadas por casas comerciales y sustancia de tinción para su identificación, utilizando moldes para hielo donde quedaron debidamente separadas. Para medir el cambio de color se utilizó el espectrofotómetro Vita Easyshade.

Para las pruebas de resistencia a la flexión y a la compresión se realizaron especímenes con medidas específicas.



Figura 1. Systemp® c&b II



Figura 2. Protemp™ 4 3M ESPE

### 3.3.2 Confección de las muestras

Para la prueba de la estabilidad del color se utilizaron discos de metal de 3 mm de espesor y 15 mm de diámetro. (Ver Figura 3)



Figura 3. Anillo utilizado para la confección de las muestras para estabilidad del color.

Por otro lado las muestras realizadas para la prueba de la resistencia a la flexión se utilizaron barras preformadas de madera de 45mm de largo, 3 mm de espesor y 10 mm de ancho. Para la prueba de resistencia a la compresión, de igual manera se utilizaron recortes de maderas preformadas, estas con forma de un cilindro de 50 mm de largo y 12.5 mm de diámetro. (Ver Figura 4)

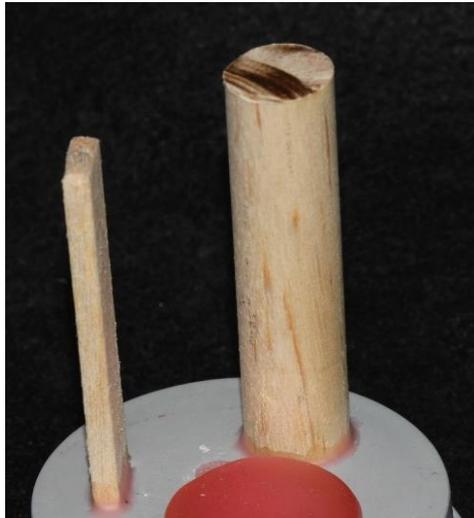
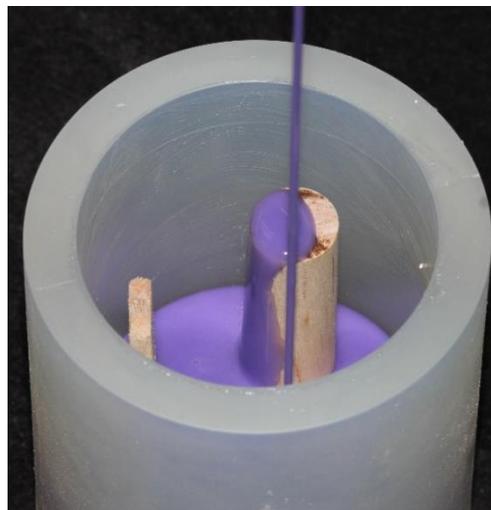


Figura 4. Piezas preformadas listas para duplicado.

Estas piezas prefabricadas se colocaron en un anillo siliconado para investir de 100g y se llenó con polivinilsiloxano, la cual es una silicona para uso de laboratorio



(Elite Double 16 Fast, Zhermack). Se esperó 30 minutos que reticulara el material.  
(Ver Figura 5 y 6)

Figura 5. Llenado las piezas en anillo de 100ml con polivinilsiloxano.



Figura 6. Duplicado listo para llenar.

Luego se empezaron a confeccionar las muestras con los bisacrilatos correspondientes a cada casa comercial. Colocando el tubo de bisacrilato en la pistola dispensadora e inyectándolo en los moldes donde se tenía el negativo de las piezas prefabricadas (Ver Figura 7)



Figura 7. Colocando el material dentro del duplicado, para obtener las muestras.

Se esperó el tiempo de polimerización requerido por cada fabricante, se retiraron y se limpiaron con gasas embebidas de alcohol. (Ver Figura 8)

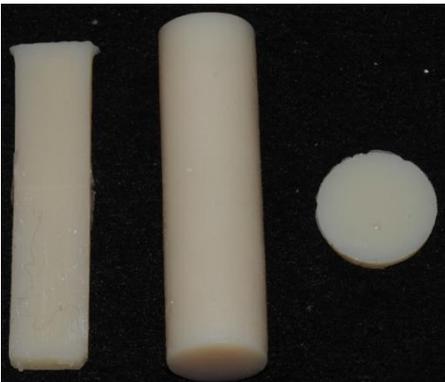


Figura 8. Muestras listas para ser estudiadas.

La cantidad total elaborada para cada prueba fueron: 20 muestras para las pruebas de resistencia a la flexión (10 de cada casa comercial) y 20 muestras para la prueba de resistencia compresión (10 de cada casa comercial), mientras que para la prueba de estabilidad del color fueron 80 muestras (10 para cada sustancia pigmentante de cada casas comercial de bisacrilato). (Ver Figura 9 y 10)



Figura 9. Las muestras debidamente divididas y enumeradas



Figura 10. Muestras de color debidamente separadas y sumergidas en las sustancias de tinción.

### 3.3.3 Prueba de estabilidad del color

Para iniciar con la prueba de la estabilidad del color, se les tomó el color inicial con el espectrofotómetro VITA Easyshade® (ver Figura 11) el cual se calibro colocando la pieza de mano en el disco de cerámica para calibrar que está en la unidad base y se presionaba hacia abajo para realizarse de manera automática.



Figura 11. Vita Easyshade Advance. Casa comercial VITA

Por consiguiente se posicionó la pieza de mano en un ángulo de  $90^{\circ}$  grados sobre cada muestra, las cuales se colocaban en un fondo negro. (Ver Figura 12)



Figura 12. Vita Easyshade Advance en ángulo de  $90^{\circ}$

Posteriormente, fueron sumergidas en las sustancias pigmentantes, debidamente enumeradas y divididas (vino tinto, café, refresco rojo, agua) separadas en moldes para hielo, clasificadas por sustancia y por marca comercial.

Se realizaron cuadros para la recolección de los datos (ver Anexo 1), en los cuales se tomaban notas de los valores obtenidos que proporciona el VITA Easyshade, las cuales fueron coordenadas cilíndricas  $L^* h^* c^* \Delta E$  y el tono (ver Figura 13). Estas muestras estuvieron sumergidas por 30 días, en total, pero se les tomó el color el primer día, a los 7 días, a los 15 días y a los 30 días. Cada vez que eran extraídas

de las sustancias pigmentantes para ser sometidas al VITA Easyshade se lavaron con agua destilada y se secaron con gasas estériles (ver Figura 14).

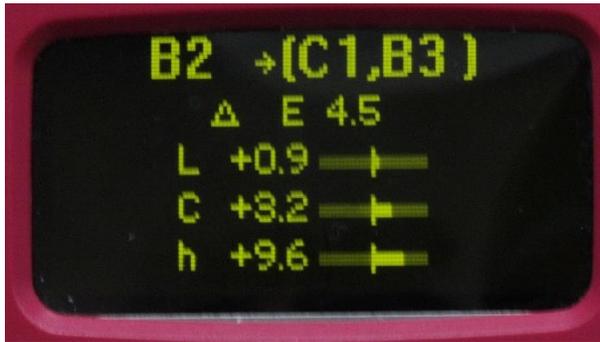


Figura 13. Datos obtenidos del espectrofotómetro.



Figura 14. Lavado y secado de muestras.

### 3.3.4 Ensayo mecánico (Prueba de resistencia flexión y compresión)

Para la realización de estas pruebas se utilizó una máquina Instron 3669. En la prueba de flexión se colocaron las barras de bisacrilato sobre las dos piezas de metal posterior a esto se le aplicó carga a una velocidad de 2mm/ min hasta lograr la ruptura del mismo. (Ver Figura 15 y 16) Para la prueba de compresión, los especímenes se colocaron sobre la plataforma de metal y se sometió a una carga de 2mm/ min hasta su ruptura. (Ver Figura 17)

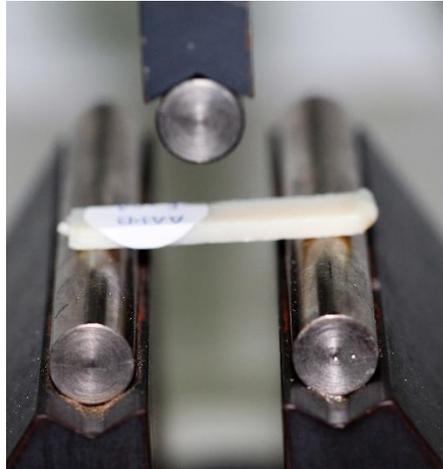


Figura 15. Probetas colocadas en la plataforma de la maquina Instron 3669.

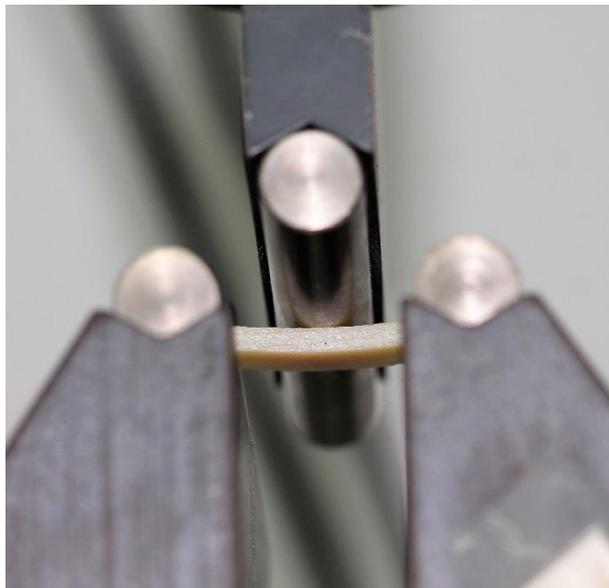


Figura 16. Maquina Instron 3669 aplicando fuerzas sobre la probeta.

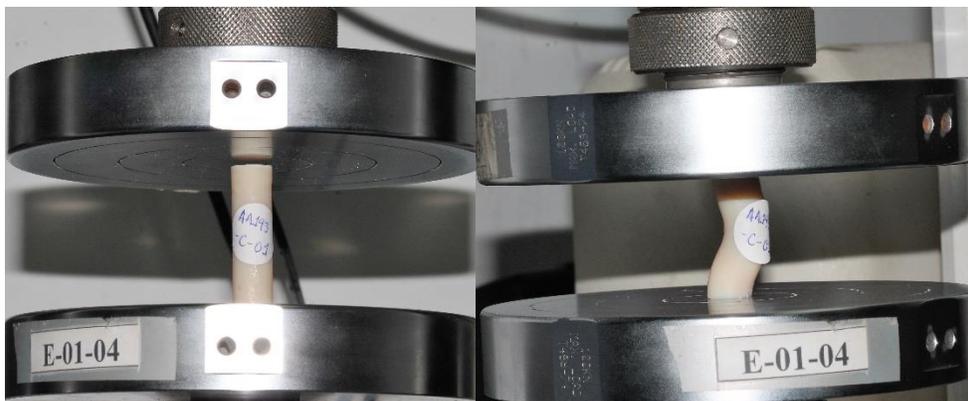


Imagen 17. Muestras en la plataforma y sometida a carga.

Entre los criterios de inclusión están materiales para confección de provisionales a base de bisacrilato, materiales para confección de bisacrilato de color A3, muestras de tamaño adecuado, muestras sin burbujas. En los criterios de exclusión están, materiales para provisionales que no sean a base de bisacrilato, materiales para provisionales a base de bisacrilato que no sean de color A3, y las muestras que no cumplan con las medidas establecidas.

### **3.4 Instrumentos de Recolección, Análisis y Medición de Datos**

Para cumplir con los objetivos se realizó un formulario en donde se recogieron los siguientes datos.

El grupo que se evaluó, el tono, los valores  $L^*$ ,  $C^*$ ,  $h^*$ , el valor de  $\Delta E$  la sustancia en donde el material provisional estuvo inmerso y en qué periodo de tiempo (Ver Anexo 1). Para la resistencia a la compresión se evaluó la resistencia a la rotura y para la resistencia a la flexión se evaluó la carga máxima y el módulo de elasticidad, se evaluó la fuerza compresiva y de flexión aplicada, los resultados en Megapascales (Mpa).

#### **3.4.1 Insumos e instrumentos a utilizar**

Entre los equipos utilizados en este experimento está el espectrofotómetro VITA Easyshade, la máquina de prueba universal Instron 3369, la pistola dispensadora de bisacrilato, las barras preformadas para confeccionar las muestras de flexión y compresión y para las de estabilidad de color, anillos de metal y losetas de vidrio.

### **3.5 Análisis de Datos**

Para la realización de los análisis de los datos se emplearon tanto las hojas electrónicas del paquete Office® así como el software estadístico SPSS 22®.

Inicialmente se realizaron análisis exploratorios de los datos, luego de establecer la pertinencia de técnicas paramétricas mediante la aplicación de pruebas de normalidad, se procedió a emplear los análisis pertinentes en cada caso, según la

naturaleza de las variables y los objetivos de investigación. El resultado de  $p > 0.5$ , por lo cual se utilizaron pruebas paramétricas.

## Capítulo IV: ANALISIS DE RESULTADOS

### 4.1 Prueba de resistencia a la compresión

El objetivo planteado al momento de realizar las pruebas de resistencia a la compresión era, mediante esta determinar cuánto podía soportar el material hasta llegar a la rotura.

En la Tabla 1 se observa la respuesta a esta pregunta de investigación en donde el grupo 1 corresponde a la casa comercial Protemp<sup>TM</sup>4 3M ESPE, mientras que el grupo 2 es Systemp c&b II Ivoclar Vivadent. Se puede observar que el grupo 1 obtuvo una media de 120.80 Mpa, mientras que el grupo 2 presentó una media de 163.30 Mpa. Siendo evidente que el material de la casa comercial Systemp c&b II Ivoclar Vivadent, resultó ser más resistente a las cargas sometidas antes de llegar a la rotura.

Tabla 1. Media de los resultados obtenidos en prueba de resistencia a la compresión

Muestras		N	Media	Desviación estándar	Media de error estándar
Resist_Rotura_Mpa	Grupo 1	10	120.80	18.33	5.80
	Grupo 2	10	163.30	25.94	8.20

Fuente: Propia de los autores

### 4.2 Prueba de resistencia a la flexión

Para la resistencia a la flexión se planteó el objetivo de evaluar el módulo de elasticidad y carga máxima mediante el ensayo de resistencia a la flexión. Teniendo claro que el grupo 1 corresponde a la casa comercial Protemp<sup>TM</sup>4 3M ESPE, mientras que el grupo 2 es Systemp c&b II Ivoclar Vivadent.

En la Tabla 2 se puede dar respuesta a este objetivo en donde se muestra que el grupo 1 resistió una media de carga máxima de 162.4000 N, mientras que el grupo 2 soportó una carga máxima de 113.4000 N. Lo que indica que el material que toleró más carga cuando llegó a la rotura fue la casa comercial Protemp™4 3M ESPE. Por otro lado, la Tabla 2 muestra los resultados obtenidos en el cálculo del módulo de elasticidad, el cual indica la cantidad de carga que soporta el material antes de perder la proporción y romperse. El grupo 1 obtuvo un valor de media de 2596.5053 Mpa, mientras que el grupo 2 obtuvo un valor de 2089.3030 Mpa, concluyendo que el material con mayor módulo de elasticidad fue el del grupo 1, perteneciente a la casa comercial Protemp™4 3M ESPE. De acuerdo a los resultados, se puede concluir que este material presentó mejor comportamiento en la resistencia a la flexión.

Tabla 2. Media de carga máxima y módulo de elasticidad de pruebas de resistencia a la flexión

Muestras		N	Media	Desviación estándar	Media de error estándar
Carga_Maxima_N	Grupo 1	10	162.4000	11.85280	3.74818
	Grupo 2	10	113.4000	18.64403	5.89576
Modulo_elasticidad_Mpa	Grupo 1	10	2596.5053	112.83264	35.68081
	Grupo 2	10	2089.3030	218.80309	69.19161

Fuente: Propia de los autores

### 4.3 Pruebas Estabilidad de Color

#### 4.3.1 Grupo I. Protemp™4 3M ESPE

A continuación se observa la Tabla 3 donde se examinó la distribución de medias de la variable  $\Delta E$  por sustancia, para así establecer si existen diferencias

significativas entre las mismas y la naturaleza de dicha diferencia, para las muestras del grupo 1.

Tabla 3. Grupo 1 Diferenciación de la media de  $\Delta E$  de las muestras estabilidad de color.

$\Delta E$				
Sustancia		Media	N	Desviación estándar
Agua	15 días	13.3700	1	
	30 días	13.3500	1	
	7 días	13.6000	1	
	Inicial	8.4400	1	
	Total	12.1900	4	2.50257
Café	15 días	27.8200	1	
	30 días	23.8800	1	
	7 días	21.7400	1	
	Inicial	9.7700	1	
	Total	20.8025	4	7.77413
Refresco Rojo	15 días	13.8300	1	
	30 días	13.0400	1	
	7 días	13.6900	1	
	Inicial	7.9400	1	
	Total	12.1250	4	2.81115
Vino Tinto	15 días	16.5100	1	
	30 días	21.6300	1	
	7 días	18.1600	1	
	Inicial	10.4100	1	
	Total	16.6775	4	4.69165
Total	15 días	17.8825	4	6.76814
	30 días	17.9750	4	5.59681
	7 días	16.7975	4	3.92281

Inicial	9.1400	4	1.14598
Total	15.4488	16	5.75731

Fuente: Propia de los autores

En la Tabla 4 que se observa a continuación muestra la diferencia/cambio de los valores de  $\Delta E$ . Para analizar esta variable se debe conocer el cambio que hubo en ella los días que fueron analizadas las muestras. Se toma el color inicial y se iguala a cero (0), el segundo valor obtenido (7 días) se calculó la diferencia del valor numérico, con el anterior y así sucesivamente. Como se puede observar, todos los cambios fueron, en su mayoría, de un valor numérico más alto de 3.3, por lo que es un cambio significativo e incluso perceptible a ojos inexpertos.

Al momento de iniciar con esta investigación se hicieron preguntas para ser contestadas con los resultados obtenidos, dentro de estas están: ¿cuál de las cuatro sustancias produjo más cambio de color? y ¿de los periodos de tiempo evaluados cuál de los días se logró el mayor grado de tinción?

Después de haber analizado los resultados obtenidos y plasmados en la Tabla 4, se puede contestar que para el grupo 1 la sustancia que produjo más cambio en  $\Delta E$  fue el café, siguiéndole el vino tinto. Por otro lado, el día donde las muestras cambiaron más de color fue desde el color inicial hasta los 7 días.

Tabla 4. Diferencia de  $\Delta E$  por días y por sustancia para grupo 1 en estudios de estabilidad de color.

Sustancia	Inicial	7 días	15 días	30 días
Café	0	11.97	6.8	3.94
Vino Tinto	0	7.75	1.65	5.12
Refresco Rojo	0	5.75	0.14	0.79
Agua	0	5.16	0.23	0.02

Fuente: Propia de los autores

### 4.3.2 Grupo II. Systemp c&b II Ivoclar Vivadent

A continuación, se presenta la Tabla 5 donde se procedió a estudiar la distribución de las medias de  $\Delta E$  por sustancia de tinción y los días, con la finalidad de establecer y analizar las diferencias que pueda haber entre estas.

Tabla 5. Grupo 2 Diferenciación de la media de  $\Delta E$  de las muestras estabilidad de color.

$\Delta E$				
Sustancia		Media	N	Desviación estándar
<b>Café</b>	Inicial	2.9000	1	
	7 días	15.1400	1	
	15 días	20.9100	1	
	30 días	21.6600	1	
	Total	15.1525	4	8.67218
<b>Vino Tinto</b>	Inicial	4.7100	1	
	7 días	23.7600	1	
	15 días	23.0400	1	
	30 días	17.7300	1	
	Total	17.3100	4	8.81990
<b>Refresco Rojo</b>	Inicial	4.9700	1	
	7 días	5.0600	1	
	15 días	3.7600	1	
	30 días	3.7300	1	
	Total	4.3800	4	.73426
<b>Agua</b>	Inicial	2.7600	1	
	7 días	4.1000	1	
	15 días	4.6300	1	
	30 días	4.5100	1	
	Total	4.0000	4	.85724
<b>Total</b>	Inicial	3.8350	4	1.16672
	7 días	12.0150	4	9.28673
	15 días	13.0850	4	10.30817
	30 días	11.9075	4	9.13979
	Total	10.2106	16	8.37607

Fuente: Propia de los autores

La Tabla 6 refleja los resultados luego de haber analizado las medias de  $\Delta E$ , por día y por sustancia de tinción. Se realizó un cuadro donde cuantificara en valor numérico la variabilidad del mismo, de acuerdo a la sustancia de tinción y los días en que estuvo sumergido. Se partió desde el color inicial dándole un valor cero (0) para tomar este como punto de partida. A partir de cambio de los valores numéricos se fue calculando la diferencia, si aumenta o disminuye. Si el valor aumenta a un número mayor que  $<3.3$  el cambio de color será apreciable por ojos inexpertos, por lo que es un cambio de color significativo.

La Tabla 6 responde las preguntas de investigación, proyectando los datos de que el día donde se presentó mayor tinción fue desde el día inicial hasta los 7 días, de acuerdo a los valores de  $\Delta E$ , sin embargo la sustancia con mayor poder de tinción para el grupo 2 fue el vino tinto.

**Tabla 6. Diferencia de  $\Delta E$  por días y por sustancia para grupo 2 en estudios de estabilidad de color**

Sustancia	Inicial	7 días	15 días	30 días
Café	0	12.24	5.77	0.76
Vino Tinto	0	19.05	0.36	5.67
Refresco Rojo	0	0.09	1.3	0.03
Agua	0	1.34	-0.53	0.12

Fuente: Propia de los autores

Tras analizar las Tablas 4 y 6 obtenidas, se puede llegar a la conclusión, que la casa comercial que presento mayor estabilidad del color fue el grupo 1 de la casa comercial Protemp<sup>TM</sup>4 3M ESPE.

## Capítulo V: DISCUSIÓN Y CONCLUSION

Uno de los hallazgos más sorprendentes durante la realización de esta investigación fue que los materiales provisionales, a base de bisacrilato, fueron adquiridos de color A3 y ninguna de las casas comerciales coincidió con el color obtenido después de la lectura del espectrofotómetro. Este hallazgo coincide, con una investigación realizada por Cáceres y Rodríguez en el 2015, quienes tras replicar los tonos, tampoco coincidieron con los datos obtenidos del espectrofotómetro. (30)

En cuanto a la comparación de estabilidad de color entre las casas comerciales se puede discutir que Guarav et al(8) en el 2011 realizaron un estudio, donde el Protemp obtuvo mayor estabilidad del color que el Systemp c&b, después de haber sido sumergidos en distintas soluciones pigmentantes. Este estudio coincide con el presente, ya que el Protemp fue más estable que el Sysytemp c&b.

Por otra parte, Blasi et al (7) en el 2011 realizaron un estudio en donde compararon varias marcas de bisacrilatos, los cuales fueron sumergidos en sustancias pigmentantes. Esto dio como resultado que el valor de todos los materiales fueron superiores a los clínicamente aceptables, ya que los valores de  $\Delta E$  siempre fueron mayores a 3.3, siendo el Protemp quien obtuvo mayor grado de tinción (menor estabilidad de color), en comparación con los otros materiales estudiados. Scotti at al(3) en el 1997, realizó un estudio en donde los resultados arrojaron que hubo un aumento significativo en los valores de  $\Delta E$  en las muestras de Protemp. Ambos estudios difieren del realizado en esta investigación, ya que el Systemp fue quien obtuvo mayores valores de  $\Delta E$ .

Refiriéndose a los días en que se presentó mayor cambio de color, se puede mencionar a Gujjadi et al (1) en 2013 quien realizó un estudio en el cual el mayor cambio de color se observó a los 7 días, igualándose a los obtenidos en este estudio, donde se observó que el cambio significativo de color también surgió desde el día inicial hasta los 7 días.

Sin embargo, Scotti at al(3) en el 1997 en su estudio refiere que el tiempo en que se presentaron mayor cambio de color fue de los 20 a los 30, difiriendo de esta

última, la investigación presente, ya que el mayor cambio de color se obtuvo a los 7 días y no a los 30.

En cuanto a las sustancias con mayor poder de pigmentación se puede discutir el estudio realizado por Gujjadi et al (1) en 2013 donde se relata que sus muestras obtuvieron mayor cambio de color cuando fueron sumergidas en café + saliva artificial, asemejándose a Blasi et al (7) en el 2011 quiere refiere que la sustancia de pigmentación con mayor capacidad de coloración fue el café. Sin embargo, en el presente estudio las sustancias pigmentantes con mayor capacidad de tinción fueron el vino tinto y el café en ambos grupos.

En cuanto a la resistencia a la flexión Nejatidanesh et al (9) en 2009, compararon la resistencia a la flexión de diferentes materiales para provisionales entre ellos el Protemp. Dentro de sus resultados obtuvieron que este fue uno de los que obtuvo la mayor resistencia flexural. Refiriendo que esto se debe a que contiene monómeros multifuncionales como en Bis-GMA y TEGMEA el cual incrementa su módulo de elasticidad debido a la reticulación con otros monómeros. Estos resultados alcanzados son iguales a los obtenidos en esta investigación, teniendo el Protemp un mayor módulo de elasticidad, lo cual le permite más deformación antes de llegar a la rotura.

Gujjadi et al (1) en 2013 en su artículo también estudió la resistencia a la flexión de materiales provisionales a base de bisacrilato en donde el Protemp presentó una alta resistencia a la flexión asemejándose así con los hallazgos obtenidos en este estudio.

En cuanto a la resistencia a la compresión los resultados alcanzados en este estudio fueron que el Systemp c&b obtuvo una mayor resistencia a la compresión, soportando más carga hasta llegar a la rotura, mientras que el Protemp no mostró tanta resistencia en este ensayo, asemejándose así a los estudios realizados por Karaokutan en 2009 en donde el Systemp c&b, también fue el material con un alto valor en resistencia a la compresión. Sin embargo difiere con los resultados obtenidos por Zortuk, et al (12) en el 2010 en donde el Protemp obtuvo mejores resultados cuando se le aplicaron fuerzas compresivas.

Después de haber realizado la comparación de resultados de distintas investigaciones con los obtenidos en este estudio, se puede concluir que los materiales provisionales a base de resina compuestas (bisacrilatos), también poseen buenas propiedades mecánicas que permitirán al clínico agregarlos a su lista de opciones a la hora de realizar una provisionalización en prótesis fija. Ningunos de los materiales estudiados son perfectos y no cumple con los requisitos que les otorgue la medalla de “materiales ideales”, pero ambos tienen sus ventajas y desventajas, lo que permite realizar una selección de ellos para situaciones específicas.

El Protemp™4 3M ESPE, demostró en este estudio ser más estable cuando es sometido a sustancias de tinción, presentó un buen módulo de elasticidad conduciendo así a buena resistencia a la flexión, sin embargo no resiste muy bien las fuerzas compresivas.

El Systemp c&b II Ivoclar Vivadent, sin embargo, presentó mayor resistencia a las fuerzas compresivas, es un material de fácil manipulación y buen acabado. No presentó buena estabilidad de color y su módulo de elasticidad fue deficiente, presentando así baja resistencia flexural.

Aunque las muestras realizadas en este estudio no se confeccionaron simulando las condiciones intraorales y los valores de resistencia a la flexión y compresión de laboratorio se obtuvieron bajo cargas estáticas, las muestras fueron confeccionadas bajo situaciones controladas, lo que permite que estos valores sean útiles para comparar materiales y ser predictor lucrativo del desempeño clínico.

Por otro lado, como limitante para este estudio se puede mencionar que no existen una cantidad deseada de artículos que relacionen las propiedades mecánicas de estas dos marcas comerciales en específico y se considera muy importante ya que son muy utilizadas a nivel nacional e internacional y lo clínicos deberían manejar esta información para saber cuándo utilizarlos. Se considera que se deberían realizar más estudios similares a este, para tener más referencias bibliográficas y más respuestas que sustenten las obtenidas en esta investigación.

No se encontró ninguna limitación en cuento al diseño del estudio y a los quipos utilizados, ya que las muestras fueron suficientes para este tipo de pruebas y los

equipos están bien sustentados en la literatura investigada. Se recomienda la realización de un estudio *invivo* donde se evalúe la estabilidad del color de materiales provisionales a base de bisacrilatos.

## Referencias bibliográficas

1. Gujjari AK, Bhatnagar VM, Basavaraju RM. Color stability and flexural strength of poly ( methyl methacrylate ) and bis - acrylic composite based provisional crown and bridge auto - polymerizing resins exposed to beverages and food dye : An in vitro study. 2013;24(2):172–7.
2. Caldas IP, Vieira R, Alto M, Bon SF. A utilização de resinas bisacrílicas no planejamento estético : relato de caso clínico. Rev Dent Press Estet. 2013;10(1):78–88.
3. Scotti R, Mascellani SC, Forniti F. The in vitro color stability of acrylic resins for provisional restorations. Int J Prosthodont. 1997;10(2):164–8.
4. Karaokutan I, Sayin G, Kara O. In vitro study of fracture strength of provisional crown materials. J Adv Prosthodont. 2015;1(7):27–31.
5. Hoseinkhezri F, Emadian Razavi S, Jalali H, Dorriz H. In vitro color stability of provisional restorative materials. Indian J Dent Res. 2012;23(3):388.
6. Givens EJ, Neiva G, Yaman P, Dennison JB. Marginal adaptation and color stability of four provisional materials. J Prosthodont. 2008;17(2):97–101.
7. Blasi A, Barrero C. Estudio in vitro para comprobar la estabilidad del color de materiales provisionales usados en prostodoncia Color Stability of Provisional Materials Used in Prosthodontics : An in-vitro Study. Univ Odontol. 2011;30(65):17–23.
8. Gupta G, Gupta T. Evaluation of the effect of various beverages and food material on the color stability of provisional materials - An in vitro study. J Conserv Dent. 2011;14(3):287.
9. Nejatidanesh F, Momeni G, Savabi O. Flexural strength of interim resin Materials for fixed prosthodontics. J Prosthodont. 2009;18(6):507–11.
10. Jo LJ, Shenoy KK, Shetty S. Flexural strength and hardness of resins for interim fixed partial dentures. [Internet]. Indian journal of dental research : official publication of Indian Society for Dental Research. 2011. p. 71–6. Disponible en: <http://www.ijdr.in/article.asp?issn=0970-9290;year=2011;volume=22;issue=1;spage=71;epage=76;aulast=Jo>
11. Romil, S. Samarth, A. Swatantra, A. Saurabh, G. Praveen, G. Siddhi T. An

- Evaluation Of Flexural Strength Of Different Provisional Restorative Materials- An In-Vitro Study. *Indian J Dent Sci.* 2012;4(3):17–20.
12. Zortuk M, Ozdemir E, Aguloglu S. Evaluating the fracture strength of three different provisional crowns. *J Int Dent Med Res.* 2010;3(1):25–8.
  13. Strassler H LR. Chairside Resin- Based Provisional Restorative Materials for Fixed Prosthodontics. *Compend Contin Educ Dent.* 2011;32(December):10–20.
  14. Helvey GA. Creating a Blueprint of the Final Restorations. *Compend Contin Educ Dent.* 2014;35(8):9–14.
  15. Strassler H. Fixed Prosthodontics Provisional Materials: Making the Right Selection. *Compend Contin Educ Dent.* 2013;34(1):22–30.
  16. Patras M, Naka O, Doukoudakis S, Pissiotis A. Management of provisional restorations' deficiencies: A literature review. *J Esthet Restor Dent.* 2012;24(1):26–38.
  17. Balkenhol M, Mautner MC, Ferger P, Wöstmann B. Mechanical properties of provisional crown and bridge materials: Chemical-curing versus dual-curing systems. *J Dent.* 2008;36(1):15–20.
  18. De R. de metila submetidas à termociclagem. 2012;41(5):330–4.
  19. ESPE 3M. Technical Data Sheet. 2011.
  20. Vivadent I. Systemp . c&b II ®. 2008.
  21. Regish K, Sharma D PD. Techniques of fabrication of provisional restoration: An overview. *Int J Dent.* 2011;2011(January 2010):1–5.
  22. Shillingburg Herbert T, Sumiya Hobo, Whitsett Lowell D, Richard Jacobi BSE. Fundamentos Esenciales de Protesis Fija. In: *Fundamentos Esenciales de Protesis Fija.* 3era ed. Barcelona: Quintessence Editorial; 2002. p. 426.
  23. Gómez-polo C, Gómez-polo M, Antonio J, Vázquez M, Viñuela AC. Study of the most frequent natural tooth colors in the Spanish population using spectrophotometry. *J Adv Prosthodont.* 2015;7(4):413–22.
  24. Cisneros YA, Vargas GDL, Valladares MS, Álvarez GO, María R, Romero D. Evaluación de alteraciones visuales y su relación con el poder de discriminación en la toma de color dental en alumnos de odontología con luz

- artificial y natural. Rev ADM. 2008;65(2):69–74.
25. Goncalves W, Falcon RM, Pellizzer EP, Freitas AC, Oliveira E, Asistente P, et al. Factores que influncian la seleccion del color en Protesis Fija-  
Revision de Literatura. Acta Odontológica Venez. 2009;47(4):1–7.
  26. Lafuente D. Física del Color y su utilidad en Odontología. Rev Cient Odontol. 2008;4(1):10–5.
  27. Andreas Z, Cabrera Tomas, Hassel AJ. Comparison of the Easyshade Compact and Advance in vitro and in vivo. Clin Oral Investig. 2014;18(1):1473–9.
  28. Olms Constanze MSJ. The repeatability of digital shade measurement — a clinical study. Clin Oral Investig. 2013;17(3):1161–6.
  29. Lagouvardos PE, Fougia AG, Diamantopoulou SA, Gregory L. Repeatability and interdevice reliability of two portable color selection devices in matching and measuring tooth color. J Prosthet Dent [Internet]. The Editorial Council of the Journal of Prosthetic Dentistry; 2007;101(1):40–5. Available from: [http://dx.doi.org/10.1016/S0022-3913\(08\)60289-9](http://dx.doi.org/10.1016/S0022-3913(08)60289-9)
  30. Caceres Michael RC. Estudio comparativo del tono A2 de diferentes sistemas metalo-ceramicas mediante espectrofotometria in vitro. Pontificia Universidad Catolica Madre y Maestra; 2016.
  31. Hassel AJ, Dent M, Grossmann A, Dent M. Interexaminer Reliability in Clinical Measurement of L \* C \* h \* Values of Anterior Teeth Using a Spectrophotometer. 2007;20(1):79–85.
  32. Adeyemi AA, Jarad FD, Jong EDJ De. The evaluation of a novel method comparing quantitative light-induced fluorescence ( QLF ) with spectrophotometry to assess staining and bleaching of teeth. Clin Oral Investig. 2010;14(3):19–25.
  33. Haralur SB, Assiri HM. Influence of personality on tooth shade selection. :126–38.
  34. Anusavise K. Ciencia de los materiales dentales. 11ava ed. Anusavice Elsevier. Saunders; 2004.
  35. Edica- EOM. Edit orial m edica-. In: Materiales Dentales. 3era ed. Buenos

Aires: Editorial Medica Panamericana; 2000. p. 19–25.

36. Takamizawa T, Barkmeier W, Tsujimoto A, Scheidel D, Erickson R, Latta M MM. Mechanical Properties and Simulated Wear of Provisional Resin Materials. *Oper Dent*. 2015;40(1):1–11.
37. Okeson, J. Tratamiento de Oclusion y afecciones Temporomandibulares. 5ta ed. Barcelona: Elsevier; 2003. 671 p.

**Anexos**

Anexo 1. Instrumento para la recolección de los datos de pruebas de estabilidad del color.

Grupo: \_\_\_\_\_ Sustancia de tinción: \_\_\_\_\_

Muestras	Color Inicial	Color 7 días	Color 15 días	Color 30 días
M1	Tono: L: C: H: $\Delta E$ :	Tono: L: C: H: $\Delta E$ :	Tono: L: C: H: $\Delta E$ :	Tono: L: C: H: $\Delta E$ :
M2	Tono: L: C: H: $\Delta E$ :	Tono: L: C: H: $\Delta E$ :	Tono: L: C: H: $\Delta E$ :	Tono: L: C: H: $\Delta E$ :
M3	Tono: L: C: H: $\Delta E$ :	Tono: L: C: H: $\Delta E$ :	Tono: L: C: H: $\Delta E$ :	Tono: L: C: H: $\Delta E$ :
M4	Tono: L: C: H: $\Delta E$ :	Tono: L: C: H: $\Delta E$ :	Tono: L: C: H: $\Delta E$ :	Tono: L: C: H: $\Delta E$ :
M5	Tono: L: C: H: $\Delta E$ :	Tono: L: C: H: $\Delta E$ :	Tono: L: C: H: $\Delta E$ :	Tono: L: C: H: $\Delta E$ :
M6	Tono: L: C: H: $\Delta E$ :	Tono: L: C: H: $\Delta E$ :	Tono: L: C: H: $\Delta E$ :	Tono: L: C: H: $\Delta E$ :
M7	Tono:	Tono:	Tono:	Tono:

	L: C: H: $\Delta E$ :	L: C: H: $\Delta E$ :	L: C: H: $\Delta E$ :	L: C: H: $\Delta E$ :
M8	Tono: L: C: H: $\Delta E$ :	Tono: L: C: H: $\Delta E$ :	Tono: L: C: H: $\Delta E$ :	Tono: L: C: H: $\Delta E$ :
M9	Tono: L: C: H: $\Delta E$ :	Tono: L: C: H: $\Delta E$ :	Tono: L: C: H: $\Delta E$ :	Tono: L: C: H: $\Delta E$ :
M10	Tono: L: C: H: $\Delta E$ :	Tono: L: C: H: $\Delta E$ :	Tono: L: C: H: $\Delta E$ :	Tono: L: C: H: $\Delta E$ :

