

Información Importante

La universidad Santo Tomás, informa que el (los) autor (es) ha (n) autorizado a usuarios internos y externos de la Institución a consultar el contenido de este documento a través del Catálogo en línea del CRAI- Biblioteca y el Repositorio Institucional en la página Web de la CRAI - Biblioteca, así como en las redes de información del país y del exterior con las cuales tenga convenio la Universidad.

Se permite la consulta a los usuarios interesados en el contenido de este documento, para todos los usos que tengan **finalidad académica**, nunca para usos comerciales, siempre y cuando mediante la correspondiente cita bibliográfica se le de crédito al trabajo de grado y a su autor.

De conformidad con lo establecido en el Artículo 30 de la Ley 23 de 1982 y el Artículo 11 de la Decisión Andina 351 de 1993, la Universidad Santo Tomás de Aquino informa que “los derechos morales sobre documentos son propiedad de los autores, los cuales son irrenunciables, imprescriptibles, inembargables e inalienables.”

Centro de Recursos para el Aprendizaje y la Investigación CRAI - Biblioteca
Universidad Santo Tomás, Bucaramanga

**EVALUACIÓN *IN VITRO* DE RESISTENCIA AL VOLCAMIENTO
EN PREPARACIONES CON ALTURA OCLUSO – CERVICAL
INSUFICIENTE ELABORANDO CAJUELAS PROXIMALES Y
AXIALES PARA CORONAS MAQUINADAS**

Juliana Aránzazu Rincón y Leidy Johana Ávila Duran

Trabajo de grado para optar el título de Especialista en Rehabilitación Oral

Director

Dr. Carlos Alirio Rueda

Odontólogo, Gerontólogo y Especialista en Rehabilitación Oral

Codirector

Bernardo Enrique Mesa Gómez
Tecnólogo en Laboratorio Dental

Félix Antonio Pérez Rondón
Ingeniero. Magíster

Universidad Santo Tomás, Bucaramanga
División de Ciencias de la Salud
Especialización en Rehabilitación Oral
2017

Tabla de Contenido

Resumen	
Introducción	8
1. Planteamiento del problema	8
1.2 Justificación	9
2. Objetivos	10
2.1 Objetivo general	10
2.2 Objetivos específicos	10
3. Marco Teórico	10
3.1 Principios biomecánicos de la preparación dental.....	11
3.1.1 Resistencia.	11
3.1.2 Retención.	12
3.1.3 Estabilidad.....	14
3.1.4 Vía de inserción.	14
3.1.5 Solidez estructural.....	14
3.2 Cajuelas vs ranura.....	14
3.3 Principios biológicos de la preparación dental	15
3.3.1 Tipos de terminación.....	15
3.3.2 Hombro.	15
3.3.3 Chanfer.....	15
3.3.4 Filo de cuchillo.	16
3.4 Fuerza	16
3.4.1 Tipo de fuerzas.....	17
3.4.1.1 Efectos de una fuerza única.....	17
3.4.1.2 Efecto de dos fuerzas opuestas.....	20
3.5 Aleaciones en odontología.....	21
3.5.1 Clasificación de las aleaciones según su composición.	21
3.5.1.1 Aleaciones altamente nobles.	21
3.5.1.2 Aleaciones Seminobles.	21
3.5.1.3 Aleaciones metales bases.	22
3.6 Sistema PHIBO.....	23
4. Materiales y métodos	24
4.1 Tipo de estudio	24

4.2 Muestra	24
4.2.1 Criterios de inclusión	25
4.2.1 Criterios de exclusión	25
4.3 Variables	25
4.4 Metodología	26
4.4.1 Prueba Piloto	26
4.4.2 Confección del modelo experimental.	29
4.4.2.1 Diseño de bloques de acero	29
4.4.2.2 Fresado.	29
4.4.3 Escaneo y cofia para el estudio.	31
4.4.4 Prueba de resistencia.	32
4.4.5 Instrumentos	34
4.5 Análisis Estadístico	35
4.6 Consideraciones éticas	35
5. Resultados	36
6. Discusión	39
6.1. Conclusiones	41
6.2 Recomendaciones	41
Referencia bibliográfica	42
Apéndices	45

Lista de Tablas

Tabla 1. <i>Aleaciones altamente nobles</i>	21
Tabla 2. <i>Aleaciones seminobles</i>	22
Tabla 3. <i>Aleaciones metales bases</i>	23
Tabla 4. <i>Resultados prueba piloto</i>	27
Tabla 5. <i>Medidas morfológicas del molar inferior</i>	29
Tabla 6. <i>Medidas de resumen globales de resistencia y tiempo</i>	36
Tabla 7. <i>Medidas de resumen de resistencia con cada uno de los grupos evaluados (N)</i>	37
Tabla 8. <i>Prueba de Kruskal-Wallis para la variable resistencia respecto a cada uno de los grupos evaluados</i>	38
Tabla 9. <i>Comparación de las medianas de resistencia de los grupos</i>	38
Tabla 10. <i>Medidas de resumen de tiempo con cada grupo evaluado (s)</i>	39
Tabla 11. <i>Prueba de Kruskal-Wallis para la variable tiempo respecto a cada uno de los grupos evaluados</i>	39

Lista de Figuras

Figura 1. Altura de la preparación.....	¡Error! Marcador no definido.
Figura 2. Convergencia de las paredes.	¡Error! Marcador no definido.
Figura 3. Eje de rotación	14
Figura 4. Línea de terminación.....	15
Figura 5. Línea terminal en chanfer	16
Figura 6. Línea terminal en filo de cuchillo	¡Error! Marcador no definido.
Figura 7. Fuerza de empuje	¡Error! Marcador no definido.
Figura 8. Fuerza de arrastre.....	¡Error! Marcador no definido.
Figura 9. Fuerza de rotación	18
Figura 10. Fuerza de volcamiento	18
Figura 11. Fuerzas verticales	19
Figura 12. Fuerzas horizontales	19
Figura 13. Fuerzas traccionales	20
Figura 14. Fuerzas compresivas	20
Figura 15. Fuerza de corte	20
Figura 16. Sistema de sinterización PHIBO	¡Error! Marcador no definido.
Figura 17. Dispositivo de carga constante	27
Figura 18. Desplazamiento del bloque	28
Figura 19. Fisura de la corona	28
Figura 20. Fractura de la corona	28
Figura 21. Proceso de fabricación	30
Figura 22. Diseño en software.....	30
Figura 23. Máquina fresadora.....	30
Figura 24. Verificación de la programación	30
Figura 25. Diseño de los bloques de acero.....	31
Figura 26. Encerado de molar inferior.....	31
Figura 27. Escaneado de corona en cera	32
Figura 28. Escaneado de los bloques de acero	32
Figura 29. Posicionamiento del bloque de acero	32
Figura 30. Aplicación de fuerzas	33
Figura 31. Desalojo de la corona	33
Figura 32. Coronas después de la aplicación de fuerza.....	34
Figura 33. Máquina fresadora XK7132.....	34
Figura 34. Máquina de prueba universal AG-I 250 SHIMADZU	35
Figura 35. Diagrama de cajas para la resistencia	37

Resumen

Objetivo: Determinar la resistencia al volcamiento de coronas maquinadas en preparaciones que no cumplen con la altura ocluso-cervical requerida de 4mm mediante la realización de las cajuelas en paredes proximales y axiales. **Materiales y métodos:** Se evaluó 100 bloques de acero dividido en 5 grupos, con características de una preparación dental de un molar inferior con altura ocluso – cervical de 3mm, convergencia de 10° y chanfer con ángulo interno redondeado, con cajuelas axiales y proximales de 2mm y 3mm de ancho. Se realizó encerado de un molar inferior, escaneo y elaboración de las cofias cobalto cromo con el sistema de sinterización PHIBO. La resistencia al volcamiento de cada muestra se evaluó aplicando fuerzas oblicuas en una angulación de 45 grados, se midió por medio de la maquina universal SHIMADZU. El análisis estadístico entre los grupos evaluados se comparó mediante la prueba de Mann-Whitney con un valor $p < 0,001$ que existe diferencia estadísticamente significativa. **Resultados:** La cajuela proximal de 3mm de ancho presenta el promedio más bajo con 15058.91, y que los mejores resultados se obtienen con las cajuelas axiales de 2mm y 3mm de ancho presentando el promedio más alto de 18070.94 y 16572.97; dado que presentaron mayor resistencia al volcamiento y no hubo diferencia estadísticamente significativa. **Conclusión:** Se comprobó que las cajuelas axiales aumentan la resistencia al volcamiento de las coronas maquinadas ante la aplicación de fuerzas oblicuas.

Palabras clave: Prótesis fija, Preparación dental, Resistencia, Cajuelas

Introducción

Teniendo en cuenta la secuencia de erupción de los dientes permanentes, se debe tener presente que el primer diente permanente que erupciona es el primer molar inferior y por diferentes factores también es el primer diente que se pierde, a partir de esto se presentan alteraciones como rotaciones, inclinaciones y migración de dientes antagonistas generando extrusión. En caries extensas donde se pierde en gran parte la corona clínica, el antagonista invade el espacio interoclusal generando problemas en el momento de restaurar el molar inferior. Los molares permanentes son de gran importancia en el buen desarrollo de la oclusión. Según el IV Estudio Nacional de Salud Bucal (ENSAB) los molares permanentes inferiores son los que presentan mayor prevalencia de caries dental, debido a que son los primeros dientes permanentes en erupcionar, haciendo que estos sean más susceptibles a caries dental generando, destrucción y pérdida temprana.

Para obtener éxito en las preparaciones de corona completa, se deben tener en cuenta, la geometría de la preparación y las fuerzas oclusales. Estas fuerzas poseen características importantes como la magnitud, la dirección, la duración y frecuencia.

En la actualidad el reemplazo de dientes perdidos o ausentes para el paciente se ha vuelto una necesidad. Partiendo de esto el odontólogo utiliza ciertas reglas o fundamentos que guían con mayor certeza la planeación, pronóstico y seguimiento del tratamiento (1).

Estos fundamentos mecánicos que se deben tener en cuenta son, retención, resistencia, estabilidad y soporte; cada uno de ellos se encuentra en ciertas características de la preparación dental y a su vez todas estas propiedades mecánicas trabajan en conjunto para obtener una buena rehabilitación. Las prótesis dentosoportadas también llamadas prótesis fija toma uno o dos dientes como único apoyo, por esto es que se requiere e indica que los dientes cumplan con las características y requisitos adecuados para que las restauraciones tengan longevidad en las preparaciones dentales; si estos no se aplican, no se cumple con el concepto biológico, funcional y estético. Las restauraciones deben tener la suficiente resistencia a las fuerzas compresivas y oblicuas que se encuentran durante la función masticatoria (2).

La resistencia y la retención son dos factores asociados que por lo general depende uno del otro y los dos juntos dependen de la configuración geométrica de la preparación dentaria. El primer factor impide la rotación de la restauración cuando es sometida a fuerzas oblicuas; el segundo factor, evita el desalojo de la restauración teniendo en cuenta la convergencia de las paredes axiales de la preparación (4) (5).

La falta de altura ocluso - cervical puede afectar la resistencia al volcamiento de una restauración al momento de someterla a fuerzas oblicuas sobre un eje; por ello, se ha incorporado en las preparaciones convencionales la realización de cajuelas en zonas axiales y proximales de la preparación dental cuando no se cumple con dicha característica para poder aumentar la longevidad de la restauración al volcamiento a la que es sometida en el proceso funcional de masticación (2) (5).

1. Planteamiento del problema

En el momento de restaurar un molar inferior con poco espacio interoclusal, altura ocluso-cervical insuficiente, inclinaciones o proporciones corono-radicales inadecuadas surgen los interrogantes en el momento de realizar la preparación dental (1) (2).

Partiendo de esto se debe buscar una solución tratando de mantener las propiedades mecánicas ideales para que la restauración que se va a realizar tenga longevidad.

Los principios de una buena preparación dental en un tratamiento protésico son clasificados en tres grandes categorías: factores biológicos, factores mecánicos y factores estéticos. Aunque los factores mecánicos son los responsables de preservar la integridad y durabilidad de las restauraciones, los biológicos y los estéticos constituyen otros componentes importantes en el éxito de los procedimientos restauradores (1) (2).

El campo de la biomecánica no ha sido explorado como el factor biológico o el factor estético, así que muchas veces el control estricto de los factores mencionados no es suficiente en un medio oral donde ciertas variables son difíciles de controlar, como por ejemplo: la tensión emocional, el apretamiento céntrico o excéntrico, consciente o no, las fuerzas indebidas y la mala higiene oral, pudiéndose aumentar la incidencia de los fracasos (1) (2) (3).

Uno de los principales factores mecánicos para una buena preparación dental es la resistencia, la cual está dada por altura ocluso-cervical. Maxwell mencionó que la altura ocluso-cervical necesaria en dientes posteriores es de 4mm (molares) para lograr una excelente resistencia; sin embargo, en la mayoría de los casos este principio no se cumple ya que el espacio interoclusal es insuficiente por extrusiones o posiciones dentales que invaden dicho espacio (6).

Se debe tener en cuenta que la planificación del tratamiento puede llegar a ser crítica en los pacientes con evidencia de parafricción, dientes con deficiencia de altura ocluso-cervical o escaso esmalte, generando un factor negativo para obtener una buena resistencia en la preparación (2) (6). Partiendo del hecho que la altura ocluso-cervical ofrece la resistencia y la convergencia de las paredes axiales dan la retención y estas dos propiedades mecánicas depende una de la otra se debe tener presente un punto importante para evaluar; la altura respecto al ancho de la preparación en molares; esta proporción debe ser de la misma medida, ya que si esta regla no se cumple se va a presentar pérdida de resistencia y retención (5) (7).

Es por eso que se quiere realizar y evaluar las ayudas auxiliares como cajuelas de 2mm y 3mm en preparaciones dentales con altura ocluso-cervical insuficiente, para comprobar el aumento de resistencia al volcamiento.

¿Implementar cajuelas en una preparación dental con problemas de altura ocluso-cervical mejorará la resistencia al volcamiento de la misma ante fuerzas oblicuas? Y si estas cajuelas funcionan ¿Cuál debería ser la medida y la ubicación de dicha cajuela?

1.2 Justificación

Con este estudio se pretende en preparaciones con altura ocluso-cervical insuficiente utilizar cajuelas que ayuden a mejorar el problema de volcamiento de coronas, que con mayor frecuencia encontramos en el momento de rehabilitar un molar inferior

Actualmente en ciertos casos al realizar una restauración en molares inferiores estos no presentan las características indicadas para una buena preparación, observando con frecuencia molares inclinados, molares con altura ocluso-cervical inadecuada, extrusión de molares superiores, inclinación de segundo molar inferior por ausencia del primer molares inferior, molares con pérdida ósea no indicados para opciones de tratamiento periodontal como una gingivectomía.

Teniendo en cuenta lo anterior mencionado se debe buscar una solución tratando de mantener las propiedades mecánicas de dicha preparación y la longevidad de las restauraciones en boca.

Reisbick y Shillingburg fueron los primeros en investigar las características de una preparación para corona completa que aumentó la forma de resistencia; en 1975 informaron que la colocación de surcos interproximales y cajuelas incrementaban la forma de resistencia de la preparación del diente (4).

Es importante dar a conocer la mejor alternativa adicional a la preparación convencional para tener como opción segura el éxito y longevidad del tratamiento protésico, una opción que sea de fácil aplicación y que evite otras modificaciones a estos cuando no existe el espacio interoclusal suficiente y cuando no se puedan realizar tratamientos quirúrgicos adicionales.

Adicionalmente, este proyecto puede ser punto de partida para que los estudiantes y docentes de la clínica logren mejorar la resistencia y retención de las coronas cuando no se cumplen con las características apropiadas de una buena preparación dental

2. Objetivos

2.1 Objetivo general

Determinar la resistencia al volcamiento de coronas maquinadas en preparaciones que no cumplen con la altura ocluso-cervical requerida de 4mm mediante la realización de las cajuelas en paredes proximales y axiales

2.2 Objetivos específicos

- Comparar la resistencia al volcamiento de las coronas maquinadas de los dos diferentes tipos de cajuelas de este estudio en paredes proximales y axiales de los diferentes grupos a evaluar.
- Definir el tiempo de desalojo de las coronas maquinadas de los dos grupos a estudiar.
- Describir la magnitud de las fuerzas que se aplican a las coronas maquinadas antes del volcamiento.

3. Marco Teórico

En prótesis fija, el ámbito de un tratamiento permite restaurar desde un único diente hasta la rehabilitación de arcadas completas, los dientes ausentes pueden reemplazarse mediante prótesis fija, lo cual mejora desde estética y función masticatoria del paciente y así conservar la salud y la integridad en la cavidad oral (1) (3).

Con estas prótesis se pretende que las restauraciones queden fijas sin presentar desplazamiento de dichas coronas puestas previamente sobre el diente preparado con ciertos principios y

características, si esto no ocurre no se cumple con el concepto biológico, funcional y estético (24) (29).

Para reproducir y cumplir con estos objetivos es necesario tener presente los principios mecánicos que son los más importantes en este tipo de restauración, ya que si estos se cumplen ofrecen una longevidad de la prótesis, salud pulpar y periodontal y como siempre tener presente, la satisfacción del paciente (2) (4) (10).

3.1 Principios biomecánicos de la preparación dental

- Resistencia
- Retención
- Estabilidad
- Vía de inserción
- Solidez estructural

3.1.1 Resistencia. Las restauraciones utilizadas en una prótesis fija pueden estar expuestas a determinadas fuerzas de desinserción en el proceso de masticación cuando los maxilares se separan después de triturar algún alimento pegajoso, las prótesis fijas existentes tienden a presentar descementación por la misma trayectoria de su vía de inserción teniendo en cuenta que las fuerzas aplicadas son horizontales, oblicuas o de tracción (1) (2) (3) (10).

Cuando la incidencia de una fuerza lateral en la restauración ocurre durante el ciclo masticatorio o cuando hay parafunción, la restauración tiende a girar en torno a un fulcrum, cuyo radio forma un arco tangente en las paredes opuestas de la preparación, dejando el cemento sujeto a las fuerzas de cizallamiento, que pueden causar su ruptura y consecuentemente, iniciar el proceso de dislocamiento de la prótesis (10) (11).

Las preparaciones deben cumplir con características que proporcionen resistencia al volcamiento de la prótesis en este tipo de movimientos cuando es sometida a fuerzas oblicuas; dicha resistencia la ofrece la altura ocluso-cervical esto se conoce como resistencia (2) (3) (5) (10) (12) (13).

“Maxwell probó la resistencia de coronas artificiales que eran 1, 2, 3 y 5 mm en la dimensión ocluso-cervical y tenían mínimo 6 grados de ángulo de convergencia oclusal” (6).

Los molares, por lo general son preparados con una mayor convergencia que los dientes anteriores, tienen un diámetro vestibulo-palatino/lingual mayor que otros dientes y se encuentran donde las fuerzas oclusales son mayores, teniendo en cuenta lo mencionado anteriormente, 4 mm se propone como la dimensión mínima ocluso-cervical para molares preparados (5) (11) (14) (15).

Existe una relación íntima entre los ángulos de convergencia y la longitud ocluso-cervical ya que estos ofrecen la resistencia y retención de la preparación dental (2) (4) (5).

La ubicación del diente es un factor crítico en la consecución de una forma adecuada de resistencia en la preparación de forma cónica. En el caso de los molares inferiores el diámetro vestibulo-palatino/lingual es de 7 mm y meso-distal es de 7 mm aproximadamente, lo cual es mayor que la altura ocluso-cervical de 4 mm en molares y lo ideal sería que por lo menos, la altura sea igual que el ancho (14) (16).

Cuando se incorporan ambos factores de resistencia y retención, para propósitos prácticos estos factores se pueden considerar juntos.

Teniendo en cuenta que el ancho es mayor que la altura; mayor será el radio de rotación y por lo tanto carecerán de retención y resistencia; para mejorarlo es importante contemplar o incluir la idea de realizar unas cajuelas en dicha preparación, la cual ofrecerá mayor zona de contacto y por ende mejorar la retención y resistencia (10) (14) (17) (18).

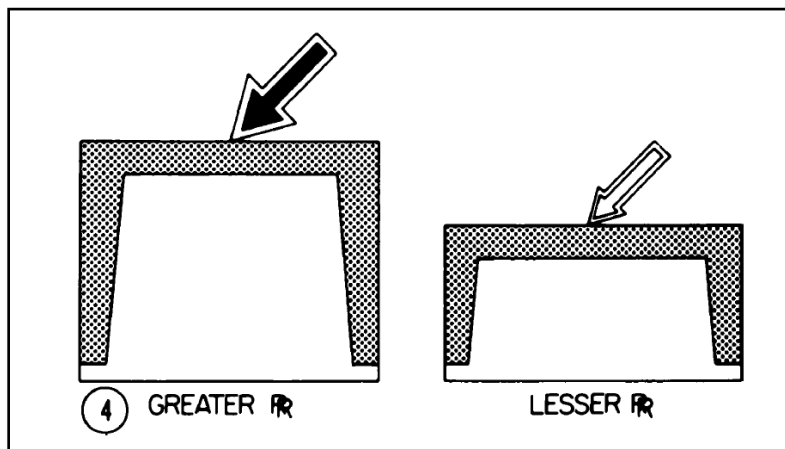


Figura 1 Altura de la preparación

Fuente: Pegoraro L. Protesis Fija AM, editor.; 2001.

La ausencia del área de resistencia no impedirá la rotación de la corona cuando sea sometida a fuerzas laterales. En estos casos la presencia de cajuelas compensará la deficiencia de la preparación minimizando la tendencia a la rotación de la corona (2) (10).

3.1.2 Retención. El elemento indispensable que se debe tener en cuenta para que se logre la retención, es la convergencia de las paredes axiales de la preparación dental (2) (19).

“En 1923, Prothero indicó que la convergencia de superficie periférica debería estar en un rango de 2° a 5°, pero más de 30 años pasarían antes de que esta recomendación específica fuera dada a los científicos” (20).

Estudios realizados por Weed, Smith, Noonan y Goldfogel, Ohm y Silness y Annerstedt, informaron una medición de ángulos de convergencia oclusal que variaron de 12,2 a 27 grados, dependiendo de si se completaron los preparativos del diente en el laboratorio preclínico o en situaciones clínicas” (21) (22) (23) (24) (25).

En general, los ángulos bajos de convergencia oclusal se prepararon en situaciones preclínicas y durante los exámenes (17) (19) (26).

Los dientes preparados por los estudiantes fueron comparados con los dientes preparados por odontólogos generales y se observó que la media del ángulo de convergencia oclusal para estudiantes de odontología fue de 19,4 grados, lo cual fue menor que la convergencia creada por odontólogos que presentaron un ángulo de 22,1 grados. Estudios similares han reportado que la media de ángulos de convergencia oclusal va desde 14,3 a 20,1 grados para los odontólogos con ninguna correlación aparente a su nivel de educación o experiencia (5).

Con el pasar de los años varios autores han estudiado esta característica y se ha llegado a la siguiente conclusión:

- Los dientes posteriores e inferiores por su localización tienden a prepararse con mayor ángulo de convergencia que los dientes anteriores y superiores (2) (5).

Por tanto, las preparaciones en los dientes postero - inferiores se debe realizar cuidadosamente para cumplir con un ángulo de convergencia más apropiado y lograr la retención necesaria.

“Wilson y Chan reportaron en 1944 que la máxima retención de extensión ocurre entre 6 y 12 grados de convergencia oclusal total” (25).

Para mayor retención, las paredes deben ser paralelas para evitar socavados y conseguir un buen sellado marginal; las paredes deben tener alguna conicidad, con un rango de 2 a 6,5 grados, con el propósito de tener 3 grados en cada superficie, externa o interna. Como resultado final se tendrá un ángulo de 6 grados en todas las partes de la preparación (2) (5) (10).

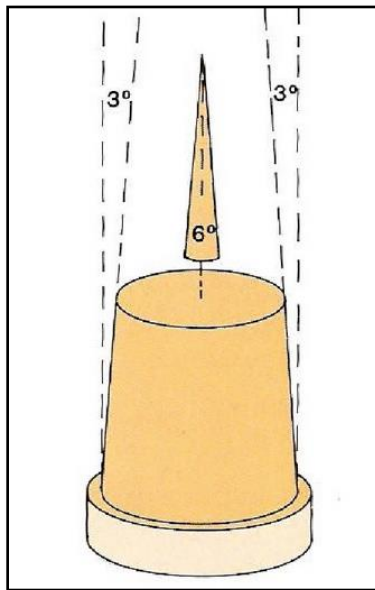


Figura 2 Convergencia de las paredes

Fuente: Shillenburg HT, Hobo S, Whitsett LD, Jacobi R, Bracket SE. Fundamentos esenciales en prótesis fija. Tercera edición. Editorial Quintessence S.L.

Con el cumplimiento de esta regla de convergencia se tiene la ventaja de que el cemento pueda unirse a una superficie y resistir a las fuerzas dependiendo de la trayectoria de la fuerza con relación al número de superficies cementadas. Con esto al estar más paralelas contrarias a la preparación, mayor será la retención (8) (27).

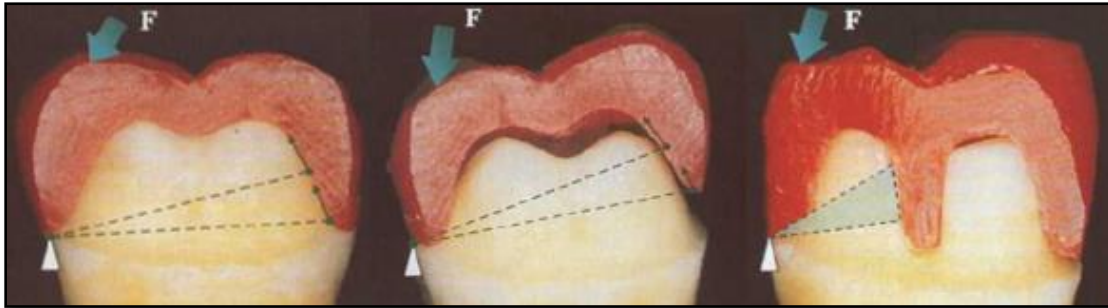


Figura 3 Eje de rotación.

Fuente: Pegoraro L. *Protesis Fija AM*, editor.; 2001.

3.1.3 Estabilidad. La forma de la preparación es importante a la hora de lograr que la restauración permanezca cementada sobre su preparación lo cual es dado por el profesional; la mayoría de los dientes tienen formas geométricas específicas, los molares inferiores preparados son de forma rectangular, los molares superiores son romboides y los premolares y dientes anteriores, con frecuencia, poseen una forma ovalada (1) (2) (3).

La forma que adquiera la preparación determina la orientación de las interfaces diente – restauración en relación con el vector de las fuerzas que actúen y se logra conocer el lugar de mayor tensión a la que está sometido el material usado para la cementación (5).

3.1.4 Vía de inserción. Es la trayectoria o recorrido de una restauración desde oclusal hasta su asentamiento en la línea terminal, tiene que ser única y está dada por el paralelismo de las paredes. Si se consigue este principio básico se asegura la retención y estabilidad confiable; no importa si se refiere a una restauración individual o a los retenedores de una prótesis fija; es la obtención sistemática de una única vía de inserción y remoción de prótesis (1) (2) (3).

3.1.5 Solidez estructural. Es la cantidad de desgaste necesario para soportar las cargas oclusales sin fracturas. Este espacio varía para las restauraciones completas en metal, metal-cerámico, metal cerámico y todo cerámico (1) (2) (3).

3.2 Cajuelas vs ranura

Reisbick y Shillingburg fueron los primeros en investigar las características de una preparación de corona que aumentó la forma de resistencia; en 1975 informaron que la colocación de surcos interproximales y cajuelas incrementaron la forma de resistencia de la preparación del diente. Además, denunciaron que la realización de las cajuelas fue más efectiva que las ranuras preparadas (2) (4).

No obstante, estos autores propusieron que las ranuras deben tener las dimensiones de 1mm de profundidad por 1 mm de ancho y las cajuelas presentan 1 mm de profundidad por 3 mm de ancho. Con dicha teoría se concluye que las ranuras ofrecen la ventaja de mejorar la vía de inserción en algunas preparaciones y durante la preparación controlar la cantidad de tejido a desgastar; por el

contrario las cajuelas ofrecen retención en las preparaciones de dientes con tamaño de la corona clínicamente disminuido o parcialmente destruido (4) (28) (29) (30).

3.3 Principios biológicos de la preparación dental

3.3.1 Tipos de terminación. Estas preparaciones se realizan dependiendo de las necesidades del odontólogo, para ofrecer un mejor tratamiento al paciente quien por ende presenta unas características particulares (2) (3) (10).

3.3.2 Hombro. El hombro es un tipo de preparación que presenta un ángulo de 90° que se forma entre las paredes axiales y cervicales de la preparación. Es el indicado para coronas cerámicas; el escalón mide aproximadamente 2mm; este amplio escalón proporciona resistencia a las fuerzas oclusales minimizando las tensiones que podrían dar lugar a la fractura de la cerámica (2) (3) (10).

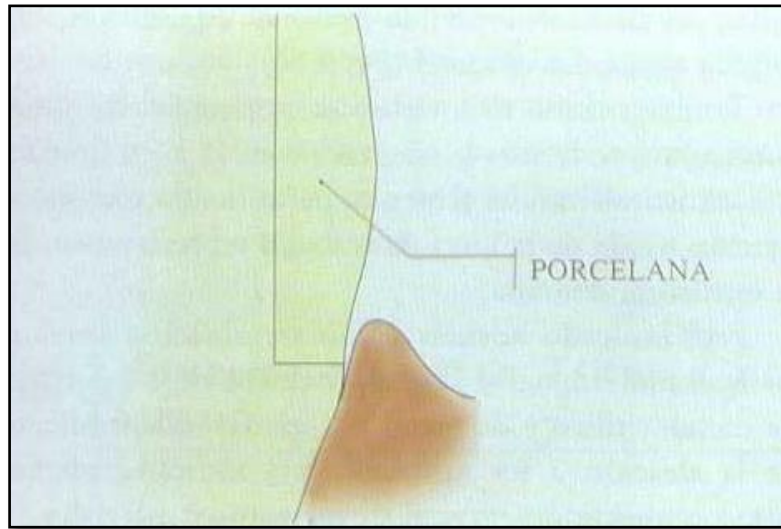


Figura 4. Línea de terminación

Fuente: Pegoraro L. *Protesis Fija AM*, editor.; 2001.

3.3.3 Chanfer. Indicado para coronas metal-cerámicas; este tipo de preparación presenta un ángulo de 100° que se forma entre las paredes axiales y cervicales de la preparación. Presenta ángulo interno redondeado y con un espesor aproximado de 1mm a 1.5 mm, lo cual es suficiente para colocar el metal y la cerámica. Gracias a estas características se puede encontrar en la preparación una mejor adaptación marginal y facilitar el escurrimiento del cemento (2) (3) (10).

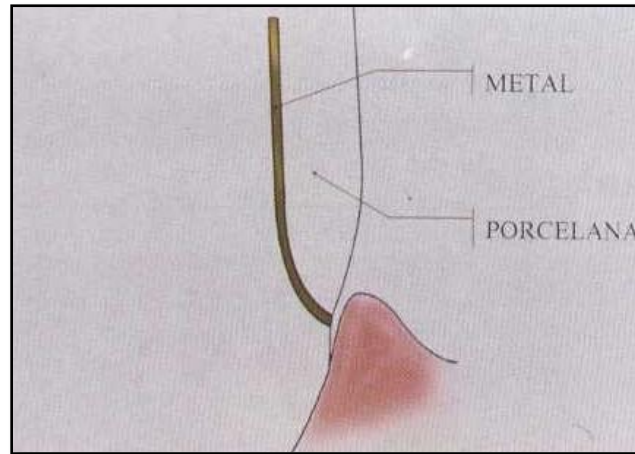


Figura 5 Línea terminal en chanfer

Fuente: Pegoraro L. *Protesis Fija AM*, editor.2001.

3.3.4 Filo de cuchillo. Tiene una difícil realización y por ende presenta con frecuencia sobre - extensión, difícil asentamiento por su delimitado ángulo en la preparación indicada para coronas metálicas (2) (3) (10).

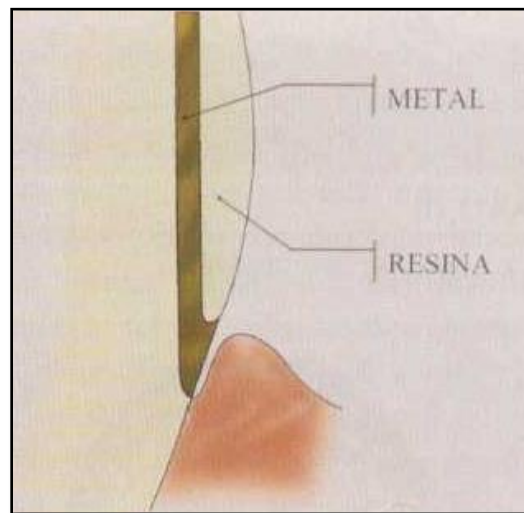


Figura 6 . Línea terminal en filo de cuchillo

Fuente: Pegoraro L. *Protesis Fija AM*, editor.2001.

3.4 Fuerza

Isaac Newton (Woolsthorpe, Lincolnshire; 25 de diciembre de 1642/ 20 de marzo de 1727) fue un físico, autor de las leyes de movimiento, las cuales consisten en tres principios que explican el movimiento de los cuerpos (31).

“La segunda ley de newton explica que la fuerza es proporcional al cuerpo y a la aceleración que adquiere este cuerpo bajo la acción de una fuerza” (31).

En la mayoría de las ocasiones hay más de una fuerza actuando sobre un objeto, en el momento de la masticación se aplican diferentes fuerzas y es necesario determinar una sola fuerza equivalente ya que de ésta, depende la aceleración resultante (31).

Dicha fuerza equivalente se determina al sumar todas las fuerzas que actúan sobre el objeto y se le da el nombre de fuerza neta (31).

3.4.1 Tipo de fuerzas.

3.4.1.1 Efectos de una fuerza única. Los diferentes efectos de fuerzas que se pueden encontrar teniendo en cuenta que predomina el alto sobre el ancho son las siguientes (31):

- Empujar: efecto de una fuerza donde el punto de aplicación está en la superficie central de la cara lateral que tiene una dirección paralela a la superficie y en sentido a la derecha. (Fig. 7)
- Arrastrar: efecto de una fuerza donde el punto de aplicación está en la superficie central de la cara lateral que tiene una dirección paralela a la superficie y en sentido a la izquierda. (Fig. 8)
- Rotarlo: efecto de una fuerza donde el punto de aplicación está en la superficie central del ángulo de la superficie lateral que tiene una dirección paralela a la superficie y en sentido a la derecha lo cual genera rotación tomando como eje el punto de la aplicación de la fuerza. (Fig. 9)

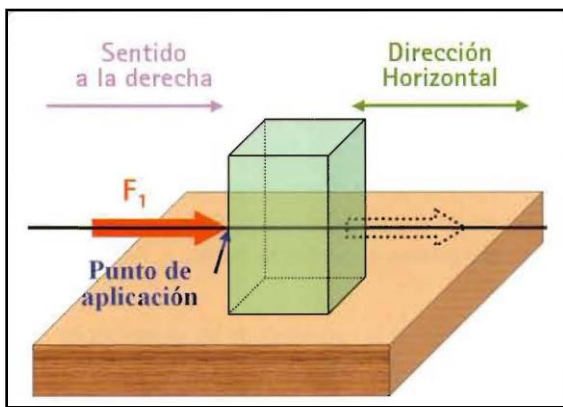


Figura 7. Fuerza de empuje

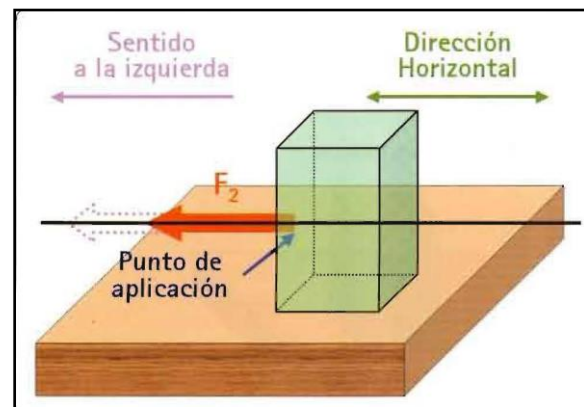


Figura 8 Fuerza de arrastre

Fuente Steenbecker O. Principios y bases de los biomateriales: Universidad de Valparaíso; 2006

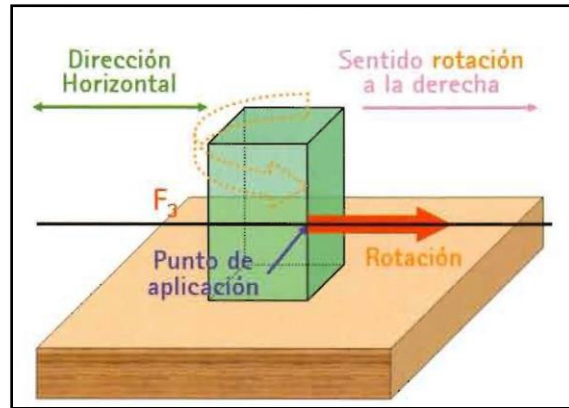


Figura 9. Fuerza de rotación

Fuente: Steenbecker O. Principios y bases de los biomateriales: Universidad de Valparaíso; 2006

- Volcamiento: efecto de una fuerza donde el punto de aplicación está en la superficie central en el ángulo superior que tiene una dirección paralela a la superficie, y en sentido a la derecha su efecto será volcarlo tomando como eje el ángulo inferior a la aplicación de la fuerza.

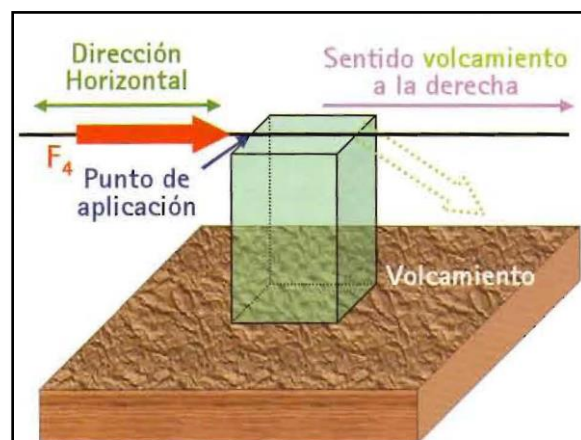


Figura 10. Fuerza de volcamiento

Fuente Steenbecker O. Principios y bases de los biomateriales: Universidad de Valparaíso; 2006

- Fuerzas verticales en la oclusión: en la masticación se encuentran diferentes tipos de fuerzas las cuales según su magnitud y dirección son positivas y negativas para el diente. Cuando se aplican fuerzas verticales al diente, estas se disipan a través de las fibras del ligamento periodontal evitando daños colaterales lo cual se entiende que estas fuerzas son positivas para el diente (31) (32).

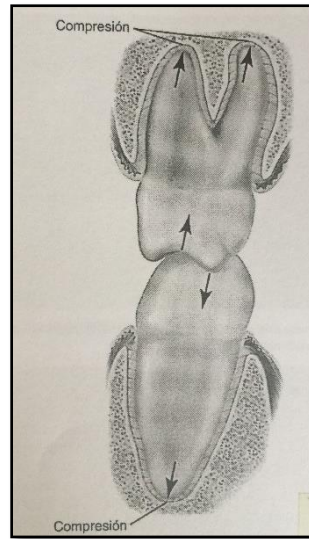


Figura 11. Fuerzas verticales

Fuente Okeson J. Tratamiento de oclusión y afecciones temporomandibulares. 7th ed. Tello AI, Editor. Barcelona: Elsevier; 2008

- Fuerzas horizontales en la masticación: cuando se produce una fuerza en un plano inclinado del diente se denomina fuerza horizontal; teniendo en cuenta que la fuerza resultante no va en la dirección del eje longitudinal del diente, esta produce alteración en las fibras del ligamento periodontal generando una baja respuesta (31) (32).

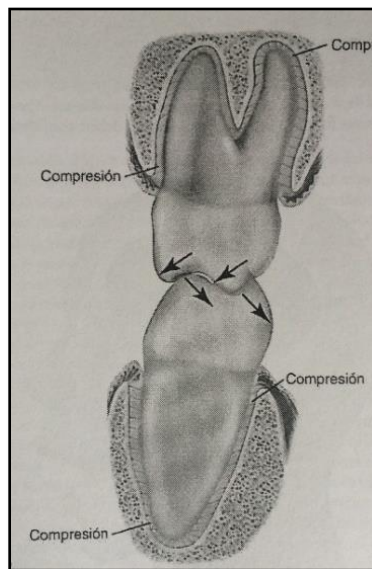


Figura 12. Fuerzas horizontales

Fuente Okeson J. Tratamiento de oclusión y afecciones temporomandibulares. 7th ed. Tello AI, Editor. Barcelona: Elsevier; 2008

3.4.1.2 Efecto de dos fuerzas opuestas.

- **Fuerzas compresivas:** el efecto de dos fuerzas que se encuentran en un plano horizontal aplicando la fuerza a la misma dirección y en las superficies centrales de dos puntos opuestos. (Fig. 13)
- **Fuerzas traccionales:** un cuerpo al cual se le aplican dos fuerzas que se encuentran en las superficies centrales de dos caras opuestas en un plano horizontal con direcciones diferentes. (Fig. 14)
- **Fuerzas de corte:** el efecto de dos fuerzas que se encuentran en un plano horizontal aplicando la fuerza a la misma dirección y en las superficies centrales separadas levemente una de la otra en dos puntos opuestos; estas se diferencian de las compresivas ya que las fuerzas no se aplican en el mismo plano. (Fig. 15)

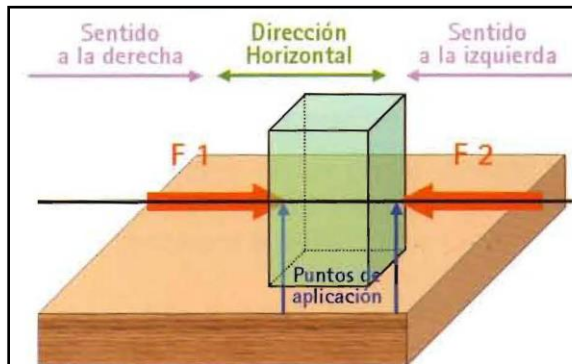


Figura 13. Fuerzas compresivas

Fuente Steenbecker O. Principios y bases de los biomateriales: Universidad de Valparaíso; 2006

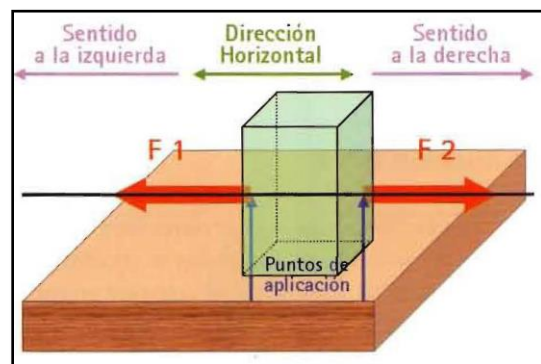


Figura 14. Fuerzas traccionales

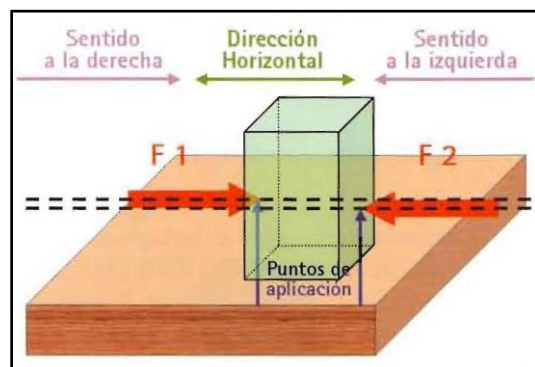


Figura 15. Fuerza de corte

Fuente Steenbecker O. Principios y bases de los biomateriales: Universidad de Valparaíso; 2006

3.5 Aleaciones en odontología

Para formar una aleación se calientan dos o más metales hasta que alcancen un estado líquido homogéneo, algunas combinaciones de metales no son solubles en estado líquido y no forman aleaciones (35) (36) (37).

3.5.1 Clasificación de las aleaciones según su composición. De acuerdo con la nobleza de la aleación (35) (36) (37).

- Altamente nobles
- Seminobles
- Predominantemente base

3.5.1.1 Aleaciones altamente nobles.

- Oro
- Grupo de metales de platino (platino, paladio, rodio, rutenio, iridio, osmio)

La plata es más reactiva en la cavidad oral y por ello no se le considera metal noble. Los de mayor uso odontológico son: **oro, paladio y platino** (35) (36) (37)

Tabla 1

Aleaciones altamente nobles

Aleaciones	Características
Oro-Platino-Paladio Au (75%) – Pt (> 8%)- Pd (<11%)	Excelente resistencia a la corrosión, pero son susceptibles de sufrir ciertos cambios dimensionales durante los ciclos de cocción de la porcelana y no son recomendables para las prótesis dentales fijas de varias unidades.
Oro-Paladio-Plata Au (39 – 53%)- Pd (22 – 35 %)- Ag (12 – 22 %)	Excelentes propiedades mecánicas, buena adherencia a la porcelana, pero se tienden a decolorar.
Oro-Paladio Au (44 – 55 %) – Pd (33 – 45 %)	Excelentes propiedades mecánicas. Escurecimiento a temperaturas elevadas. No sufren de decoloración como las de Au-Pd-Ag.

Fuente: Craig RG. Materiales de odontología restauradora

3.5.1.2 Aleaciones Seminobles.

Tabla 2.

Aleaciones Seminobles

Aleaciones	Características
Paladio-Plata Pd- Ag	• Resistencia a la deformación. • Mayor módulo elástico. • Debido a su alto contenido de plata, durante la fabricación de prótesis de metal-cerámica la plata se puede decolorar.
Paladio-Cobre-Galio Pd- Cu-Ga 70%	• Suelen dar mejores resultados en los colados a diferencia de las aleaciones altamente nobles. • Valores de dureza igual o superiores a los del esmalte dental. • Excelente resistencia al escurrimiento a altas temperaturas.
Paladio-Galio Pd-Ga	• Esta aleación no consiguió demasiada aceptación clínica.

Fuente: Craig RG. Materiales de odontología restauradora

3.5.1.3 Aleaciones metales bases. (No preciosas o no nobles) Son aleaciones cuyo peso está constituido por un 75% de metales base. Las más usadas son: Cromo - Níquel, Cromo - Cobalto (35) (36) (37).

Tabla 3.
Aleaciones metales bases

Aleaciones	Características
Ni-Cr Níquel-Cromo	• El valor del módulo de elasticidad es muy superior comparado con las aleaciones de metales nobles. • Sufren menos deformaciones. • Son más difíciles de colar.
Cu-Co Cobre-Cobalto	• Aparecieron por los posibles problemas a la salud asociados con las aleaciones que contienen berilio o níquel. • Mayor grado de dureza.
Titanio	• Excelente biocompatibilidad y resistencia a la corrosión. • Restauraciones más ligeras y menos costosas en comparación con el oro y el paladio. • Fuerte tendencia a oxidarse y a reaccionar con otros materiales.

Fuente: Craig RG. Materiales de odontología restauradora

3.6 Sistema PHIBO

Funciona mediante la captación de una imagen digital, por medio de un scanner multifotográfico el cual envía archivos “ARCHIVOS. DATA” a un SOFTWARE de diseño en el que se indican parámetros a seguir y se diseña el tipo de rehabilitación. Este software posee una gran librería de posibilidades protésicas desde coronas individuales simples hasta las prótesis implantosoportadas más complejas.

Después de tener diseñada la prótesis se envía este archivo a la empresa PHIBO con su sede principal en Barcelona y una sucursal en Bogotá -Colombia.

En el momento en que el archivo es enviado a PHIBO empieza su confección mediante un proceso de sinterización por láser la cual consiste en la unión de partículas atomizadas de la aleación requerida en este caso cobalto-cromo por medio de cuatro punteros laser de un radio de 20 micras cada uno; estos punteros se disparan sobre esta aleación esparcida en una película de 1 mm de profundidad y a medida que se construyen las estructuras, el sistema PHIBO esparce una nueva película de esta aleación para seguir el proceso de sinterización hasta concluir con el tamaño y el contorno requerido.

Las estructuras sinterizadas son sometidas a una temperatura de estabilización y a un enfriamiento lento. Después de una revisión microscópica de las superficies con fines de garantía las estructuras son enviadas al cliente para su verificación.

Es el indicado en rehabilitación para coronas individuales y múltiples tanto atornilladas como cementadas, sobredentadura con barra retenida.

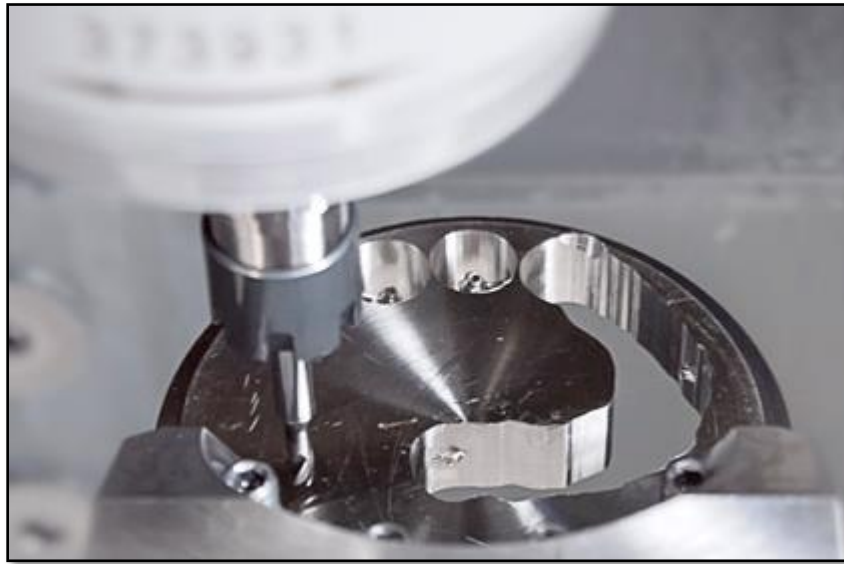


Figura 16 . Sistema de sinterización PHIBO

Fuente: Disponible en <http://www.phibo.com>. CAD/CAM

4. Materiales y métodos

4.1 Tipo de estudio

Estudio experimental *In vitro*.

4.2 Muestra

La muestra estuvo constituida por 100 bloques de acero con promedio estándar de una preparación dental de un molar inferior con ancho vestibulo-lingual de 7mm, mesio-distal de 8mm y altura ocluso-cervical de 3mm, los cuales estuvieron divididos en 5 grupos cada uno de 20 bloques (4) (7) (21) (22).

- Grupo 1: Control. Preparación convencional
- Grupo 2: Cajuela proximal de 2mm x 3mm x 1mm
- Grupo 3: Cajuela axial de 2mm x 3mm x 1mm
- Grupo 4: Cajuela proximal 3mm x 3mm x 1mm
- Grupo 5: Cajuela axial 3mm x 3 mm x 1mm

4.2.1 Criterios de inclusión

- Bloques de acero con convergencia oclusal de 10°, altura ocluso-cervical de 3mm y cajuelas proximales con las medidas requeridas.
- Coronas maquinadas con buen selle marginal

4.2.1 Criterios de exclusión

- Bloques de acero con irregularidad en las cajuelas
- Diseño de la preparación en el bloque de acero más pequeño respecto a las medidas indicadas

4.3 Variables (Apéndice A)

Variable dependiente: Resistencia y tiempo

Variables independientes: Zona de bloque y tipo de cajuela.

✓ **Tipo de cajuela**

Definición conceptual: es una característica auxiliar en la preparación dental para aumentar la resistencia.

Definición operativa: medida de la cajuela según cada grupo

Naturaleza: Cualitativa.

Escala de medición: nominal.

Nivel Operativo: sin cajuela (0) 2mm x 3mm x 1mm (1) 3mm x 3mm x 1mm (2)

Medida de resumen: frecuencia y proporción.

✓ **Zona de la cajuela**

Definición conceptual: Cajuelas ubicadas en proximal: mesial y distal del diente, y axiales ubicadas en las zonas vestibular-lingual o palatino del diente

Definición operativa: posición de la cajuela según cada grupo

Naturaleza: cualitativa

Escala de medición: nominal

Nivel Operativo: sin cajuelas (0) vestibular y lingual (1) mesial y distal (2)

Medida de resumen: frecuencia y proporción

✓ **Resistencia al volcamiento**

Definición conceptual: Resistencia que opone un cuerpo al impedir el volcamiento de la restauración y por ende el desalojo de la prótesis cuando es sometida a fuerzas oblicuas.

Definición operativa: Cantidad de fuerza (Newton) aplicada antes del volcamiento de la corona.

Naturaleza: cuantitativa

Escala de medición: razón

Nivel Operativo: newton

Medida de resumen: desviación estándar, media

✓ ***Tiempo al volcamiento***

Definición conceptual: Tiempo que transcurre desde el momento de aplicar la fuerza hasta que ocurre el volcamiento de la corona

Definición operativa: Tiempo que resiste la corona antes de volcarse

Naturaleza: cuantitativa

Escala de medición: Razón

Nivel Operativo: número de segundos

Medida de resumen: Desviación estándar

4.4 Metodología

Se utilizaron 100 bloques de acero con preparación de un molar inferior con altura ocluso–cervical de 3mm, la preparación de la muestra se desarrolló en el taller de fresado del SENA y en el laboratorio de resistencia de materiales de la facultad de Mecatrónica de la Universidad Santo Tomás sede Bucaramanga.

4.4.1 Prueba Piloto. La prueba piloto se realizó con 3 bloques de acero, los cuales presentaban las siguientes características: preparación dental para un molar inferior con altura ocluso–cervical de 3mm, un primer bloque con preparación convencional sin cajuelas, segundo bloque con cajuelas proximales de 3mm de ancho x 3mm de altura x 1mm de profundidad y el tercer bloque con cajuelas axiales de 3mm de ancho x 3mm de altura x 1mm de profundidad, con preparación en chanfer con ángulo interno redondeado de 1mm a 100° con altura ocluso-cervical de 3mm.

Se encontraron errores en el momento del diseño y confección del bloque de acero con la preparación: ángulos de convergencia paralelos, cajuelas convergentes, preparación con ángulo interno redondeado de 2mm; fueron corregidos para conseguir las características exactas y necesarias que requería el estudio. Se realizó un encerado con las características morfológicas del molar inferior sobre la preparación; se fabricaron las coronas por medio del sistema de sinterización PHIBO en cobalto-cromo.

Las coronas fueron cementadas con cemento DUO-LINK UNIVERSAL™ siguiendo las indicaciones de la casa fabricante. Se escogió este cemento por la punta mezcladora ya que así se evitarían sesgos en el momento de la aplicación. Fueron llevadas al dispositivo de carga constante en la Universidad UNICIEO en Bogotá, a una fuerza constante de 5 kg durante 5 minutos.

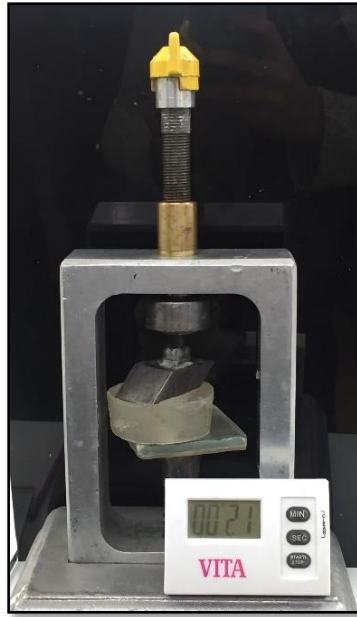


Figura 17. Dispositivo de carga constante
Fuente Juliana Aranzazu R. – Leidy Ávila D.

En el momento de evaluar la resistencia al volcamiento de las coronas maquinadas ubicadas en los bloques de acero ante una fuerza oblicua en la máquina de prueba universal AG-I 250KN SHIMADZU, se encontró una falla en la posición y ubicación de estos bloques respecto a la inclinación que debía ser de 45° , se procedió a realizar una base metálica donde se ubicaron los bloques y así adquirir la inclinación que se requería, evitando el desplazamiento de los bloques hacia diferentes lados, eso se realizó con el fin de no generar ningún tipo de sesgo y tener más exactitud en el momento de realizar la prueba en cada uno de los bloques.

Se prosiguió a realizar la prueba en los 3 bloques con sus respectivas coronas en cobalto-cromo, con el fin de evaluar el instrumento de recolección de datos verificando si era eficaz y para estimar el tiempo de desarrollo de la prueba para cada bloque.

Tabla 4.

Resultados prueba piloto

Tipo de Cajuela	Zona de Cajuela	Resistencia(N)	Tiempo(Seg)	Hallazgo
0	0	15334,38	11,024	Fisura cara vestibular
2	2	7131,25	10,228	Desplazamiento del bloque
2	1	6915,625	1,647	Fractura de corona



Figura 18. Fisura de la corona
Fuente Juliana Aranzazu R. – Leidy Ávila D.

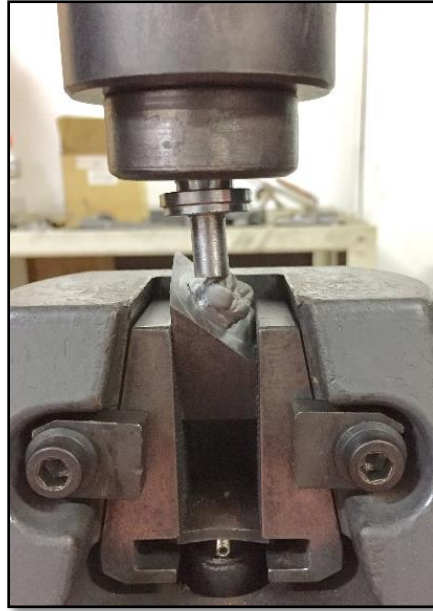


Figura 19. Desplazamiento del bloque



Figura 20. Fractura de la corona
Fuente Juliana Aranzazu R. – Leidy Ávila D.

Partiendo de este resultado se tomó la decisión de no cementar las coronas maquinadas, ya que no se iba a evaluar la resistencia del cemento; lo que se quería evaluar era si las cajuelas generaban mayor resistencia al volcamiento o no, partiendo de esto se observó que la máquina de prueba universal (SHIMADZU) no mostraba el momento de volcamiento de la corona al estar cementada, se presentó fisura y fractura de la corona desviando así el objetivo del estudio (Figura 18,19 y 20).

4.4.2 Confección del modelo experimental.

4.4.2.1 Diseño de bloques de acero. La preparación inicial se confeccionó en acero por medio de un torno, generando 20 duplicados por cada grupo con las características de un molar inferior de tamaño ocluso-cervical de 3mm.

Tabla 5.

Medidas morfológicas del molar inferior.

Medida	Altura cervico-oclusal	Diámetro M-D	Diámetro V-L
Corona Completa	8.5mm	11mm	10,5mm
Corona con preparación para el estudio	3mm	8mm	7mm

Grupo 1. Convergencia de 10 grados cada una de las paredes axiales. Preparación en chanfer con ángulo interno redondeado de 1mm a 90° grados con altura cervico-oclusal de 3mm.

Grupo 2. Convergencia de 10 grados cada una de las paredes axiales y **cajuelas proximales de 2mm de ancho, 3mm de altura por 1mm de profundidad** con una divergencia de 3 grados en las paredes de la cajuela. Se realizó una preparación en chanfer con ángulo interno redondeado de 1 mm a 100° grados con altura cervico-oclusal de 3mm.

Grupo 3. Convergencia de 10 grados cada una de las paredes axiales y **cajuelas axiales de 2mm de ancho, 3mm de altura por 1mm de profundidad** con una divergencia de 3 grados en las paredes de la cajuela. Se realizó una preparación en chanfer con ángulo interno redondeado de 1mm a 100° grados con altura cervico-oclusal de 3mm.

Grupo 4. Convergencia de 10 grados cada una de las paredes axiales y **cajuelas proximales de 3mm de ancho, 3mm de altura por 1mm de profundidad** con una divergencia de 3 grados en las paredes de la cajuela. Se realizó una preparación en chanfer con ángulo interno redondeado de 1 mm a 100° grados con altura cervico-oclusal de 3mm.

Grupo 5. Convergencia de 10 grados cada una de las paredes axiales y **cajuelas axiales de 3mm de ancho, 3mm de altura por 1mm de profundidad** con una divergencia de 3 grados en las paredes de la cajuela. Se realizó una preparación en chanfer con ángulo interno redondeado de 1mm a 100° grados con altura cervico-oclusal de 3mm.

4.4.2.2 Fresado. Se realizó un modelo de la geometría de la pieza en el software de Solidworks que es un programa de diseño mecánico en 3D en el que se crea figuras geométricas 3D. Posteriormente, se realizó:

- Programación de los bloques de acero con el software de Mastercam.
- Preparación de las herramientas de corte para realizar el proceso de fabricación.
- Verificación de la programación en la máquina fresadora CNC XK7132.
- Ajustes en los bloques.



Figura 21. Proceso de fabricación
Fuente Juliana Aránzazu R. – Leidy Ávila D.

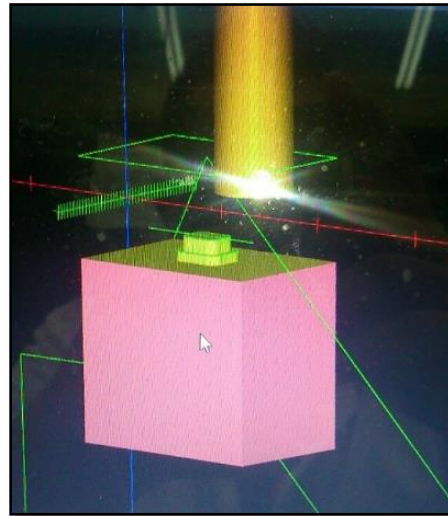


Figura 22. Diseño en software

Se inició el proceso de fabricación con los siguientes pasos:

- Proceso u operación de planeado
- Proceso u operación de contorno perfil 1
- Proceso u operación de contorno perfil 2
- Proceso u operación de cajeado (retiro de material) 1
- Proceso u operación de cajeado (retiro de material) 2

Biselado y retiro de aristas de metal en cada uno de los bloques con piedras montadas. El tiempo aproximado de procesamiento de elaboración de cada bloque de acero sin cajuelas es de 35min y de bloques con cajuelas de 55 min.



Figura 23. Verificación de la programación
Fuente Juliana Aranzazu R. – Leidy Ávila D.



Figura 24. Máquina fresadora

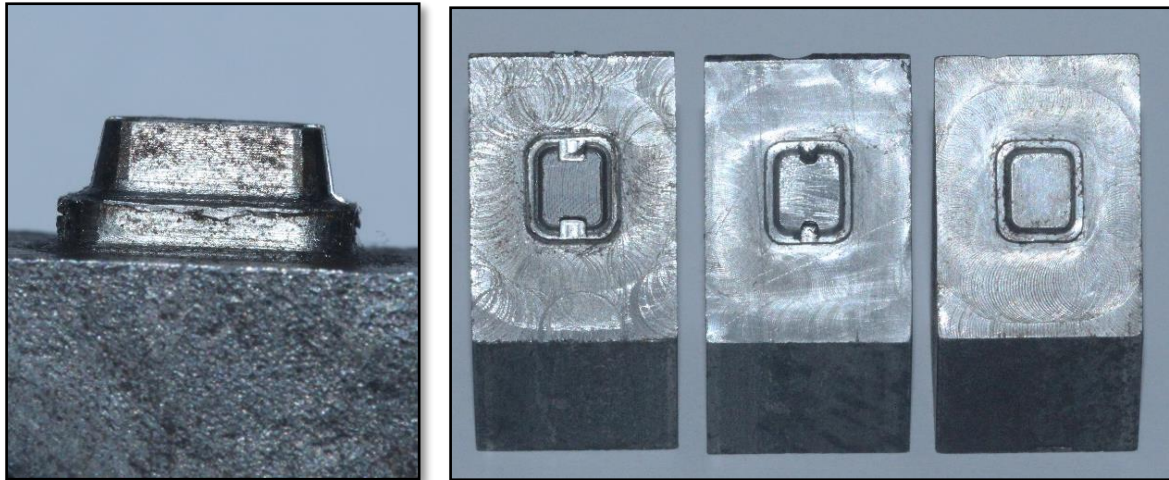


Figura 25. Diseño de los bloques de acero
Fuente Juliana Aranzazu R. – Leidy Ávila D.

4.4.3 Escaneo y cofia para el estudio. Se realizó un encerado sobre la preparación diseñada en el bloque de acero con las características y dimensiones morfológicas de un molar inferior para el posterior diseño y escaneo para las cofias.

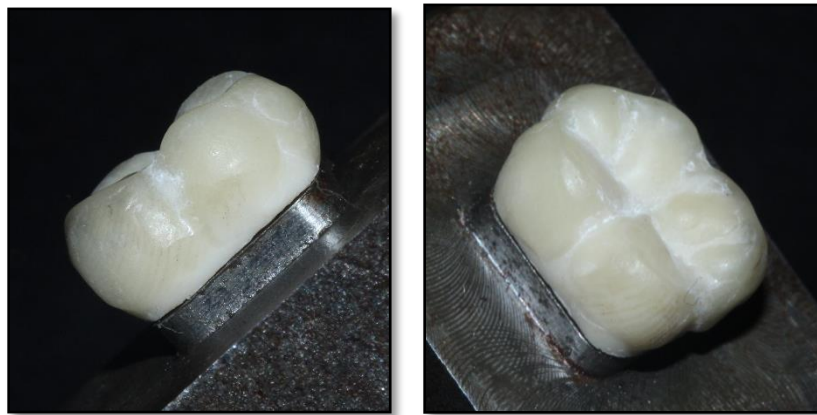


Figura 26. Encerado de molar inferior
Fuente Juliana Aranzazu R. – Leidy Ávila D.

Se escaneó un bloque de cada uno de los diferentes grupos de las preparaciones para la elaboración de las cofias en cobalto-cromo sinterizado por medio del sistema PHIBO, se realizaron 20 duplicados por cada uno de los grupos para un total de 100 cofias.



Figura 27. Escaneado de corona en cera
Fuente Juliana Aranzazu R. – Leidy Ávila D.

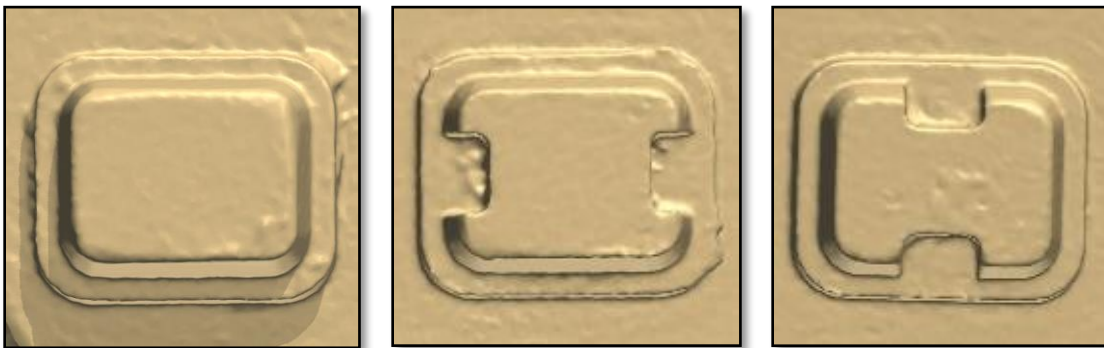


Figura 28. Escaneado de los bloques de acero
Fuente Juliana Aranzazu R. – Leidy Ávila D.

4.4.4 Prueba de resistencia. La máquina SHIMADZU AUTOGRAPH AG-I 250 KN, permite realizar pruebas desde 100 gramos hasta 10 toneladas, el sistema tiene un control de tracción, compresión y la prueba de flexión directo con velocidad constante.



Figura 29. Posicionamiento del bloque de acero
Fuente Juliana Aranzazu R. – Leidy Ávila

Las cofias se posicionaron en los bloques de acero aplicando fuerzas oblicuas con el instrumento de prueba universal (SHIMADZU) a 45° distribuido a 2mm de la cúspide en el tercio vestibular de la cara oclusal hasta su volcamiento, esto se realizó a cada uno de los 5 grupos con una totalidad de 100 bloques con sus características específicas. La carga estuvo medida en Newton.

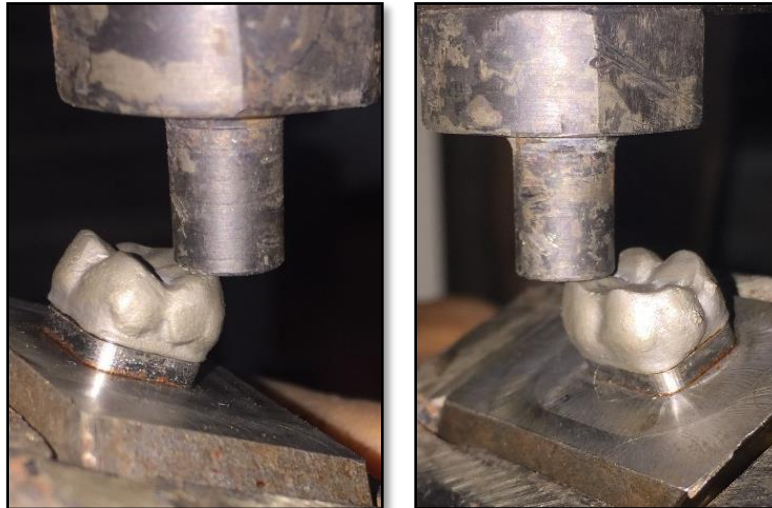


Figura 30. Aplicación de fuerzas
Fuente Juliana Aranzazu R. – Leidy Ávila D.

Por medio de un instrumento diseñado para la recolección de datos para cada uno de los bloques evaluados, se obtuvo toda la información sintetizada que fue útil para interpretar las variables que fueron tabuladas para realizar las pruebas estadísticas. (Apéndice B)

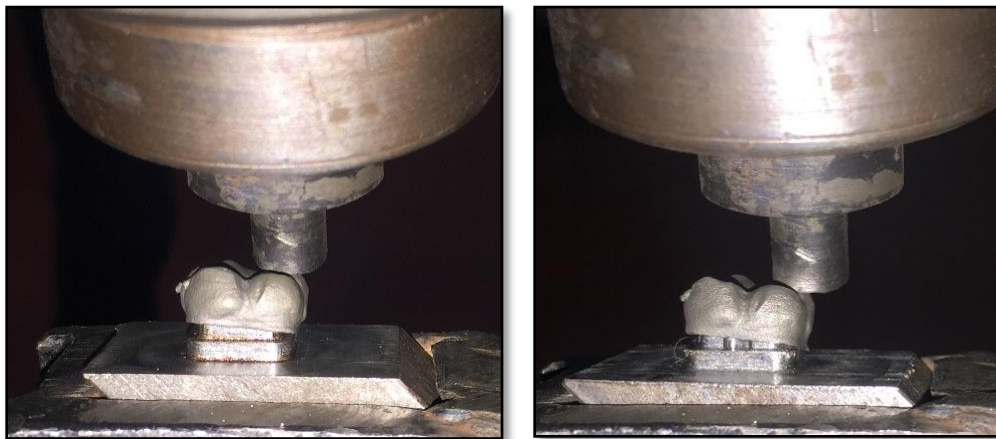


Figura 31. Desalojo de la corona
Fuente Juliana Aranzazu R. – Leidy Ávila D.

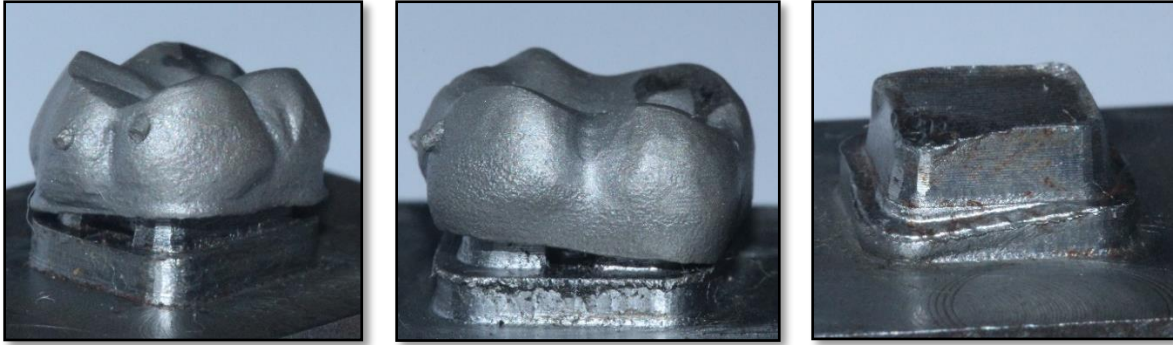


Figura 32. Coronas después de la aplicación de fuerza
Fuente Juliana Aranzazu R. – Leidy Ávila D.

4.4.5 Instrumentos

- Fresadora CNC, referencia XK7132
- Máquina de prueba universal AG-I 250KN SHIMADZU:



Figura 33. Máquina fresadora XK7132
Fuente: Laboratorio de fresado SENA Bucaramanga



*Figura 34. Máquina de prueba universal AG-I 250 SHIMADZU
Fuente: Universidad Santo Tomas Bucaramanga (Mecatrónica)*

4.5 Análisis Estadístico

Se realizó un análisis estadístico descriptivo univariado. Se calcularon medidas de tendencia central (medias o medianas), de acuerdo con la normalidad de los datos, evaluada mediante la prueba de Shapiro - Wilk y medidas de dispersión (desviación estándar) para las variables cuantitativas; resistencia y tiempo de volcamiento de la corona maquinada.

En el análisis bivariado se evaluó la resistencia al volcamiento de las coronas maquinadas para saber si existen diferencias estadísticamente significativas en cada pareja de los grupos a evaluar a través de la prueba Mann Whitney.

La prueba Mann Whitney fue propuesta inicialmente en 1945 por Frank Wilcoxon para muestras de igual tamaño, es una prueba no paramétrica aplicada a dos muestras independientes. La prueba de Kruskal Wallis es una alternativa a la prueba F del análisis de varianza para diseños de clasificación simple, se compararon varios grupos pero usando la mediana de cada uno de ellos, en lugar de las medias.

4.6 Consideraciones éticas

Basado en los artículos plasmados en la Resolución 008430 de 1993 del Ministerio de Salud de la Republica de Colombia, donde este estudio se clasifica como una investigación sin riesgo, ya que son estudios que emplean técnicas y métodos de investigación documental retrospectivos y aquellos en los que no se realiza ninguna intervención o modificación intencionada de las variables biológicas, fisiológicas, psicológicas o sociales de los individuos que participan en el estudio, entre

los que se consideran: revisión de historias clínicas, entrevistas, cuestionarios, y otros en los que no se identifique ni se trate aspectos sensitivos de su conducta.

Capítulo III de la Investigación de Otros Nuevos Recursos

Artículo 60. Para los efectos de éste reglamento, se entiende por investigación de otros nuevos recursos o modalidades diferentes de las establecidas, las actividades científicas tendientes al estudio de materiales, injertos, trasplantes, prótesis, procedimientos físicos, químicos y quirúrgicos, instrumentos, aparatos, órganos artificiales y otros métodos de prevención, diagnóstico, tratamiento y rehabilitación que se realicen en seres humanos o en sus productos biológicos, excepto los farmacológicos.

5. Resultados

Se evaluó la normalidad de las variables cuantitativas analizadas mediante el análisis descriptivo de Shapiro-Wilk, las variables presentaron una distribución con tendencia normal con un 95% de confianza, dado que el p- valor es mayor de 0,05 en ambos casos.

De manera global (para los 100 bloques), se realizó el análisis descriptivo de medidas de resumen de las variables cualitativas, los resultados se presentan en la tablas 6.

Tabla 6

Medidas de resumen globales de resistencia y tiempo

Variable	Observaciones	Promedio	Desviación estándar	Mediana	Mínimo	Máximo
Resistencia(N)	100	15737.13	3246.14	15564.07	8356.2	23021.88
Tiempo(Seg)	100	2.69	0.36	2.72	1.53	3.35

*El tiempo está medido en segundos y la resistencia en Newton

En dicha tabla se destaca que el promedio general para la variable resistencia al volcamiento para todas las muestras evaluadas fue de 15737.13 y para la variable tiempo fue de 2.69.

En la tabla 7 se presentan los resultados analizados de la variable resistencia al volcamiento con respecto a cada uno de los grupos evaluados: tipo y zona de cajuelas.

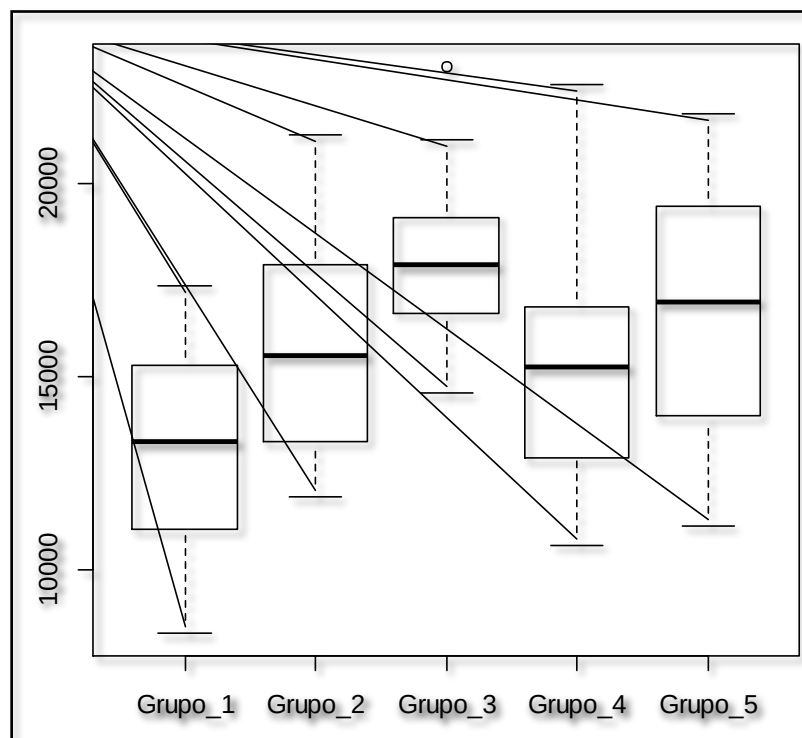
Tabla 7

Medidas de resumen de resistencia con cada uno de los grupos evaluados (N)

Grupos	Observaciones	Promedio	Desviación estándar	Mediana	Mínimo	Máximo
Grupo 1	20	13108.60	2436.15	13314.07	8356.25	17359.38
Grupo 2	20	15874.22	3246.14	15542.19	11859.38	21243.75
Grupo 3	20	18070.94	2234.72	17887.51	14565.63	23021.88
Grupo 4	20	15058.91	2954.61	15237.51	10603.13	22556.25
Grupo 5	20	16572.97	3260.05	16731.25	11131.25	21803.13

*La resistencia esta medida en Newton

Se observa en la tabla 7 que el grupo 4 tiene el promedio más bajo con 15058.91, y que los mejores resultados se obtienen con los grupos 3 y 5 presentando el promedio más alto de 18070.94 y 16572.97; dado que son los grupos que presentaron mayor resistencia al volcamiento.

*Figura 35. Diagrama de cajas para la resistencia*

En la figura 35 se puede observar que tanto los cuatro grupos de cajuelas, como en el grupo 1 (control), presentan un rango de variación de resistencia al volcamiento similar y amplio. El grupo 1 (control) registró las resistencias al volcamiento más bajas, siendo el valor mínimo de 8356,25 N

y la resistencia al volcamiento máxima de 17359,38 N, el 50% de los datos centrales para el grupo control varió entre 11946,88 y 15278,13. El grupo 3 fue el que presentó un menor rango de variación siendo su resistencia mínima de 14565,63 y la máxima de 23021,88, además se puede observar el 50% de los datos medios para este grupo son los de más alto valor, variando en un rango de 16769,54 a 18922,66; los resultados obtenidos para el grupo 4 reportan un valor mínimo de resistencia al volcamiento de 10603,13 N y un valor máximo de 22556,25 N el 50% de los valores centrales para este grupo se encuentra entre 12905,47 y 16777,35.

Tabla 8

Prueba de Kruskal-Wallis para la variable resistencia respecto a cada uno de los grupos evaluados

Grupos	Observaciones	Suma de rangos
1	20	555.50
2	20	1006.00
3	20	1455.00
4	20	883.50
5	20	1150.00

Con base en los resultados obtenidos en la prueba Kruskal-Wallis se encontró que el p-valor es menor de 0,001. Se concluye con un nivel de confianza del 99% que sí existe diferencia estadísticamente significativa entre los diferentes grupos evaluados.

Debido a que se comprobó que existe una diferencia estadísticamente significativa se aplica una prueba para conocer cuál de los grupos evaluados es el mejor, realizando una prueba de Mann-Whitney. Tabla 9

Tabla 9

Comparación de las medianas de resistencia de los grupos

Combinaciones	Suma de rangos	Valor p esperado
Grupo 1 – Grupo 2	315 - 505	0.010
Grupo 1 – Grupo 3	233 - 587	0.000
Grupo 1 – Grupo 4	337.5 – 482.5	0.049
Grupo 1 – Grupo 5	300 – 520	0.002
Grupo 2 – Grupo 3	323 - 497	0.018
Grupo 2 – Grupo 4	428 - 392	0.62*
Grupo 2 – Grupo 5	380 - 440	0.41*
Grupo 3 – Grupo 4	536 – 284	0.000
Grupo 3 – Grupo 5	465 – 355	0.13*
Grupo 4 – Grupo 5	355 – 465	0.13*

Se concluyó que no existen diferencias estadísticamente significativas en 4 grupos de combinaciones; entre el grupo 2- 4 (0.62). Grupo 2 – 5 (0.417). Grupo 3 – 5 (0.136) y el grupo 4 – 5 (0.136)

En la tabla 10 se presentan los resultados de las medidas de resumen de la variable tiempo al volcamiento, respecto al tipo y zona de cajuela de todos los grupos evaluados

Tabla 10.

Medidas de resumen de tiempo con cada grupo evaluado (s)

Grupos	Observaciones	Promedio	Desviación estándar	Mediana	Mínimo	Máximo
Grupo 1	20	2.57	0.38	2.54	2.01	3.27
Grupo 2	20	2.71	0.36	2.79	1.53	3.35
Grupo 3	20	2.74	0.34	2.79	1.98	3.33
Grupo 4	20	2.66	0.27	2.59	2.36	3.19
Grupo 5	20	2.75	0.37	2.64	2.21	3.23

*El tiempo está medido en segundos

Se observa en la tabla 10 que los resultados para la variable tiempo se encontró que no hay diferencia estadísticamente significativa entre los grupos evaluados.

En la tabla 11 se presentan los resultados analizados de la variable tiempo con respecto a cada uno de los grupos evaluados: tipo y zona de cajuelas

Tabla 11.

Prueba de Kruskal-Wallis para la variable tiempo respecto a cada uno de los grupos evaluados

GRUPO	OBSERVACIONES	SUMA DE RANGOS
1	20	810.00
2	20	1079.00
3	20	1108.00
4	20	951.00
5	20	1102.00

*El tiempo está medido en segundos

Con esta prueba de Kruskal-Wallis lo que se buscó fue analizar la diferencia entre los tiempos de cada uno de los grupos evaluados. Por tanto, con un nivel de confianza del 95% se puede observar que no existen diferencias estadísticamente significativas entre los tiempos promedio de cada uno de los grupos analizados.

6. Discusión

En el presente estudio se evaluó la resistencia al volcamiento de coronas maquinadas al aplicar fuerzas oblicuas en preparaciones que no cumplen con la altura ocluso cervical suficiente de 4mm, generando una reducción en la longevidad de las restauraciones.

Woolsey y Matich encontraron que 3mm de altura ocluso cervical es insuficiente ya que los molares al ser preparados cuentan con mayor convergencia que los dientes anteriores, tienen un diámetro mayor donde las fuerzas oclusales son mayores. Los autores proponen que 4mm de altura ocluso cervical es la adecuada para mantener la resistencia de la corona (4) (5) (7) (16) (28) (40).

Reisbick y Shillingburg reportan que la elaboración de surcos proximales y cajuelas incrementan la resistencia de la preparación del diente con coronas clínicamente disminuidas o parcialmente destruidas. En este estudio se demostró de igual forma que las cajuelas axiales incrementan la resistencia al desalojo de las coronas (2) (4) (9) (12) (18).

El tamaño de la muestra se escogió con base en estudios similares, el diente escogido fue el primer molar inferior ya que la preparación suele tener mayores ángulos de convergencia y menor altura ocluso cervical por su morfología, generando así poca resistencia al volcamiento en las preparaciones. Periklis Proussaefs y colaboradores estudiaron la efectividad de características auxiliares en preparaciones dentarias con resistencia inadecuada donde estudiaron 60 dientes de ivorina divididos en 6 grupos (10 en cada grupo) (4) (7) (12) (21) (28) (38).

En el estudio de Proussaefs P y colaboradores, las ranuras y cajuelas no fueron eficaces en el aumento de la forma de resistencia para una preparación dental corta ya que realizaron dicha preparación con un ángulo de convergencia oclusal de 20°. En el presente estudio se realizaron las preparaciones con un ángulo de convergencia oclusal de 10°, teniendo en cuenta el estudio que Dodge realizó (1985) donde se comprueba que los molares con preparaciones ocluso cervical de 22° producen una resistencia insuficiente, y que los molares con preparaciones ocluso cervical de 10° y 16° aumentan la resistencia y no tienen diferencia estadísticamente significativa (5) (7) (32) (33) (38).

Al molar inferior se le aplicó una fuerza compresiva con un promedio de 15737N a 45° hasta su desalojo. Proussaefs y colaboradores realizaron un estudio donde utilizaron el metal como aleación por su alta resistencia a la compresión, ya que este material resiste fuerzas compresivas excesivas mayores 11240N (5) (16) (28).

Mack realizó un estudio donde comprobó que las superficies meso distales están preparadas con menor ángulo de convergencia ocluso cervical que las superficies vestíbulo linguales. Por tanto, las cajuelas auxiliares en las superficies proximales son más propensas a aumentar la resistencia de la preparación. No obstante en este estudio se comprobó lo contrario, ya que la preparación con cajuelas ubicadas en zonas vestíbulo linguales tuvieron mayor resistencia al volcamiento aplicándose una fuerza promedio entre 18070.94 y 16572.97 a 45° (5) (16).

En el estudio de Hal O'kay y colaboradores reportaron en los resultados realizados las diferencias estadísticamente significativas entre los diferentes grupos que la muestra de control adquirió un promedio de 1006 N de fuerza para desalojar las coronas. Una fuerza de 1626 N era necesaria para desalojar las coronas que tenían una cajuela, y una fuerza de 2039 N para desalojar las coronas con 2 cajuelas más del doble que el grupo control.

En este estudio se encontraron diferencias entre grupo control, grupo con cajuelas axiales y proximales donde el promedio de volcamiento para el control fue de 13108N, para el grupo axial de 2x3 fue de 15874, para el grupo axial de 2x3 fue de 18070, grupo proximal de 3x3 15058 y para el grupo proximal de 3x3 fue de 16572. El grupo control tiene el promedio más bajo de resistencia para el volcamiento de las coronas maquinadas (9).

El estudio *In Vitro* demostró ser una ayuda clínica en el momento de realizar ayudas en la resistencia al volcamiento de coronas maquinadas con la elaboración de cajuelas en preparaciones que no cumplen con las características necesarias. Se sugiere continuar con la importancia y

efectividad de evaluar la facilidad de realizar los clínicos u operadores las preparaciones con cajuelas axiales.

6.1. Conclusiones

Dentro de las limitaciones del presente estudio se ofrecen las siguientes conclusiones en relación a 3mm de altura ocluso cervical, y 10° de convergencia oclusal de la preparación, creando grupos donde se encontró el grupo control, grupo con cajuelas proximales y grupo con cajuelas axiales. Según los resultados obtenidos la investigación demostró:

- En las cajuelas axiales de 2mmx 3mm x 1mm y 3mm x 3mm x 1mm (grupo 3 – 5) se comprobó que aumenta la resistencia al volcamiento de la preparación con respecto a las fuerzas oblicuas aplicadas, y no hay diferencia estadísticamente significativa.
- En las cajuelas proximales de 2mmx 3mm x 1mm y 3mm x 3mm x 1mm (grupo 2 – 4) se observó falencias en la resistencia al volcamiento de la corona maquinada.
- Los resultados demostraron que la cajuela proximal de 3mm x 3mm x 1mm no genera mejora en la resistencia al volcamiento de la corona maquinada en fuerzas oblicuas.
- Respecto a la variable *tiempo*, no se encontró diferencia estadísticamente significativa en los promedio de cada uno de los grupos.
- Según estos resultados se recomienda implementar cajuelas axiales en preparaciones con insuficiente altura ocluso cervical en molares.

6.2 Recomendaciones

- La máquina de prueba universal AG-I 250 KN SHIMADZU, se recomienda evaluar la calibración de esta para posteriores pruebas
- Realizar el estudio con dientes extraídos, preparados por un operador.
- Diseñar una estrategia para evaluar la resistencia al volcamiento de las coronas por medio de ciclos y no de fuerza constante.

Referencia bibliográfica

- 1 Mezzomo E, Suzuki RM, Rehabilitación oral Contemporánea. Tomo 1. Edición año 2010
2. Shillinburg HT, Hobo S, Whitsett LD, Jacobi R, Bracket SE. Fundamentos esenciales en prótesis fija. Tercera edición. Editorial Quintessence S.L.
3. Rosentiel SF. Protesis fija contemporánea. Cuarta edición
4. Reisbick MH, Shillingburg HT Jr. Effect of preparation geometry on retention and resistance of cast gold restorations. J Calif Dent Assoc 1975;3: 51-9.
5. Goodacre CJ, Campagni WV, Aquilino SA. Tooth preparations for complete crowns: An art form based on scientific principles. The Journal of Prosthetic Dentistry 2001; 85: 363-76
6. Maxwell AW, Blank LW, Pelleu GB. Effect of Crown preparation height on the retention and resistance of gold castings. Gen Dent 1990; 38: 200-2
7. Proussaefs P. Campagni W. Bernal G. Goodacre C. and Kim J. The effectiveness of auxiliary features on a tooth preparation with inadequate resistance form. The journal of prosthetic dentistry january 2004;91: 33-41
8. Walton JN, Gardner FM, Agar JR. A survey of crown and fixed partial denture failures: Length of service and reasons for replacement. J Prosthet Dent 1986;56:416-21.
9. Parker MH, Calverley MJ, Gardner FM, Gunderson RB. New guidelines for preparation taper. J Prosthodont 1993; 2:61-6
10. Pegoraro L. Protesis Fija AM, editor.; 2001.
11. Potts RG, Shillinburg TH AND Duncanson MG. Retention and resistance of preparations for cast restorations. The Journal of Prosthetic Dentistry 2004; 92: 207-12
12. Wiskott HW, Nicholls JL, Belser UC. The effect of tooth preparation height and diameter on the resistance of complete crowns to fatigue loading. Int J Prosthodont 1997; 10: 207-15
13. Kufman EG, Coelho AB, Colin L. Factors influencing the retention of cemented gold castings. J Prosthet Dent 1961; 11: 486-502
14. M. Harry Parker, MS, DDS. Resistance form in tooth preparation; the dental clinics of north america; den clin N Am 48 (2004) p. 387-396
15. Farshad B, Ehsan G, Mahmoud S, Reza K, Mozhddeh B. Evaluation of resistance form of different preparation features on mandibular molars. Indian Journal of Dental Research, 24(2). 2013.

16. Goodacre CJ. Designing tooth preparations or optimal success. The dental clinics of North America 48 (2004) 359-385.
17. Guver SE. Multiple prepractions for fixed prosthodontics. J Prosthet dent 1970; 23: 529-53.
18. Parker MH, Malone KH 3rd, Trier AC, striano TS Evaluation of resistance form for prepared teeth. J Prosthet Dent 1991; 66: 730-3
19. Chica E, Latorre F, Agudelo S. Fixed partial prosthesis: Biomechanical analysis of stress distribution among three retention alternatives. Revista Facultad de Odontología Universidad de Antioquia 2010; 21 (2): 150-15.
20. Prothero JH. Prosthetic dentistry. Chicago, IL: Medico-Dental Publishing Co; 1923. p. 742, 1099, 1101-6, 1128-38
21. Weed RM, Suddick RP, Kleffner JH. Taper of clinical and typodont crowns prepared by dental students. IADR Abstract No. 1036. J Dent Res 1984;63:286.
22. Smith CT, Gary JJ, Conkin JE, Franks HL. Effective taper criterion for the full veneer crown preparation in preclinical prosthodontics. J Prosthodont 1999;8:196-200.
23. Noonan JE Jr, Goldfogel MH. Convergence of the axial walls of full veneer crown preparations in a dental school environment. J Prosthet Dent 1991;66:706-8.
24. Ohm E, Silness J. The convergence angle in teeth prepared for artificial crowns. J Oral Rehabil 1978;5:371-5.
25. Annerstedt AL, Engström U, Hansson A, Jansson T, Karlsson S, Liljihagen H, et al. Axial wall convergence of full veneer crown preparations. Documented for dental students and general practitioners. Acta Odontol Scand 1996; 54:109-12
26. Dennis B. Gilboe, DDS, and Walter R. . Teteruck, DDS, MSD. Fundamental of extracoronal tooth preparation. Part I. Retencion and resistance from: The journal of prosthetic dentistry; Canadá agust 2005, p. 105-107
27. RM, Owen MM. A mathematical solution of a problema in full Crown construction. J Am Dent Assoc 1959; 59: 943-7Lewis
28. Po- Ching Lu, Wilso P. Effect of auxiliary grooves on molar crown preparations lacking resistance form: A laboratory study. Journal of Prosthodontics 17 (2008) 85-91 2007 by The American College of Prosthodontists.
29. O'kray H, Marshall T and Braun TM. Supplementing retention through crown/ preparation modification: An in vitro study. The Journal of Prosthetic Dentistry 2012; 107: 186-190.
30. Bowley FJ and Lai WT. Surface area improvement with grooves and boxes in mandibular molar crown preparations. The Journal of Prosthetic Dentistry 2007; 98: 436-444.

31. Steenbecker O. Principios y bases de los biomateriales: Universidad de Valparaíso; 2006.
32. Okeson J. Tratamiento de oclusión y afecciones temporomandibulares. 7MA Edición
33. Wilson AH Jr, Chan DC. The relationship between preparation convergence and retention of extracoronar retainers. J Prosthodont 1994; 3:74-8
34. Riyadh Z, Byrne D, Hussey D and Chaffey N. Effect of groove placement on the retention/resistance of resin-bonded retainers for maxillary and mandibular second molar. The journal of Prosthetic dentistry. 2001; 85: 472-8.
35. O'Brien WJ. Dental material and their selection. Fourth edition, 2008 Quintessence publishing CO, Inc
36. Anusavice. Phillips Ciencia de los Materiales dentales. Undecima edición, 2004 Edición Española.
37. Craig RG. Materiales de odontología restauradora. Décima edición
38. Normas Científicas, técnicas y Administrativas para la Investigación en Salud. Resolución No 008430 de 1993. Santafé de Bogotá DC 1993.
39. Dodge WW, Weed RM, Baez RJ, Buchanan RN. The effect of convergence angle on retention and resistance form. Quintessence Int 1985; 16; 191-4
40. Woolsey GD, Matich JA, The effect of axial grooves on the resistance form of cast restorations. J Am Dent. Assoc 1978; 97 -978-80

Apéndices

Apéndice A. Operacionalización de variables.

Variable	Definición	Naturaleza	Escala de medición	Nivel Operativo	Medidas de Resumen
Tipo de cajuela	Es una característica auxiliar en la preparación dental para aumentar la resistencia	Cualitativa	Nominal	Sin cajuela (0) 2mm x 3mm x 1mm (0) 3mm x 3mm x 1mm (1)	Frecuencia Proporción
Zona de cajuela	Cajuelas que se ubican en proximal: mesial y distal del diente, y axiales ubicadas en las zonas vestibular-lingual del diente	Cualitativa	Nominal	Sin cajuela (0) Vestibular y Lingual (1) Mesial y Distal (2)	Frecuencia Proporción
Resistencia al volcamiento	Resistencia que opone un cuerpo al impedir el volcamientos de la restauración y por ende el desalojo de la prótesis cuando es sometida a fuerzas oblicuas	Cuantitativa	Razón	Newton	Desviación estándar
Tiempo de volcamiento	Tiempo que transcurre desde el momento de aplicar la fuerza hasta que ocurre el volcamiento de la corona	Cuantitativa	Razón	# de segundos	Desviación estándar

Apéndice B. Instrumento



**EVALUACIÓN *IN VITRO* DE RESISTENCIA AL VOLCAMIENTO EN CORONAS
MAQUINADAS CON ALTURA OCLUSO – CERVICAL INSUFICIENTE EN LA
REALIZACIÓN DE CAJUELAS PROXIMALES Y AXIALES**

Fecha: Día__ Mes__ Año__

TIPO DE CAJUELA	ZONAS DE CAJUELA	RESISTENCIA	TIEMPO

- TIPO DE CAJUELA**

NIVEL	EXPLICACIÓN
0	Sin cajuela
1	Característica auxiliar en la preparación dental de 2mm x 3mm x 1mm
2	Característica auxiliar en la preparación dental de 3mm x 3mm x 1mm

- ZONA DE CAJUELAS**

NIVEL	EXPLICACIÓN
0	Sin cajuela
1	Cajuelas que se encuentran en la zona mesial y distal de la preparación dental
2	Cajuelas que se encuentran en la zona vestibular- lingual o palatino de la preparación dental.

- **RESISTENCIA AL VOLCAMINETO**

NIVEL	EXPLICACIÓN
Newton	Impide el volcamiento de las restauraciones al momento en el que se le aplica las fuerzas oblicuas.

- **TIEMPO DE VOLCAMIENTO**

NIVEL	EXPLICACIÓN
# de seg.	Tiempo que resiste la corona antes de desalojarse