



**UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO**  
**FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES ZARAGOZA**  
**CARRERA CIRUJANO DENTISTA**

**Tesis**

**“Diseño de un modelo fotoelástico para el análisis de  
concentración de esfuerzos dentales y periodontales”**

Que para obtener el título de

**Cirujano Dentista**

presenta:

**Reyna Jacqueline Vázquez Rivera**

**DIRECTORA**

**Dra. Miriam Marín Miranda**

**ASESORES**

**Dra. Lilia Adriana Juárez López**

**Dr. Adrián Espinosa Bautista**

Ciudad de México. 2022



Universidad Nacional  
Autónoma de México

Dirección General de Bibliotecas de la UNAM

**Biblioteca Central**



**UNAM – Dirección General de Bibliotecas**  
**Tesis Digitales**  
**Restricciones de uso**

**DERECHOS RESERVADOS ©**  
**PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL**

Todo el material contenido en esta tesis esta protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.

## AGRADECIMIENTOS

Agradezco a la Universidad Nacional Autónoma de México y a la Facultad de Estudios Superiores Zaragoza por todos los recursos que me brindaron en este proceso para mi formación académica. Agradecimiento al proyecto PAPIIME PE2006820 por el apoyo económico.

A mi Directora de Tesis la Dra. Miriam Marín Miranda, por compartir sus conocimientos conmigo y expandir los míos, por el profesionalismo y compromiso que mostró siempre hacia mi trabajo.

A mis asesores y sinodales por darse el tiempo de formar parte de este proyecto.

A mi Madre María de Jesús Rivera Bernal, por su paciencia y comprensión, por estar todos y cada uno de los días de mi vida sin excepción apoyándome, sin importar las adversidades. Por ser la primera en promover mis sueños y apoyarme en conseguir mis metas, gracias por ser mi cómplice de vida y mi mayor aleada en todas mis decisiones. Todo lo resumo en ¡Gracias por siempre estar!

A mi abuela Natalia Bernal Carbajal, por siempre tenerme fe y confianza, brindarme su apoyo total para verme culminar mis objetivos.

A mi tía Guadalupe Rivera y mi abuelo Antonio Rivera, que, aunque ya no están, sé que si siguieran aquí serían los más orgullosos de mí.

A todos y cada uno de los miembros de la familia Bernal, quienes de manera directa o indirecta siempre han estado presentes para ayudarme a culminar mi carrera. A mis tías; Beatriz Bernal, Nayra Bernal, Laura Ramírez, a mi tío Antonio Rivera, a mis primos; Natalia Trujillo, Bruno Trujillo, Miguel Trujillo, Javier Rivera, Diana Rivera y Diego Rivera, porque entre tantas cosas que tengo que agradecer algo que jamás olvidaré es haberme tenido la confianza de poner en mis manos su salud bucal. Gracias por estar presentes en cada uno de mis pasos.

A mis tías Alejandra Rivera, Guillermina Rivera y Refugio Rivera, por su preocupación en mi formación y todos sus consejos.

A Luis Humberto De La Rosa por ser un gran compañero de carrera, un amigo incondicional, una pareja de sueños y aspiraciones, por demostrarme desde el primer momento que cuento con su apoyo absoluto e impulsarme en cada paso que compartimos. Por siempre darme ánimos con este proyecto.

A Fernanda Rodríguez que sin ella la carrera no habría sido lo mismo, por tantos desvelos y logros juntas, por ser una gran amiga y excelente equipo. A Fernanda Beltrán que, aunque la carrera nos separó siempre estuvo para un consejo y una amistad honesta.

## Contenido

Introducción	6
Marco Teórico	7
<b>SISTEMA MASTICATORIO</b>	8
Oclusión	8
Fundamentos de la Oclusión Orgánica	8
Oclusión Normal	9
Oclusión Patológica	10
<b>ESTRUCTURAS QUE PARTICIPAN EN LA MASTICACIÓN</b>	11
<b>PERIODONTO</b>	11
Estructuras periodontales	11
Cemento dentario	12
Ligamento Periodontal	12
Hueso Alveolar	13
Encía	13
Espacio Biológico	14
Biotipo Periodontal	14
<b>GRUPOS DENTARIOS</b>	14
Dientes Anteriores	14
Dientes Posteriores	15
<b>ACTO FISIOLÓGICO DE LA MASTICACIÓN</b>	15
<b>LESIONES POR SOBREOBTURACIÓN</b>	16
<b>TRAUMA OCLUSAL</b>	17
<b>FACETAS DE DESGASTE</b>	17
<b>SÍNDROME DEL DIENTE FISURADO (MICROFRACTURAS EN ESMALTE)</b>	17
<b>BRUXISMO</b>	17
<b>LESIONES CERVICALES</b>	18
<b>DISEÑO CAVITARIO</b>	18
Generalidades	18
Objetivos de una preparación dentaria para su restauración	19
Clasificaciones de las lesiones cariosas y su relación con el diseño cavitario	20
Según su finalidad	20
Según su localización (Clasificación de Black)	20
Según su extensión	20

Según su estética	21
Según su localización y avance de lesión “Clasificación de Mount y Hume modificada por Lasfargues”	21
<b>BIOMECÁNICA Y OPERATORIA DENTAL</b>	<b>22</b>
Representación gráfica de una fuerza	22
Sistema de dos fuerzas de equilibrio “A toda acción corresponde una reacción”	23
Composición y descomposición	24
Composición de fuerzas paralelas	25
Composición de fuerzas que actúan en distinto planos	25
Aumento o disminución de inclinación cuspídea	25
Momento de fuerza con respecto a un punto.	26
Palanca	26
Balanza	26
Sistema de fuerzas en equilibrio	27
Acción de los ligamentos y de las relaciones de contacto	27
Fuerzas de oclusión funcional y ligamentos alvéolo dentarios	28
Fuerzas de oclusión funcional: ligamentos y relaciones de contacto	28
<b>DISTRIBUCIÓN DE LAS CARGAS MASTICATORIAS</b>	<b>29</b>
Tipos de cargas	29
Tensión o Tracción	29
Compresión	29
Corte o tangencial	29
<b>FOTOELASTICIDAD</b>	<b>30</b>
Planteamiento del Problema	33
Hipótesis	34
Objetivo general	34
Operacionalización de Variables	34
Objetivos Específicos	35
Metodología	36
Material y Métodos	36
Recursos	44
Resultados	44
Discusión	48
Conclusiones	49
Perspectivas	49



## Introducción

En la carrera de Cirujano Dentista es fundamental el aprendizaje de la correcta ejecución del diseño de cavidades dentales y su restauración, para conservar la anatomía sin generar alguna patología oclusal o periodontal.

**Las alteraciones causadas con puntos prematuros de contacto** no son observables hasta que se hace presente algún signo de patología oclusal. Frecuentemente muchos de ellos en forma subclínica, donde los signos iniciales son ignorados o no tratados, y otros evidentemente hasta que la consecuencia es grave el paciente solicita la ayuda profesional.

A lo largo de la carrera este tema se ve dentro la teoría de algunos módulos, las prácticas que se realizan, son en tipodontos, que no nos permiten visualizar la distribución de las fuerzas de oclusión y de qué manera se modifican.

En relación a esto, la enseñanza se enfoca en la remoción del tejido carioso y diseño de cavidades, pero con respecto a la biomecánica no se profundiza. Ya que en la Facultad de Estudios Superiores Zaragoza no existe un modelo de simulación que nos ayude a explicar este fenómeno y así destacar la importancia de la eliminación del origen del problema, que en este caso sería la eliminación de los puntos prematuros de contacto.

La fotoelasticidad es una técnica óptica experimental frecuentemente utilizada en el análisis de concentración de esfuerzos en áreas como la ingeniería, que ha tenido presencia en odontología a nivel de la investigación. Ya que esta ofrece métodos experimentales de análisis de piezas dentales sometidas a esfuerzos externos con la posibilidad de la percepción visual. A su vez nos permite analizar inclusive visualizar la distribución de las fuerzas.

En Odontología se ha aplicado el uso de la resina fotoelástica como herramienta de apoyo en estudios relacionados con biomecánica, de acuerdo a la investigación que se ha realizado, este tipo de estudios se emplean en posgrado e implantología principalmente, pero en las demás ramas de la Odontología aún no emplean con la misma frecuencia.

En el presente trabajo se muestra el diseño y la construcción de un modelo fotoelástico, el cual será de utilidad para la enseñanza en diferentes módulos de la carrera a nivel licenciatura. Dicho modelo nos muestra la concentración de esfuerzos dentales y periodontales causados por el diseño cavitario, para analizar de manera óptica, las líneas de concentración generadas y así fortalecer el aprendizaje.



## Marco Teórico

A lo largo de la carrera se abordan conocimientos que involucran la remoción de caries dental mediante la realización de cavidades dentales, preparaciones para prótesis fija para la reconstrucción. En primer año se abordan los postulados de Black, técnicas de mínimamente invasiva, oclusión y alteraciones oclusales, así como el manejo clínico de biomateriales para la restauración; incluyendo conceptos de la anatomía dental y las relaciones oclusales con los dientes antagonistas para obtener armonía en la función.

Como material didáctico se hace uso de dibujos, esquemas, modelos anatómicos, incluso prácticas de tallados en cera para reproducir la anatomía dental, también se articulan modelos tanto de práctica, como de pacientes.

Con toda esta información se puede asumir que en el momento de realizar las reconstrucciones dentales los alumnos deberían considerar la importancia de la forma de cada cúspide y la profundidad en cada surco, para realmente recobrar la función del órgano reconstruido, pero con frecuencia se da mayor importancia a la estética de la restauración.

Una vez concluida la restauración, se puede dar por hecho que está bien, ya que a simple vista es difícil ver los puntos altos de contacto. En algunas ocasiones estos puntos de contacto son imperceptibles, por eso mismo es posible que se necesite de una segunda cita, para rebajarlos. Es común que los puntos prematuros de contacto se queden sin que se les dé un tratamiento adecuado.

## **SISTEMA MASTICATORIO**

El sistema masticatorio es una unidad funcional compuesta por los dientes; sus estructuras de soporte, huesos: maxilar superior e inferior; las articulaciones temporomandibulares; los músculos que participan directa o indirectamente en la masticación (incluyendo los músculos de los labios y la lengua), los sistemas vasculares y nerviosos que irrigan e inervan estos tejidos. Las perturbaciones funcionales y estructurales en cualquiera de los componentes del sistema masticatorio pueden reflejarse en alteraciones funcionales o estructurales en uno o más de sus otros componentes.<sup>1</sup>

### **Oclusión**

La oclusión, Según Okeson en el Dorlan's Medical Dictionary se define como "el acto o estado de cierre". Esto establece entre las arcadas dentarias cuando estas toman contacto entre sí, permaneciendo el arco inferior inmóvil con respecto al superior.

Sin embargo, el concepto es más amplio y debe incluir las relaciones funcionales, parafuncionales que surgen de los componentes del aparato masticatorio, como consecuencia de los contactos de la superficie de los dientes.<sup>2</sup>

### **Fundamentos de la Oclusión Orgánica**

La **oclusión orgánica** es aquella en la que existe una máxima intercuspidadación, es decir, el sector posterior contacta con ambos lados, mientras que el sector dental anterior contacta mínimamente.

También es conocida como **oclusión mutuamente protegida**, porque los dientes posteriores protegen a los anteriores en los movimientos de cierre del maxilar superior y la mandíbula, no existiendo contacto en los dientes anteriores. Como también, los dientes anteriores protegen a las posteriores en los movimientos de lateralidad, no habiendo el contacto en el sector posterior cuando la mandíbula se dirige hacia la derecha o izquierda.

Al considerar el axioma de la oclusión orgánica, según el cual: "las superficies articulares guían a los movimientos mandibulares: los músculos los activan, y los ligamentos los limitan", se comprende la necesidad de encontrar una relación de referencia anatómica entre la mandíbula y el cráneo.

Si partimos de otra base de la oclusión orgánica donde se establece que, no son los órganos dentarios (OD) los que deben guiar a la mandíbula, si no su acción neuromuscular, entenderemos la importancia de la relación céntrica y de sus aplicaciones clínicas.<sup>3</sup>

En los movimientos de lateralidad existen 3 pautas principales de oclusión: función guiada o protegida por el canino, función protegida en grupo o balanceada unilateralmente y la función balanceada bilateralmente.

La oclusión protegida por el canino o guía canina se caracteriza porque al producirse el movimiento de lateralidad propulsiva, la relación entre los caninos superiores e inferiores sitúan en desoclusión los dientes posteriores.

Si del lado de trabajo, varios dientes incluyendo los caninos, guían la función lateral desde la posición de oclusión céntrica hasta el borde a borde, entonces estamos en presencia de una función en grupo.

En la función balanceada bilateralmente, ocurre durante los movimientos de lateralidad mandibular, haciendo que deslice el tercio incisal vestibular del canino inferior sobre el tercio incisal de la cara palatina del canino superior, produciéndose desoclusión en los dientes posteriores y anteriores.<sup>4</sup>

La función balanceada bilateralmente se relaciona con la musculatura masticatoria.<sup>2</sup>

## **Oclusión Normal**

Se han utilizado arbitrariamente calificativos como “ideal y normal”, lo que ocasiona dificultades semánticas, pues “ideal” es un concepto algo hipotético, y “normal” implica variaciones alrededor de un valor promedio dentro de diferencias clínicas, si reconocemos que no hay oclusión ideal ni puede existir en el hombre, pues para ello se necesita una herencia inalterada, un medio ambiente óptimo y una historia de desarrollo carente de algún accidente, enfermedad o suceso que pudiera modificar el patrón de crecimiento.

Cuando se habla de oclusión normal regularmente se refiere a una oclusión ideal imaginaria. Esta oclusión ideal consta de 138 contactos oclusales al cierre de 32 dientes; para la mayoría de las personas esto no es posible.

No obstante, desde 1899 en que Edward Angle realizó la primera descripción de las relaciones oclusales de los dientes, hasta la fecha está vigente. Según Angle, los dientes clave para la oclusión son los primeros molares permanentes, respecto la clasificación la maloclusión que se

consideraría normal se conoce ortodónticamente como una oclusión de clase I en la que la cúspide mesiovestibular del primer molar superior debe ocluir en el surco mesiovestibular del primer molar inferior permanente.<sup>5</sup>

## **Oclusión Patológica**

Es aquella en que los tejidos de los componentes del aparato estomatognático han perdido su homeostasis ante la demanda funcional y se alteran biológicamente. Se manifiesta como una serie de cambios en la morfología o en las relaciones funcionales de los distintos componentes del aparato e indica que los sistemas comienzan a fallar y que es necesario revertir la dirección del equilibrio funcional para restablecer la salud, existen diferentes fenómenos considerados patológicos como:<sup>6</sup>

### *Dentales:*

Erosiones cervicales provocadas por una concentración de tensiones a nivel del esmalte cervical.

A la exploración radiográfica de los dientes puede mostrar la presencia de fenómenos de hipercementosis, pulpitis o incluso fracturas radiculares.

La presencia de facetas de desgaste que se identifican como superficies lisas y brillantes en los dientes, pueden originar hipersensibilidad dental, fracturas de la estructura o migraciones dentarias que alteran el plano oclusal.<sup>6</sup>

### *En periodonto:*

Las fuerzas anómalas pueden alterar el periodonto dando lugar a recesiones gingivales, distintos grados de movilidad y radiológicamente: un ensanchamiento del espacio periodontal.<sup>6</sup>

### *En los huesos:*

Las fuerzas oclusales anómalas en dirección, frecuencia o duración pueden provocar proliferaciones óseas localizadas en forma de torus palatinos o linguales, o más difusas en la cara vestibular del hueso alveolar que rodea sobre todo a caninos y premolares superiores.<sup>6</sup>

*En los músculos:*

Mialgias, mioesposmos y con el tiempo aparición de “puntos gatillo” (zona hiperirritable localizada en una banda tensa de un músculo esquelético que genera dolor con la compresión, distensión, sobrecarga o contracción del tejido).<sup>7</sup>

*En la ATM:*

Dolor, chasquidos o crepitaciones y diferentes grados de limitación de movimiento articular.

Cualquier alteración anatómica o de posición dental puede generar alteraciones patológicas en la oclusión, tal es el caso de las modificaciones por cavidades que involucren cualquier zona de la corona clínica o bien restauraciones que alteren el plano oclusal.<sup>8</sup>

## **ESTRUCTURAS QUE PARTICIPAN EN LA MASTICACIÓN**

Se debe conocer las características clínicas del periodonto y sus modificaciones, para poder elaborar un correcto plan de tratamiento

## **PERIODONTO**

Es necesaria una adecuada relación entre la operatoria dental y la periodoncia para mantener la salud de todo el sistema estomatognático.

### **Estructuras periodontales**

El periodonto se divide en tres componentes:

- Periodonto de inserción: Constituido por las estructuras que permiten la inserción del diente en el alvéolo.
- Periodonto de protección: Formado por la encía, cuya función es proteger la estructura de inserción.
- Espacio interdentario: Integrado por el área de contacto, el nicho interproximal y la papila interdental.<sup>9</sup>

Periodonto de inserción, está conformado por:

### **Cemento dentario**

Igual que otros tejidos calcificados, como el hueso y la dentina, consta de fibras de colágeno incrustadas en una matriz orgánica calcificada.

Es un tejido estructuralmente importante porque las fibras del ligamento periodontal conocidas como fibras de Sharpey se insertan en éste.<sup>10</sup>

. En esta zona denominada límite amelocementario, puede haber variantes anatómicas.

- a) Entre el cemento y el esmalte queda una superficie de dentina sin recubrimiento o dentina expuesta.
- b) El cemento y el esmalte están en contacto sin superponerse.
- c) El cemento cubre ligeramente el esmalte y se continúa por encima de este tejido.<sup>11</sup>

### **Ligamento Periodontal**

Un ligamento es una unión que suele sostener dos huesos. Es un tejido altamente especializado constituido sobre todo por fibras, que son de naturaleza colágena y se orientan en distintos planos, están dispuestas en haces de fibras principales o de Sharpey. En su recorrido desde el cemento hasta el hueso alveolar, la mayoría de las fibras atraviesan todo el espacio periodontal, ramificándose y creando una arquitectura en escalera.

Grupos de fibras periodontales:

- a) Fibras apicales: Ubicadas en el fondo del alvéolo. Evitan la extrusión.
- b) Fibras oblicuas: Son la mayor parte y sostienen principalmente el diente en su alvéolo. Están inclinadas hacia el ápice, desde el hueso al cemento. Evitan la intrusión.
- c) Fibras crestodentales. Va del hueso al diente, de manera oblicua hacia oclusal y casi horizontal. Evitan la extrusión y resisten las fuerzas laterales.
- d) Otras fibras: Intercaladas en los grupos principales, su función es reforzar los otros grupos de fibras.

Histológicamente, está constituido por células mesenquimales indiferenciadas (alrededor de los vasos) y fibroblastos que envuelven a las fibras de Sharpey. Esta intrincada relación entre los fibroblastos y fibras de Sharpey es importante para la rápida cicatrización del ligamento

periodontal ya que la función del fibroblasto es la formación, mantenimiento y remodelación de las fibras del periodonto.<sup>12</sup>

El espesor del ligamento periodontal varía de un diente a otro según su función, de un individuo a otro y según la salud del periodonto. En general oscila entre 100 y 300 micrones.

### **Hueso Alveolar**

Está formado por las apófisis alveolares que se proyectan de la parte basal de la mandíbula y el maxilar superior. Las apófisis se componen principalmente de hueso medular recubierto por otro más compacto, llamado hueso cortical.<sup>13</sup>

El espesor y el contorno del hueso alveolar depende básicamente de la posición de los dientes en la arcada. Los dientes ubicados más vestibularmente presentan una tabla muy delgada, lo que presenta mayor riesgo de recesión gingival.<sup>13</sup>

Su principal función es proteger las estructuras que forman parte del periodonto de inserción.

El periodonto de protección está conformado por:

### **Encía**

La encía es parte de la mucosa bucal masticatoria hacia coronal se limita con el margen gingival libre y hacia apical se continúa con la mucosa de revestimiento por vestibular y por el tapiz del piso de boca por lingual.<sup>14</sup>

Se divide en dos regiones: *Encía marginal o libre* que es la parte de la encía que no está unida al hueso. Se extiende desde el borde gingival libre hasta el surco marginal o gingival libre. Esta encía se encuentra entre el diente formando la papila o unión interdental. El epitelio de la encía marginal puede ser de dos tipos; queratinizado o paraqueratinizado. Se pueden encontrar células de Langerhans y células de Mekel.<sup>15</sup>

*Encía adherida:* Se encuentra unida al periostio del hueso alveolar. Hacia coronal se continúa con la encía marginal o libre y hacia apical llega hasta el surco mucogingival que separa la mucosa masticatoria de la mucosa de revestimiento. El epitelio de la encía adherida es de tipo plano estratificado queratinizado. La superficie presenta un aspecto punteado llamado también cáscara de naranja. El epitelio de la papila interdental es plano estratificado paraqueratinizado

en vestibular y plano no queratinizado en lingual. La mucosa alveolar está formada por epitelio plano estratificado no queratinizado.<sup>14</sup>

### **Espacio Biológico**

Se denomina espacio biológico a la unión dentogingival, que está constituida por el epitelio de unión y el tejido conectivo de inserción de la encía. Se relaciona con el grosor de la encía, biotipo periodontal y profundidad del surco gingival. Su importancia radica en las consecuencias que se pueden derivar de su invasión.<sup>16</sup>

Es importante considerar el área interdental está integrada por el área de contacto, el nicho interproximal y la papila interdental. Esta zona es de mucha importancia debido a que en esta zona comienzan los cambios inflamatorios de la enfermedad periodontal y, además, es zona de riesgo para caries.<sup>16</sup>

### **Biotipo Periodontal**

Existe un rango de biotipos periodontales. Biotipo fino: Margen gingival fino y festoneado, papilas altas. Biotipo ancho: Margen gingival ancho y poco festoneado.

Una adecuada interrelación entre la operatoria y la periodoncia es necesaria para mantener la salud de todo el sistema estomatognático.<sup>16</sup>

## **GRUPOS DENTARIOS**

Los dientes son unidades pares, de igual forma y tamaño, que colocados en idéntica posición a ambos lados de línea media, derecho e izquierdo adaptan su morfología a estas circunstancias y forman dos grupos, según su situación correspondiente en la arcada y estos son dientes anteriores y dientes posteriores.<sup>17</sup>

### **Dientes Anteriores**

Se consideran dos subgrupos, incisivos y caninos.

- Incisivos. Tienen forma adecuada para cortar o incidir. Juegan un papel importante en la fonética y en la estética 90% y masticatoria 10%.
- Caninos: Son dientes fuertes, suelen ser los más largos; unirradiculares y su corona tiene forma de cúspide.



Tienen una función estética y fonética 80% y masticatoria 20%. Desgarran los alimentos durante la masticación, además de ser los dientes que guían los movimientos de lateralidad del proceso.<sup>18</sup>

### **Dientes Posteriores**

- Premolares. Son el primer grupo de dientes posteriores, son ocho; dos en cada cuadrante. Pueden ser unirradiculares o multirradiculares, presentan dos o tres cúspides en su corona, lo que aumenta su capacidad masticatoria. Su función es 40% estética y 60% masticatoria. Son exclusivos de la dentición de adulto.<sup>18</sup>
- Molares. Son el segundo grupo los dientes posteriores. Son multirradiculares, con cara oclusal de 3 y 4 cúspides; Su función es 10% estética y 90% masticatoria. Trituran los alimentos en partículas superficialmente pequeñas para ser digeridas.<sup>18</sup>

Las siguientes características identifican la relación molar más típica que se observa en la oclusión normal y que fue descrita por primera vez por Angle como relación de clase I.

- La cúspide mesiobucal del primer molar mandibular forma una oclusión en el espacio interproximal entre el segundo premolar y el primer molar maxilares.
- La cúspide mesiobucal del primer molar maxilar está alineada directamente sobre el surco vestibular del primer molar mandibular.
- La cúspide mesiolingual del primer molar maxilar está situada en el área de la fosa central del primer molar mandibular.<sup>19</sup>

### **ACTO FISIOLÓGICO DE LA MASTICACIÓN**

La masticación es un acto fisiológico durante la alimentación, es una de las funciones esenciales del sistema estomatognático. Esto corresponde al acto de morder, triturar y masticar el alimento; siendo considerada un proceso fisiológico complejo, envuelve actividades neuromusculares dependientes del desarrollo del complejo craneofacial, del sistema nerviosos central y de la oclusión dentaria.

Los ciclos masticatorios corresponden al movimiento rítmico que se genera producto de la combinación de movimientos de apertura, cierre, lateralidad, protrusión y retrusión.<sup>20</sup>

Cuando masticamos la relación normal de contacto oclusal de los dientes anteriores presenta el borde incisal de los dientes anteriores superiores ubicados adelante y abajo del borde incisal de los dientes anteriores inferiores. Esta relación normal determina dos medidas importantes.

El overbite o sobremordida vertical: distancia que hay entre los bordes incisales de los dientes anteriores en sentido vertical y el overjet o sobremordida horizontal: distancia que hay entre los bordes incisales de los dientes anteriores en sentido horizontal.<sup>21</sup>

La relación normal de contacto oclusal de los dientes posteriores es con la cúspide palatina superior ocluyendo en el surco central de los dientes posteriores inferiores y la cúspide vestibular de los dientes posteriores inferiores ocluyendo en el surco central de los dientes posteriores superiores. Esta relación ubica la cúspide vestibular superior por fuera de la cúspide vestibular superior y la cúspide lingual inferior por fuera de la cúspide palatina superior.

Las cúspides palatinas constituyen las cúspides de soporte de las piezas superiores porque son las que contactan normalmente con las piezas inferiores y mantienen la posición vertical de contacto de la mandíbula.<sup>21</sup>

Las cúspides vestibulares inferiores constituyen las cúspides de soporte en las piezas inferiores porque son las que contactan normalmente con las piezas superiores y mantienen la posición vertical de contacto de la mandíbula.

La relación de contacto de los dientes en sentido mesiodistal permite a cada pieza dentaria ocluir con dos antagonistas. Cada diente superior ocluye con su antagonista y la pieza distal, mientras que cada pieza dentaria inferior ocluye con su antagonista y la pieza mesial. Las dos únicas excepciones son el incisivo central inferior y el tercer molar superior.<sup>21</sup>

## **LESIONES POR SOBROBTURACIÓN**

La sobre obturación es un exceso de material que el operador deja en el momento de restaurar un diente, si una sobre obturación no es detectada a tiempo para corregirse, puede causar degeneración de los tejidos dentales, afecciones periodontales y disfunciones temporomandibulares.<sup>22</sup>

Cuando se realiza una restauración inadecuada que compromete las superficies oclusales, se ocasiona un desajuste en la masticación, provocando así una sobrecarga en la masticación, lo cual se deriva en diferentes problemas de la cavidad bucal; pulpitis, trauma oclusal, facetas de desgaste, síndrome de diente fisurado, bruxismo y lesiones cervicales.<sup>22</sup>

## **TRAUMA OCLUSAL**

Es un término relacionado propiamente con lesiones histológicas; una lesión en el ligamento periodontal, el cemento y el hueso adyacente, causada por fuerzas oclusales traumática. Sin embargo, puede hacerse un diagnóstico clínico de traumatismo oclusal cuando se presenta uno o más de los siguientes signos:<sup>23</sup>

Movilidad dental, desgaste dental, lesiones cervicales, hipertonicidad en los músculos de la masticación, cambios en la ATM.

Dicho trauma oclusal con el tiempo provoca afecciones a nivel de las piezas dentarias, el periodonto y la articulación temporomandibular.<sup>23</sup>

## **FACETAS DE DESGASTE**

Inicialmente se forman en los dientes que ocluyen con las piezas dentarias que poseen interferencia oclusal o sobreobtusión, posteriormente se forman en el resto de las piezas dentarias.<sup>24</sup>

## **SÍNDROME DEL DIENTE FISURADO (MICROFRACTURAS EN ESMALTE)**

Un diente fisurado se describe como aquel que presenta una línea que rompe la continuidad o hace una hendidura en la superficie dentaria, pero no existe una separación perceptible de esa superficie.

La condición se caracteriza por una fractura incompleta (generalmente vertical) de la corona.<sup>25</sup>

## **BRUXISMO**

El bruxismo es una actividad para funcional que consiste en el apriete rechinar dentario, es de etiología multifactorial, conduce al desgaste de una o más piezas dentarias.<sup>26</sup>

El bruxismo se puede clasificar como Diurno, puede ser idiopático, si no se le reconocen causas o secundario iatrogénico y Nocturno, que corresponde al acto de apretar y rechinar los dientes durante el sueño.<sup>27</sup>

## **LESIONES CERVICALES**

Las lesiones dentarias cervicales no cariosas se pueden definir como la pérdida de sustancia dental en la unión amelocementaria debido a un proceso diferente al de la caries dental.

La abfracción es un desgaste patológico de los tejidos dentales a causa de las fuerzas biomecánicas alteradas en las zonas cervicales del diente, al igual la abrasión es un desgaste patológico debido a las fuerzas mecánicas alteradas. A diferencia de la erosión dental, que es la pérdida del tejido dental a causa de una forma química.<sup>28</sup>

A diferencia de los desgastes anteriores la Atrición es un desgaste fisiológico de los tejidos duros de la corona dentaria que ocurre como consecuencia del proceso masticatorio. El fenómeno afecta tanto a las superficies oclusales como incisales. La atrición siendo resultado normal de la masticación, tiende a aumentar cuando existe alguna alteración en la oclusión.<sup>29</sup>

## **DISEÑO CAVITARIO**

La real academia de la lengua española define a la palabra Cavidad como: espacio o hueco dentro de un cuerpo cualquiera, entonces esta definición a nuestra práctica, podremos decir que una lesión cavitaria es un espacio o hueco patológico que se presenta en una pieza dentaria cuyo origen puede ser infeccioso o no. Y el Diseño Cavitario sería un espacio que debemos preparar con el fin de colocar posteriormente un material de restauración que devuelva la funcionalidad y estética a una pieza dentaria con una lesión cavitaria.<sup>30</sup>

Durante una preparación cavitaria se altera la estructura natural del diente para remplazarla por elementos artificiales que, de alguna manera, van a causar estrés en el tejido remanente.

Del total de la superficie clínica dental menos del 15% lo representan los surcos, fosetas y fisuras, sin embargo, el 80% de la caries se presenta en esas zonas.<sup>31</sup>

### **Generalidades**

Fosa, hoyo, surco y fisura, estos términos se emplean por lo común para denominar a los accidentes anatómicos habituales en la topografía dentaria y que son generalmente los sitios donde se inician las caries, puesto que son nichos naturales para el acumulo de biopelícula.

- Fosa: Depresión que da origen a uno o más surcos con fondo en el esmalte.
- Hoyo: Fosa que llega a la dentina. Igualmente, denominado punto.
- Surco: Extensión lineal de la depresión sin atravesar el esmalte.

- Fisura: Surco que llega a la dentina o surco fisurado.

Cavidad es la brecha, hueco o deformación producida en un diente por procesos como la caries, traumas o defectos congénitos. El profesional estomatológico debe transformar el hueco o cavidad en una preparación o preparación cavitaria, es decir la forma interna que se le da a un diente para poder reconstruirlo con materiales y técnicas adecuadas que le devuelvan su función dentro del aparato masticatorio.

Entonces, se entiende como cavidad la ruptura de la estructura dental sucedida de forma aleatoria y preparación la que se ha planeado con cierta finalidad.<sup>32</sup>

### **Objetivos de una preparación dentaria para su restauración**

- Apertura de los tejidos duros para tener acceso a la lesión
- Extensión de la brecha hasta obtener paredes sanas y fuertes sin debilitar el remanente dentario.
- Conformación para proporcionar soporte, retención y anclaje a la restauración.
- Eliminación de los tejidos deficientes (cariados, actualmente si están desmineralizados es reversible y no se retira).
- Ejecución de maniobras preventivas para evitar un nuevo desarrollo de caries.
- No invadir o dañar los tejidos blandos periodontales.
- Protección de la biología pulpar.
- Debe facilitar la restauración mediante técnicas y maniobras complementarias.<sup>33</sup>

Basados en los principios sustentados por Black se aconsejan seis tiempos operatorios para la preparación de cavidades.

1. Apertura de la cavidad
2. Remoción del tejido cariado
3. Delimitación de los contornos
4. Tallado de la cavidad
5. Biselado de los bordes
6. Limpieza definitiva de la cavidad<sup>34</sup>

## **Clasificaciones de las lesiones cariosas y su relación con el diseño cavitario**

La primera clasificación de las preparaciones dentales que surgió fue la del G.V. Black, misma que está basada en la etiología y la localización de la caries. A partir de ella surgen modificaciones hasta las que conocemos hoy en día, por lo que existe una estrecha relación en la localización de la caries y la forma en la que se clasifica a las preparaciones.

### **Según su finalidad**

- Terapéutica: Cuando se pretende devolver al diente su función perdida por un proceso patológico o traumático, o por un defecto congénito.
- Estética: Mejorar o modificar las condiciones estéticas del diente.
- Protésica: Servir de sostén a otro diente, ferulizar, modificar la forma; cerrar diastemas o como punto de apoyo una reposición.
- Preventiva: Evitar una posible lesión
- Mixta: Cuando se combinan varios factores. <sup>35</sup>

### **Según su localización (Clasificación de Black)**

Clase I. Las que comienzan y se desarrollan en los defectos de la superficie dentaria:

- 1) fosas, hoyos, surcos o fisuras oclusales de premolares y molares.
- 2) cara lingual o palatina de incisivos y caninos
- 3) fosas y surcos bucales o linguales de molares

Clase II. En las superficies proximales de premolares y molares

Clase III. En las superficies proximales de incisivos y caninos que no abarquen el ángulo incisal.

Clase IV. En las superficies proximales de incisivos caninos que abarcan el ángulo incisal.

Clase V. En el tercio gingival de todos los dientes (con excepción de las que comienzan en hoyo o fisuras naturales).

### **Según su extensión**

Se clasifican en simples, compuestas y complejas. Las simples incluyen una superficie del diente; las compuestas, dos superficies y, las complejas, más de dos superficies.

## Según su estética

- Preparación de hoyos y fisuras.
- Preparaciones de superficies lisas.<sup>35</sup>

## Según su localización y avance de lesión “Clasificación de Mount y Hume modificada por Lasfargues”

La mencionada clasificación denomina a las lesiones cariosas mediante dos números separados por un punto, sobre la base de dos criterios:

De acuerdo con su localización, el primer número puede ser 1, 2 o 3, según esté ubicada la lesión en las zonas de la corona clínica de los dientes, anteriores o posteriores:

- Zona 1. Fosas, fisuras y defectos del esmalte en las superficies oclusales de los dientes posteriores, de las superficies palatinas de los dientes anterosuperiores (cíngulos y fosas) o un defecto simple del esmalte en una superficie lisa de cualquier diente.
- Zona 2. Superficies proximales ubicadas en el punto de contacto proximal o en la superficie circundante.
- Zona 3. Tercio gingival de la corona que, en caso de recesión gingival, alcanza la raíz anatómica.<sup>36</sup>

De acuerdo con el avance de la lesión, la clasificación identifica cinco tamaños que establecen el segundo número.

- Tamaño 0. Lesión no cavitada (mancha blanca).
- Tamaño 1. Cavidad que involucra de modo mínimo la dentina, se conserva la integridad coronal.
- Tamaño 2. Moderada afectación de la dentina. Una vez realizada la preparación, el esmalte remanente permanece en buen estado, con buen soporte dentinario; por lo tanto, no cederá ante fuerzas oclusales. Es una pieza dentaria bastante fuerte para soportar la restauración.
- Tamaño 3. Grande, el remanente de estructura dental queda debilitado, con bordes incisales y cúspides socavadas y con posible presencia de grietas. Eventualmente podrían ceder ante cargas oclusales.
- Tamaño 4. Extensa, la lesión ha producido una importante pérdida de tejido que incluye las cúspides y los bordes incisales.<sup>8</sup>

## BIOMECÁNICA Y OPERATORIA DENTAL

Antes de entrar al estudio de la preparación de cavidades en Operatoria Dental, es necesario tomar en cuenta algunos conocimientos elementales de física.

**Mecánica** es la ciencia que estudia los movimientos, el equilibrio, las fuerzas y sus leyes. Cuando se relacionan estos conocimientos con una finalidad práctica, se entra ya en los dominios de la mecánica aplicada. Se divide en estática, dinámica y cinemática.

**Estática:** Se ocupa del estudio del equilibrio de los cuerpos, es decir, analiza las fuerzas y sus condiciones de equilibrio.

**Dinámica:** estudia y calcula el movimiento y las fuerzas que lo producen.

**Cinemática:** Se ocupa únicamente del movimiento de los cuerpos sin entrar en el análisis de las causas que lo originan.

Biomecánica se refiere a la aplicación de los conceptos anteriormente mencionados en los sistemas biológicos.

**Fuerza** toda acción de modificar el estado de reposo o de movimiento de un cuerpo. En ocasiones el cuerpo se mantiene estacionario ante la acción de una fuerza, porque se desarrolla una fuerza reactiva igual y de sentido contrario. En tal caso el sistema está en equilibrio (estático).

En otros casos el cuerpo accionado por la fuerza vence su inercia y se pone en movimiento o lo acelera, o retarda su movimiento. Se dice entonces que es un sistema en movimiento (dinámico).

Hablar, masticar y deglutir son acciones que realizamos casi de manera involuntaria, para que estas sean posibles se ayudan de músculos y huesos. Para la comprensión de esto se recurrió a la biomecánica como ciencia que se ocupa del estudio de las fuerzas que rigen la motilidad de los seres vivos, así como los efectos externos e internos que se ven involucrados.<sup>37</sup>

### Representación gráfica de una fuerza

Se representa mediante un vector que es un segmento orientado y dirigido que condensa todas las características de dicha fuerza.

Las fuerzas tienen punto de aplicación, dirección sentido e intensidad.

El punto de aplicación (A) indica dónde actúa la fuerza.

La dirección (MN) es la recta de acción sobre la cual actúa la fuerza.



El sentido se determina mediante una punta de flecha (B).

La intensidad (AB) es la magnitud, cuya unidad de medida es kilogramo.

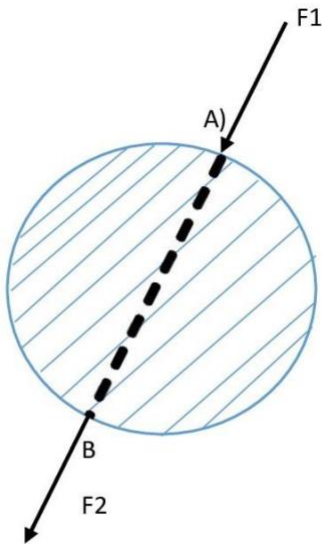


Fig. 1. A) punto de aplicación de la fuerza F1 que actúa por compresión – B) punto de aplicación de la F2 que actúa por tracción.

Tomado de: Ritacco A. Operatoria dental: Modernas cavidades. Buenos Aires. Sexta edición. Editorial Mundi. 1996. p480.

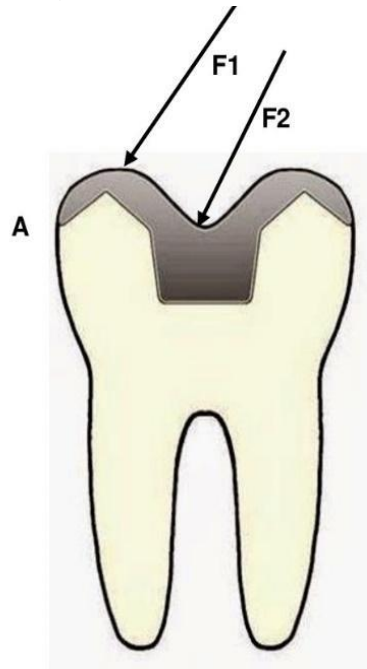


Fig. 2. F1 y F2: Fuerzas que actúan sobre una restauración. F1 desarrolla una acción de doble intensidad que la fuerza F2.

Tomado de: Ritacco A. Operatoria dental: Modernas cavidades. Buenos Aires. Sexta edición. Editorial Mundi. 1996. p480.

La fuerza de mordida es un componente de la función masticatoria y es conocida como la máxima fuerza generada entre maxilar y mandíbula. De acuerdo con diferentes investigaciones se han encontrado rangos de valores a la fuerza de la mordida.

En hombres y mujeres es un valor promedio de 727 N, en niños de dentición permanente es un valor de 425 N, en niños con dentición temporal es de 186N.

Estos rangos son valores promedio cuando hay una oclusión sin alteraciones, las cuales se ven alteradas al momento en que existe una cavidad o se realiza una preparación dental.<sup>38</sup>

### **Sistema de dos fuerzas de equilibrio “A toda acción corresponde una reacción”**

Cuando una fuerza actúa sobre un cuerpo y no lo ponen en movimiento, es porque el cuerpo ha desarrollado una fuerza igual y de sentido contrario que mantiene el sistema en equilibrio,

Cuando un cuerpo ejerce una fuerza sobre otro (acción), éste origina sobre el primero una fuerza igual y de sentido contrario (reacción). Aplicando estos conceptos a la odontología.

Una fuerza activa, cuando actúa sobre un diente produce una fuerza reactiva. Mantiene el sistema en equilibrio. Cuando se mantiene el sistema de equilibrio, la restauración se mantiene en equilibrio.

Si las paredes de la cavidad se fracturan por no resistir la fuerza desarrollada por el antagonista, la restauración se pondría en movimiento o desplazamiento.<sup>39</sup>

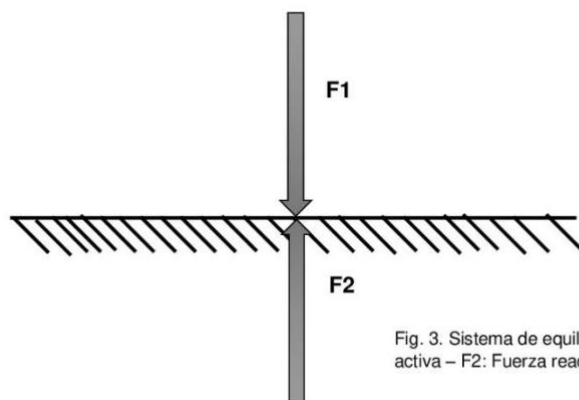


Fig. 3. Sistema de equilibrio: F1: Fuerza activa – F2: Fuerza reactiva.

Tomado de: Ritacco A. Operatoria dental: Modernas cavidades. Buenos Aires. Sexta edición. Editorial Mundi. 1996. p480.

### Composición y descomposición

#### Aplicación

Cuando las fuerzas F1 y F2 actúan sobre un mismo punto de la vertiente proximal de un diente, se puede reemplazar por la fuerza única R.

Esto ocurre cuando se coloca una restauración y se deja un punto de contacto alto, el cual provoca que la restauración sea desplazada.<sup>39</sup>

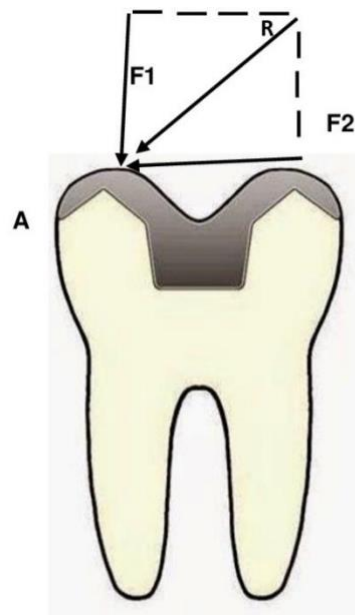


Fig. 4. F1 y F2 fuerzas componentes  
R: Fuerza resultante.

Tomado de: Ritacco A. Operatoria dental: Modernas cavidades. Buenos Aires. Sexta edición. Editorial Mundi. 1996. p480.

### Composición de fuerzas paralelas

Las fuerzas paralelas de igual sentido aplicadas en el mismo cuerpo, se suman en una resultante que tiene distinto punto de aplicación, pero que es paralela a sus componentes y de igual sentido.

Cuando varias fuerzas paralelas actúan sobre una cúspide dentaria siempre puede considerarse una resultante  $R_p$ , que es la suma de todas ellas, aunque tiene distinto punto de aplicación.<sup>39</sup>

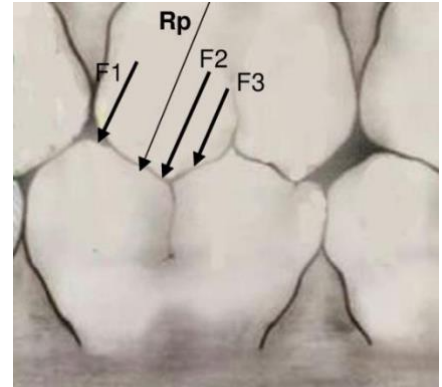


Fig. 5. F1, F2 y F3 tiene como resultante la fuerza  $R_p$ .

Tomado de: Ritacco A. Operatoria dental: Modernas cavidades. Buenos Aires. Sexta edición. Editorial Mundi. 1996. p480.

### Composición de fuerzas que actúan en distinto planos

El conjunto de fuerzas desarrolladas sobre los dientes y las restauraciones durante el acto masticatorio actúan en distintos planos.<sup>39</sup>

### Aumento o disminución de inclinación cuspídea

Cuando mayor sea la inclinación cuspídea, de menos valor será la fuerza que tiende a fracturar la cúspide, pero esta fuerza es muy perniciosa porque se encuentra muy lejos de la base de sustentación del diente.

Cuando disminuye la inclinación cuspídea, aumenta la intensidad de la fuerza perpendicular al plano, pero llega un instante en que ella deja de ser perniciosa, porque es anulada o absorbida por los ligamentos alvéolo dentarios que forman los extremos de la base de sustentación del diente.<sup>39</sup>

## Momento de fuerza con respecto a un punto.

Es decir: cuanto más cerca del punto de rotación de un cuerpo se ejerza una fuerza, mayor intensidad deberá tener para producir el mismo efecto.

El producto de la intensidad de una fuerza por su brazo de acción, se llama momento de la fuerza con respecto a un punto fijo.

## Palanca

Cuando una barra o cuerpo rígido puede girar libremente alrededor de un eje o apoyo fijo se tiene una palanca.

Una restauración próximo-oclusal actúa como una palanca que tiene como apoyo el ángulo cavo-superficial de la pared gingival de la caja proximal. La resistencia está dada por las paredes de la cavidad, las cuales producen una fuerza reactiva que impide el giro de la restauración en el eje de apoyo.

Cuando la restauración permanece fija, el sistema está en equilibrio y el momento de la resistencia es igual al momento de la potencia.<sup>39</sup>

## Balanza

La balanza es una palanca de primer género muy ilustrativa. Cuando una fuerza ejercida sobre una restauración quiera dislocar sobre una reconstrucción angular clase IV de Black, la restauración va a tender a girar y de esta manera tomando como apoyo ángulo cavosuperficial de la pared gingival de la caja proximal. La resistencia que se desarrolla para que la restauración permanezca en su lugar está dada por una pequeña porción de tejido dentario que se opone al giro de la restauración. Es una palanca en la cual la potencia gana fuerza.<sup>39</sup>

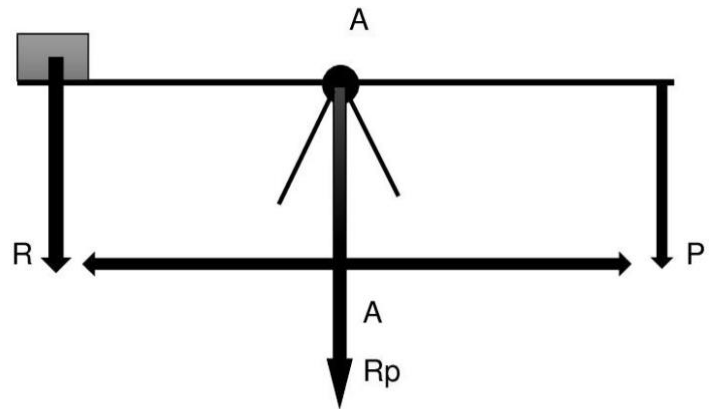


Fig. 6. Palanca: A: Eje de apoyo, P: Potencia, R: resistencia. La resultante  $R_p$ : pasa por el punto de apoyo porque la palanca está en equilibrio.

Tomado de: Ritacco A. Operatoria dental: Modernas cavidades. Buenos Aires. Sexta edición. Editorial Mundi. 1996. p480.

## **Sistema de fuerzas en equilibrio**

Cuando una fuerza dislocante actúa sobre una reconstrucción angular (clase V de Black) la restauración tiende a girar tomando como apoyo el ángulo cavosuperficial de la pared gingival de la caja proximal. Esta fuerza dislocante tiene un brazo de acción.

La resistencia desarrollada para que la restauración se mantenga en un sitio, está dada por la pequeña porción (fuerza resultante) del tejido dentario que forma el istmo de la cola de milano. Es una palanca en la cual la potencia gana fuerza.

La resistencia debe desarrollar una fuerza igual y contraria para que el sistema esté en equilibrio y no se desplace la restauración.

Si la resistencia de la pared dentaria no pudiera satisfacer esta condición se fracturarían las paredes de la restauración y ésta giraría.<sup>39</sup>

## **Acción de los ligamentos y de las relaciones de contacto**

Las fuerzas desarrolladas durante el engranamiento dentario, es decir al momento de la oclusión funcional, mal llamadas impacto masticatorio, son continuas y progresivas, es decir variables, van de 0 a 100 kg o más y actúan durante más de 1 décimo de segundo antes de llegar a la tensión completa de los músculos elevadores, en cambio, impacto o choque en mecánica es una fuerza de valor constantes que actúa en menos de 1 décimo de segundo.

Los músculos masticadores realizan el máximo esfuerzo al provocar el movimiento de intrusión de la mandíbula; en ese momento, la fuerza masticatoria no puede considerarse impacto, de ninguna manera, por ser variable e indudablemente progresiva. La denominación fuerzas de oclusión funcional es mayormente aceptada en el aspecto científico que la de impacto masticatorio, al referirse a las fuerzas desarrolladas durante la articulación dentaria.

Hasta ahora hemos hecho deliberadamente abstracción del ligamento alveolo-dentario y de la posible existencia de relaciones de contacto con los dientes vecinos, elementos fisiológicos capaces de amortiguar los efectos de la fuerza masticatoria.<sup>39</sup>

Muchas son las fuerzas que actúan sobre la restauración durante el articulamiento normal con la triturante antagonista al realizar la mandíbula sus excursiones funcionales, pero si las cúspides han sido convenientemente protegidas o tienen suficiente resistencia, serán capaces de soportar las fuerzas de oclusión funcional. Cuando durante el acto masticatorio se interpone un cuerpo duro entre la vertiente triturante de la arista marginal mesial o distal, reconstruida con

una restauración, y la cima o cúspide del antagonista siempre podrá considerarse una fuerza resultante horizontal actuando sobre dicha vertiente. Esta fuerza tenderá a hacer girar la restauración, considerada un bloque sobre el eje A. Esto sucederá, a pesar del ligamento alveolo-dentario y aunque existan relaciones de contacto bien constituidas con los dientes vecinos.

### **Fuerzas de oclusión funcional y ligamentos alvéolo dentarios**

El diente está suspendido en su alvéolo por los tejidos de sostén, de manera semejante a como lo harían pequeños resortes que permanecen sin tensión inicial, cuando el diente está en oclusión funcional.

El símil mecánico dice que si una potencial actúa sobre la masa en el primer momento provocará la comprensión y distensión de los resortes hasta llevarlos a la máxima deformación, para luego desprender a la masa insertada, haciéndola girar en A, si ésta no estuviese firmemente unida a la masa principal.<sup>40</sup>

Cuando una fuerza potencial actúa sobre una incrustación M.O.D (Mesio-Ocluso-Distal) realizada en un diente que no tiene vecinos, el sistema es similar. Los ligamentos soportan el primer choque o impacto masticatorio, pero como ésta es continua y progresiva, llegará un momento en que los ligamentos no ceden más en su comprensión y distensión, porque si lo hicieran se rompería el paquete vasculonervioso, lo que sucede raramente, ya que esto podría causar un trauma oclusal, esto se refiere a una alteración patológica o de adaptación que se genera en la pulpa dental en este caso o bien en el periodonto como resultado de las fuerzas indebidas.

El ligamento en este instante permitirá que la acción de la fuerza P (progresiva) actúe íntegramente sobre el bloque metálico de la M.O.D., tendiendo a hacerla girar.<sup>41</sup>

### **Fuerzas de oclusión funcional: ligamentos y relaciones de contacto**

Si la obturación no reconstruye las relaciones de contacto con los dientes vecinos, cuando éstos existen, las fuerzas sólo serán amortiguadas por sus ligamentos. En cambio, si han sido bien confeccionadas, será distinto.

En conclusión, la fuerza masticatoria o de oclusión funcional, mal llamada impacto masticatorio, es una fuerza continua y progresiva, que actúa con todo su poder sobre una restauración, cuando entre ésta y la triturante antagonista se interpone un cuerpo duro.

Las fuerzas anteroposteriores o mesiodistales, en ambos sentidos, provocadas por los movimientos de propulsión, retropulsión, intrusión y en la última fase del movimiento de elevación de la mandíbula, son las más perniciosas para el mantenimiento de una restauración M.O.D o próximo-oclusal, cuando no han sido realizadas con perfecto anclaje.

Las relaciones de contacto son de primordial importancia para el anclaje de las obturaciones y para la salud de los tejidos del espacio interdentario. Una arcada completa contribuye a la retención y anclaje de las restauraciones.<sup>38</sup>

## DISTRIBUCIÓN DE LAS CARGAS MASTICATORIAS

### Tipos de cargas

#### Tensión o Tracción

Cuando se estira una barra y aumenta su longitud, disminuye su ancho y grosor.



Fig. 7. Tomado de: Barceló F. Materiales Dentales. Tercera edición. México. Trillas; 2010. p263.

#### Compresión

Cuando se aplican a una barra cargas en sentidos encontrados, esta disminuye su tamaño, pero aumenta su grosor.



Fig. 8. Tomado de: Barceló F. Materiales Dentales. Tercera edición. México. Trillas; 2010. p263.

#### Corte o tangencial

Cuando el esfuerzo actúa paralelo a la superficie.

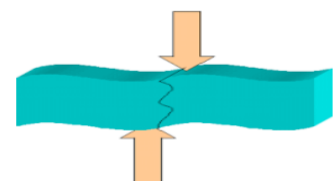


Fig. 9. Tomado de: Barceló F. Materiales Dentales. Tercera edición. México. Trillas; 2010. p263.

Aplicación. Es importante tomar en cuenta las cargas cuando se elige un material odontológico para la restauración, para que este pueda tener adecuada resistencia a la compresión (cúspide de un molar presionando sobre una foseta antagonista), correcta resistencia a la tracción, es decir el deslizamiento que pudiera existir al momento de una preparación cavitaria.<sup>42</sup>

## **FOTOELASTICIDAD**

La fotoelasticidad es una técnica optomecánica de campo continuo esto quiere decir que es una herramienta visual del estudio de las fuerzas ejercidas por un apoyo.

Este método se basa en la propiedad de determinados materiales transparentes que, cuando se observan a través de una luz polarizada, exhiben diversos patrones de colores. Este efecto es resultante de la refracción que la luz polarizada sufre cuando está en contacto con las deformaciones internas resultantes del estado de tensiones en el modelo.<sup>43</sup>

Como ya lo mencionamos esto facilitará la visualización directa de los estados tensionales. Un estado tensional es la distribución de fuerzas en un punto de carga. El estado tensional resultante de la aplicación de carga al modelo da lugar a una cristalización parcial del material, lo que se traduce en varios tipos de espectros de franjas de colores: isocromáticas (describen la diferencia de tensiones principales), y de los patrones de franjas isóclinas (describen la dirección de los esfuerzos principales)<sup>44</sup>.

En lo que consta la fotoelasticidad es aprovechar las propiedades que tienen algunos sólidos transparentes. El principio de operación de esta técnica se basa en la relación existente entre el fenómeno óptico de la birrefringencia, y la diferencia de esfuerzos principales en cada punto del cuerpo evaluado. La distribución de esfuerzos en un material birrefringente hace que cada punto del material responda diferente a la transmisión de la luz; en este caso, un campo de esfuerzos genera un mapa de retardos de fase que es visto como patrones de franjas de color a través de montajes ópticos de polarización de la luz, denominados polariscopios.<sup>45</sup>



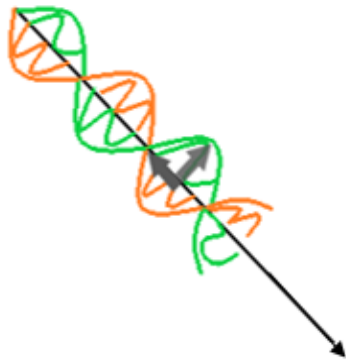


Fig. 10. Diagrama de distribución de la luz a través del polariscopio.

En el método de fotoelasticidad se utilizan las propiedades de la luz polarizada. La luz polarizada se obtiene con un filtro Óptico llamado "polariscopio". Un polariscopio es un elemento óptico que controla la dirección de los componentes del vector luz. Mismo que ayuda a la observación del fenómeno óptico. La polarización convierte la luz no polarizada en polarizada, es decir alinea las vibraciones electromagnéticas para que se den en un solo plano de polarización.

Fig. 11. Colores de las isocromáticas según el orden de la franja  
Imagen original MMarín.

Tabla 1. Escala con respecto a la literatura <sup>8,9,10</sup>

Cebrián-Carretero 2012		Pereira 2018		Pellizzer 2010		Resina AWS 520	
Isocroma	Escala (N)	Isocroma	Escala (N)		Nivel		
					Bajo		
Negro	0	Negro	0				0
Gris	0.28	Gris	0.28				
Blanco	0.45	Blanco	0.45				
Amarillo claro	0.6	Amarillo claro	0.6				
Naranja	0.8	Naranja	0.79				
		Rojo pálido	0.9				
Rojo-azul (transición)	1	Rojo-azul (transición)	1		Medio		1
Azul oscuro	1.08	Azul oscuro	1.06				
		Azul-verde	1.2				
Verde-amarillo	1.22	Verde-amarillo	1.38				
Naranja	1.39	Naranja	1.62				
Rosa-rojo	1.63	Rosa-rojo	1.81				
Rosa (transición)	2	Rojo-verde (transición)	2		Alto		2
Verde	2.4	Verde	2.33				
Verde-amarillo	2.7	Verde-amarillo	2.5				
		Rojo	2.67				
Amarillo (transición)	3	Rojo-verde (transición)	3				3
		Verde	3.1				
		Rosa	3.6				
	4	Rosa-verde (transición)	4				

\* Cebrián-Carretero JL, Sánchez-Burgos R, Carrascal-Morillo MT, Vincent-Fraile G, Ortiz de Artiñano F, Burgueño-García M. Comparación biomecánica entre los sistemas convencionales y uni-lock en osteosíntesis del ángulo mandibular. Estudio fotoelástico. Rev Esp Cir Oral y Maxilofac 2012;34:1-7. doi:10.1016/j.maxilo.2011.11.001.

\* Pereira R, Giorgi MCC, Lins RBE, Dias Theobaldo J, Lima DANL, Marchi GM, et al. Physical and photoelastic properties of bulk-fill and conventional composites. Clin Cosmet Investig Dent 2018; 10:287-96. doi:10.2147/CCIDE.S184660.

10 Pellizzer EP, Ferrazo R, Tonella BP, Oliveira BJ de C, Souza FL, Falcón-Antenucci RM. Influence of ridge type on mandibular distal extension removable partial denture. Acta Odontol Latinoam. 2010;23(1):68-73. Disponible en: <https://actaodontologica.com/wp-content/uploads/2017/07/articulo13-3.pdf>

## Planteamiento del Problema

En el sistema de enseñanza modular la vinculación teórica práctica es fundamental y la mayoría de los contenidos en la carrera de Cirujano Dentista cuenta con apoyos didácticos que complementan los contenidos teóricos al llevarlos a la práctica.

En lo que se refiere a los contenidos que tienen que ver con la biomecánica se recurre únicamente a las teorías. Algunos conceptos como el reconocer un punto de contacto prematuro en la oclusión como origen de una patología periodontal o articular no es algo fácil para un alumno que no tiene la experiencia o no ha tratado a pacientes que ya refieren su sintomatología. Por desgracia, en el proceso en el que se aprende a reconstruir, los modelos no expresan ninguna alteración si existen puntos altos en una restauración, de forma que el alumno no podría ver lo que está mal. Otro inconveniente es el tipo de articulado solo los que son trabajados en un montaje en articulador semiajustable pueden ejecutar otros movimientos de además de los de apertura y cierre, frecuentemente los puntos altos el paciente los percibe al ejecutar los movimientos laterales, de forma que a veces se dan cuenta de la alteración hasta que realizan la función normal de masticación. Por lo que es importante destacar el uso de papel de articular para el ajuste de una restauración.

Aun así, los modelos que se tienen no hacen evidente ningún problema por ello es frecuente restar importancia a estos detalles de ajuste.

Es por ello que se pensó en el desarrollo de un modelo que facilite la comprensión de estos temas en los diferentes módulos, así encontrar la forma de poder observar lo que puede ser el origen de un problema mayor.

En la Facultad de Estudios Superiores Zaragoza no se cuenta con un modelo didáctico que haga más fácil el aprendizaje de dichos temas, aunque están integrados en el plan de estudios en varias unidades a lo largo de la carrera.

Es por eso que se piensa que un modelo fotoelástico facilitará el análisis de los temas de una manera gráfica, para concebir de manera visual hacia donde se distribuyen las fuerzas cuando modificamos la oclusión dentaria al momento de realizar una cavidad por remoción de una caries o preparación protésica.

## Hipótesis

El modelo fotoelástico ayuda al análisis y comprensión de la concentración de esfuerzos a nivel dental y periodontal causado por el diseño cavitario.

## Objetivo general

Diseñar y probar un modelo fotoelástico para el análisis de concentración de esfuerzos causado por el diseño de la cavidad dental, así como su restauración

## Operacionalización de Variables

Variable Independiente	Definición	Clasificación	Categorías
<b>Tratamiento Dental</b>	Es un conjunto de medios que se utilizan, para aliviar o curar una enfermedad dental.	Cualitativa Nominal	Operatoria dental Prótesis dental Endodoncia Maxilofacial Ortodoncia
<b>Clasificación de Black</b>	La clasificación que propone Greene Vardiman Black se basa en la localización, el grado de afectación del tejido dentario, la pieza dental afectada y la evolución de la lesión cariosa. Black clasificó las lesiones cariosas basadas en el tratamiento de estas.	Cualitativa Nominal	Clase I Clase II Clase III Clase IV Clase V
<b>Fotoelasticidad</b>	Es una técnica optomecánica de campo continuo esto quiere decir que es una herramienta visual del estudio de las fuerzas ejercidas por un apoyo.	Cualitativa Nominal	Bajo Medio Alto

Variable Dependiente	Definición	Clasificación	Categorías
<b>Concentración de Esfuerzos</b>	Es la discontinuidad en la distribución de tensiones que se produce en la sección de una pieza en la que tiene lugar alguna discontinuidad geométrica o de la carga aplicada.	Cualitativa Ordinal	Bajo Medio Alto

### Objetivos Específicos

- Obtener modelos dentomaxilares en oclusión sin alteraciones patológicas ni restauraciones.
- Montaje de modelos dentomaxilares en articulador semiajustable.
- Analizar la concentración de esfuerzo en los modelos dentomaxilares en oclusión sin alteraciones patológicas.
- Reproducir los modelos dentomaxilares en materiales fotoelásticos.
- Modificar los modelos dentomaxilares mediante el diseño cavitario y su restauración
- Analizar la concentración de esfuerzo en los modelos dentomaxilares con cavidades.

## Metodología

**Tipo de estudio:** Descriptivo

**Población de estudio o muestra:** Prototipo de modelo

**Tamaño:** Un caso

**Diseño estadístico:** N/A

## Material y Métodos

### Material

- Papelería
- Computadora
- Cámara
- Modelos de yeso prefabricados
- Acrílico autocurable
- Monómero autocurable
- Separador yeso acrílico
- Cucharillas
- Cera toda estación
- Espátula de lecrón
- Espátula 7 A
- Espátula de cera 31
- Mechero
- Alcohol
- Rodillos de cera roja
- Yeso blancanieves
- Taza de hule
- Espátula de yeso
- Dientes prefabricados con raíces
- Articulador WhipMix
- Polariscopio
- Resina fotoelástica
- Silicón industrial

- Espátula de silicón
- Bomba de vacío
- Cráneo
- Tipodonto

## Método

Se realizó la investigación del tema oclusión armónica, para articular los dientes duplicados en resina fotoelástica, en el articulador WhipMix, así mismo se incluyó en la investigación el tema diseño cavitario, para elaborar cavidades en los dientes que fueron articulados.

1. Se obtuvieron ambas arcadas en cera, duplicando los modelos de yeso prefabricados



Fig 12. Modelos de yeso prefabricados.  
Imagen original

2. Mediante la elaboración de cucharillas deacrílico autocurable, una vez hechas estas se duplicaron en cera toda estación.



Fig 13. Cucharillas deacrílico. Imagen original



Fig 14. Modelos de cera. Imagen original

3. Se colocaron los rodillos de cera, para articular los modelos en el articulador semiaustable WhipMix.



Fig 15. Montaje de rodillos. Imagen original.

4. Se obtuvieron dientes en resina fotoelástica, por medio de una impresión de dientes prefabricados y se duplicaron varias veces.



Fig 16. Resina epóxica. Imagen original.



Fig 17. Caucho de silicón. Imagen original.



Fig 18. Dientes de resina fotoelástica. Imagen original.

5. Se articularon los dientes de resina fotoelástica en el articulador WhipMix, conformando la arcada superior e inferior, de manera que quedaran en oclusión clase I.



Fig 19. Dientes articulados. Imagen original



6. Ya que se tenían ambas arcadas articuladas se trasladaron con las platinas para ser impresas y corridas en resina fotoelástica.



Fig 20. Impresión del modelo en caucho. Imagen original.



Fig 21. Modelo en resina fotoelástica. Imagen original.

7. Una vez que tuvimos nuestros modelos en resina fotoelástica, se revisó que no tuvieran cargas residuales secundarias a su elaboración.

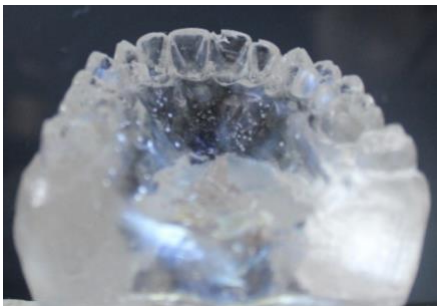


Fig 22. Modelo superior sin cargas residuales. Imagen original.

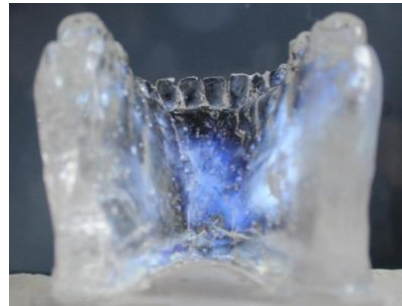


Fig 23. Modelo inferior sin cargas residuales. Imagen original.

8. Se colocaron ambas platinas en el articulador WhipMix



Fig 24. Modelo articulado. Imagen original.

9. Realizamos una cavidad clase I en el OD 36.



Fig 25. Preparación cavitaria OD 36. Imagen original.



Fig 26. Cavidad OD36. Imagen original.

10. Se tomaron fotos para ver si se modificaron las fuerzas de oclusión en los dientes con cavidades.

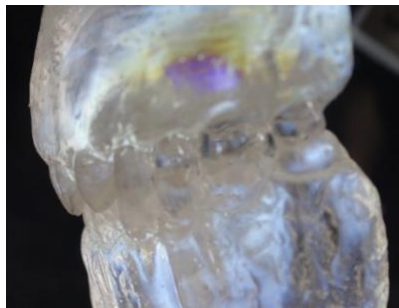


Fig 27. Vista a través del polariscopio del modelo en oclusión con cavidad en OD36. Imagen original.

11. Se colocó una obturación temporal en las cavidades realizadas. Primero de manera que quedara sobreobturada sin anatomía.



Fig 28. Porción de medicamento ZOE. Imagen original.



Fig 29. Cavidad OD 36 obturada con ZOE. Imagen original.

12. Después de esto se observó a través de polariscopio, para ver de qué manera se modificaban las cargas oclusales y se tomaron fotografías.

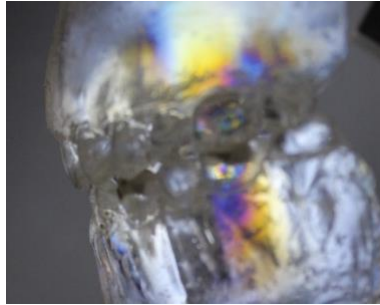


Fig 30. Vista a través del polariscopio, modelo con obturación OD 36 sobreobturada. Imagen original.

13. Se rebajaron puntos altos de contacto, marcados por el papel para articular, se rebajaron y se observó el modelo de nuevo a través del polariscopio



Fig 31. Rebajando puntos altos de contacto de OD 36 con pieza de alta velocidad. Imagen original.



Fig 32. Obturación sin puntos altos de contacto OD 36. Imagen original.

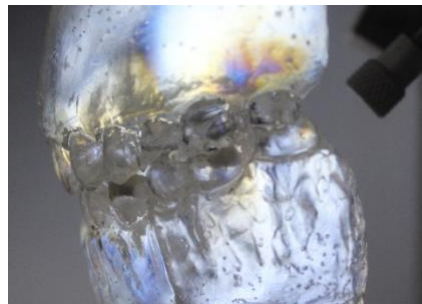


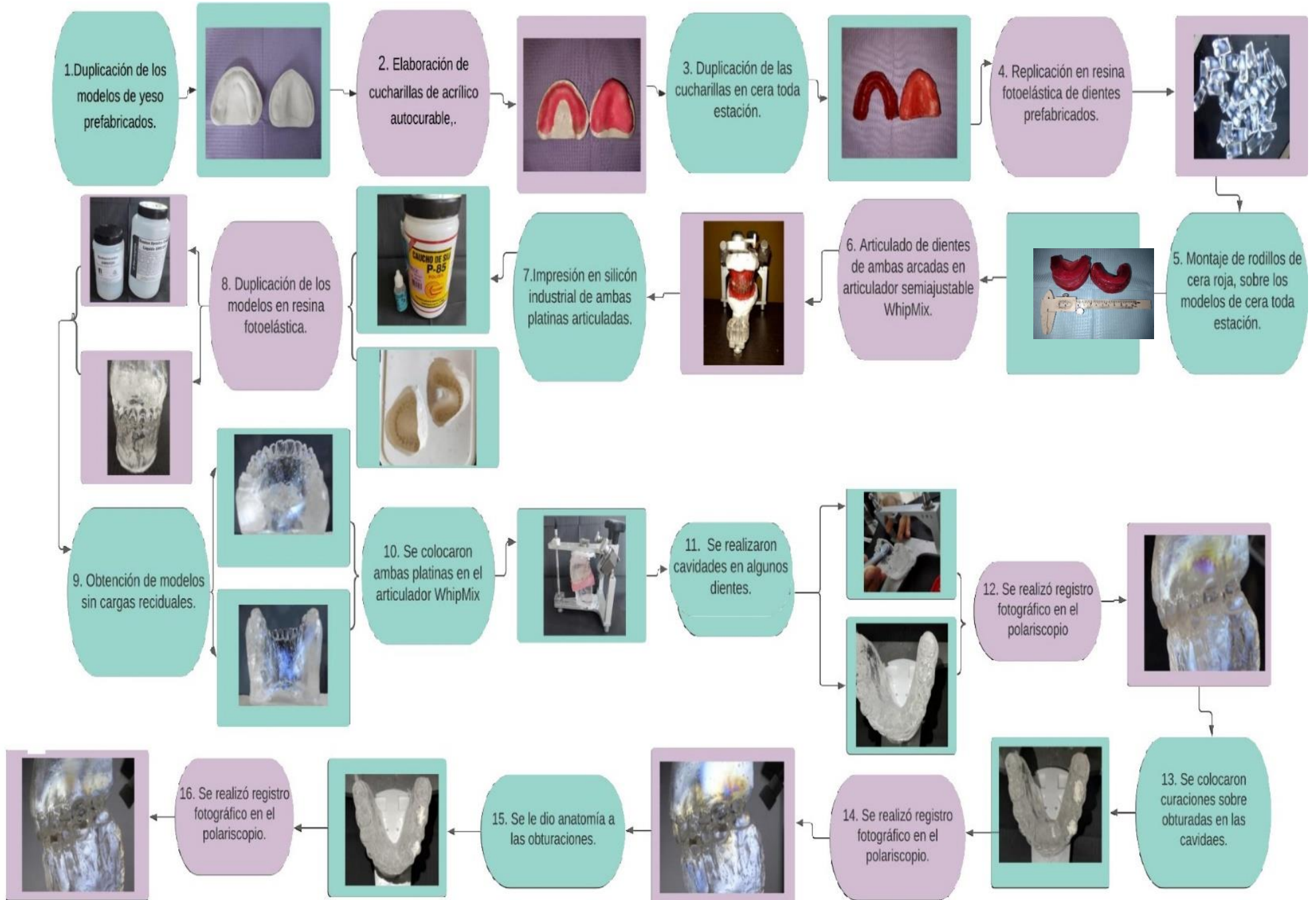
Fig 33. Vista a través del polariscopio, modelo con desgaste en puntos altos de contacto en OD 36. Imagen original.

14. Se repitió el proceso del punto anterior, hasta que nuestro modelo quedara en una situación similar a la imagen del modelo sin cavidades.



Fig 34. Vista a través del polariscopio, obturación sin puntos altos de contacto OD36. Imagen original.

Fig 35. MÉTODO DE ELABORACIÓN DE MODELO DE RESINA FOTOELÁSTICA



## Recursos

### Humanos:

- Tesistas
- Director
- Asesores

### Infraestructura:

- Laboratorio de prevención
- Laboratorio de Ingeniería

## Resultados

En la figura 36 se presenta el modelo articulado en oclusión normal, se realizaron los movimientos de cierre y lateralidades los cuales fueron observados en el polariscopio, ante dichos movimientos el modelo presenta esfuerzos a nivel del soporte óseo del maxilar superior entre primer y segundo molar de nivel medio, lo sabemos por los colores que observamos, amarillo y rosa (Fig. 11) que se hacen presentes a nivel del maxilar superior. Esto a causa de la fuerza natural que se emplea al hacer dichos movimientos.

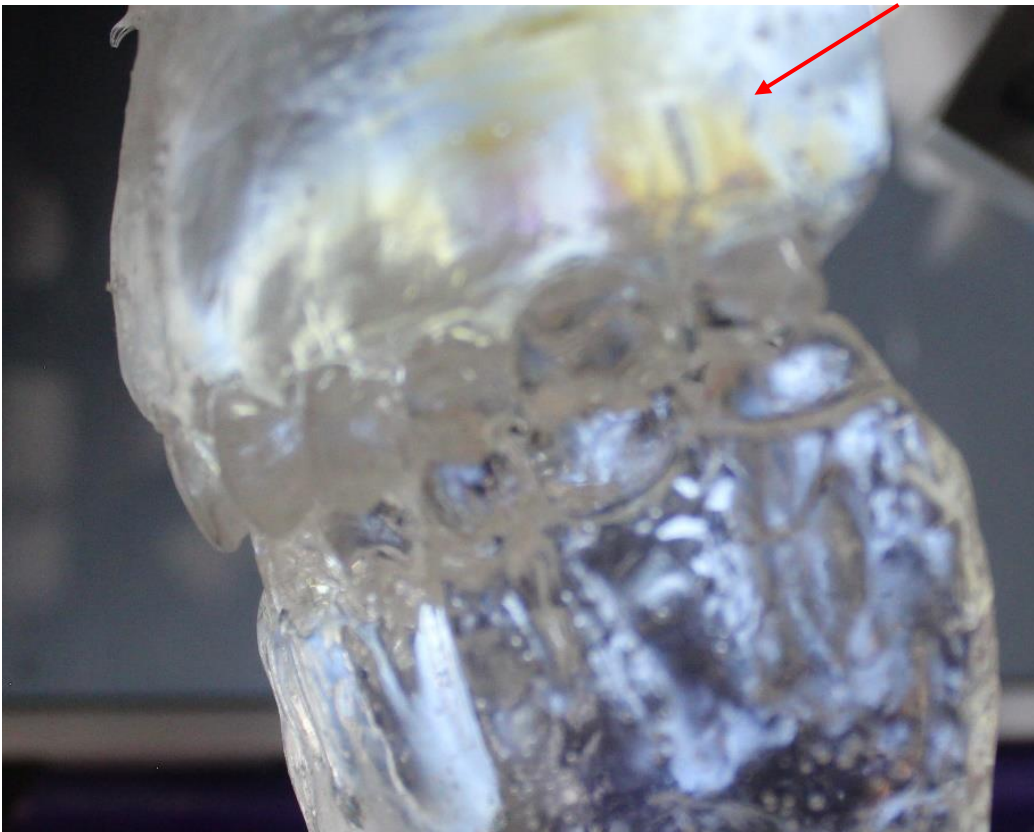


Fig 36. Modelo en oclusión.  
Imagen original.

En la figura 37, se muestra el modelo con una cavidad clase I en el OD 36, volviendo a realizar los movimientos. Pueden observarse las isocromas presentes en el modelo con cavidades, se muestran los patrones correspondientes a la intensidad del nivel medio, esto lo sabemos por los colores rojo azul, transición naranja (Fig. 11) en el maxilar superior a la altura de los dientes antagonistas en el hueso periodontal, con respecto de las presentes en el modelo sin cavidades las isocromas de color amarillo y rojo azul son más intensas, lo que muestra que aún en el nivel medio se intensifica por la falta de estructura.

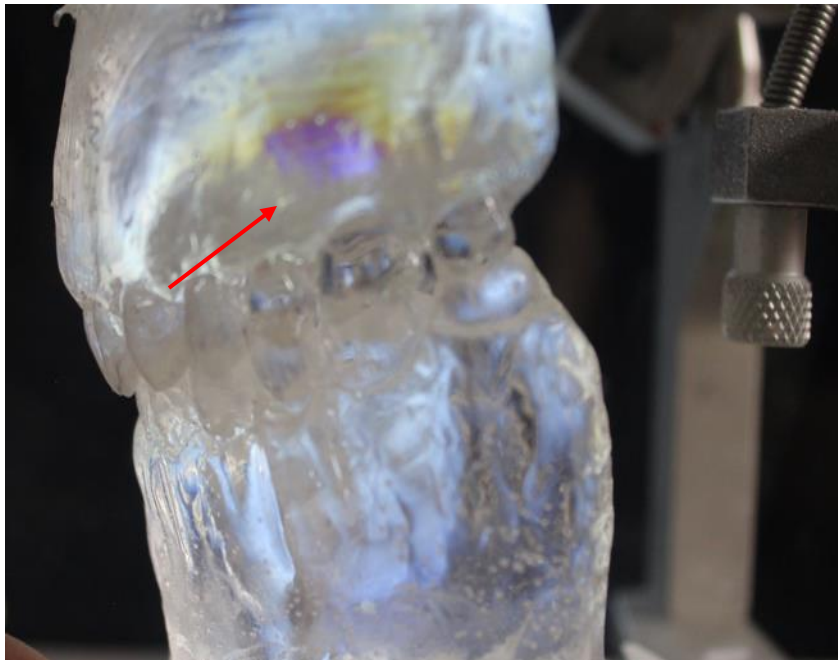


Fig 37. Modelo con cavidades en OD 36  
Imagen original.

Posteriormente en la figura 38 se observa la obturación temporal si una anatomía detallada, nuevamente se realizaron los movimientos y el modelo presenta concentraciones de esfuerzo de nivel medio de igual forma lo sabemos por los colores presentes, rojo azul, amarillo, azul oscuro (Fig. 11) en el maxilar superior, extendiéndose hacia la zona apical a la altura de los premolares. Además de presentarse en el maxilar inferior a nivel del hueso periodontal del OD 36 de nivel medio, notándose el esfuerzo presente en ambos maxilares al existir una interferencia.

A nivel coronal el diente que contiene la cavidad se presenta esfuerzo en las paredes y piso de nivel medio-alto esto por los colores observables amarillo, rosa, morado, verde (Fig. 11) demostrando el estrés que sufre en las paredes y la posibilidad de fractura.

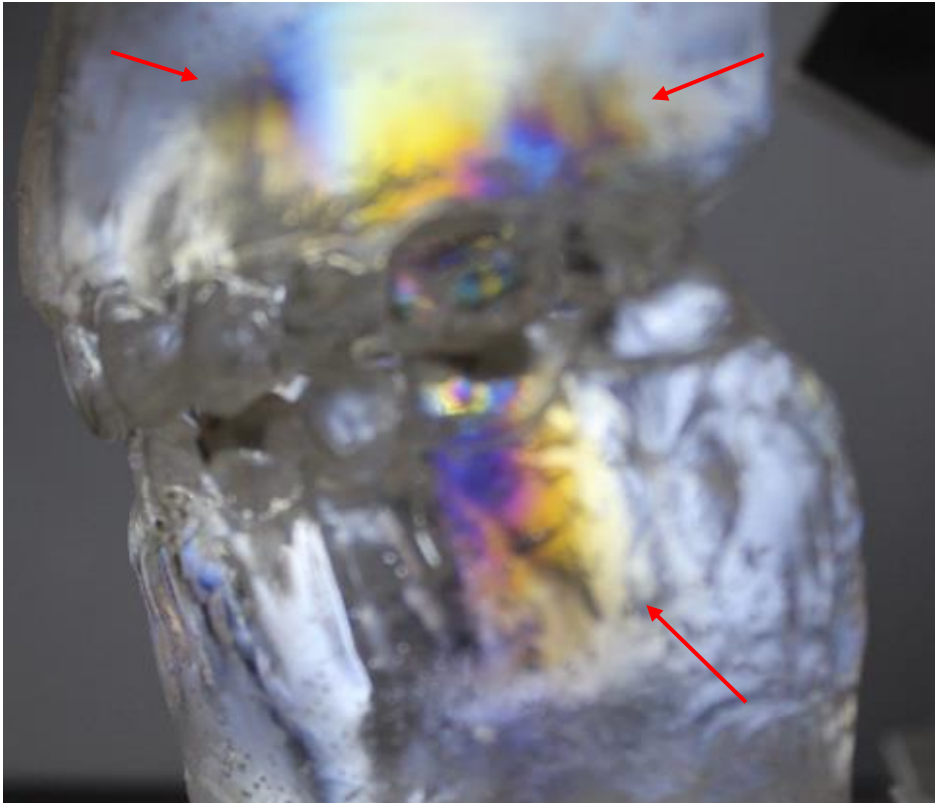


Fig 38. Cavity de OD 36 con puntos altos. Imagen original.

Todo lo anterior quiere decir que, si no realizamos una obturación con la anatomía correcta, cuidando los puntos de contacto, podemos ocasionar que se formen esfuerzos extras que serán distribuidos en el diente y el periodonto de ambos maxilares.

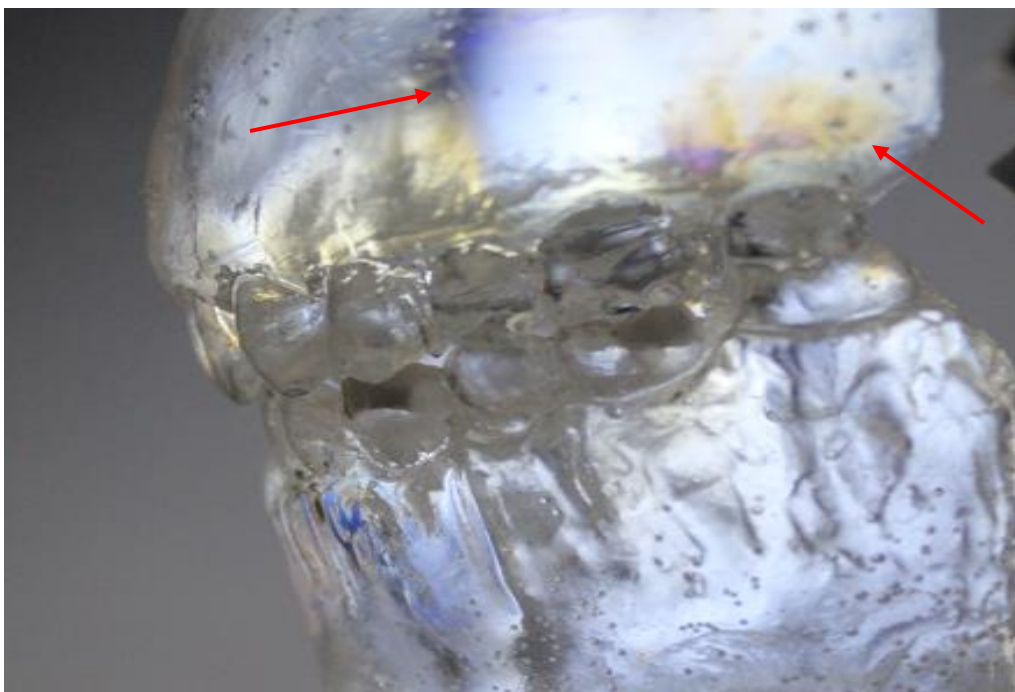


Fig 39. Modelo sin puntos prematuros de contacto. Imagen original.



Al hacer evidentes los puntos prematuros de contacto con el papel de articular y eliminarlos se volvió a observar en el polariscopio, esto lo podemos ver en la figura 39 y se muestra que los esfuerzos se redujeron de manera significativa, se mantienen en el maxilar, siendo ligeramente mayores que en el modelo sin cavidades, y se presentan nuevos esfuerzos a nivel de canino y primer premolar inferiores en el soporte periodontal, hasta la zona apical.

Se repitió el procedimiento hasta obtener una imagen similar a la mostrada en el modelo sin cavidades, esto es lo que vemos en la figura 40.

Los esfuerzos a nivel de las paredes y piso desaparecen, reduciendo el riesgo de fractura.



Fig 40. Modelo sin puntos prematuros de contacto.  
Imagen original.

## Discusión

En el presente trabajo se investigó la concentración de esfuerzos dentales y periodontales causados por el diseño cavitario dental, así como su restauración, por medio de la elaboración de un modelo de resina fotoelástica. Pudimos observar la presencia de diferentes fuerzas, tanto dentales como periodontales en el modelo cuando fue sometido a dicho procedimiento. Cabe señalar que no existen estudios previos sobre lo propuesto en este trabajo, no obstante, otro trabajo realizado por.

Serrano 2009, en una simulación de las preparaciones menciona que los biseles realizados cavitarios en su estudio resultaron ser lugares críticos para la concentración de esfuerzos por lo que se podría suponer que son lugares más susceptibles a la fractura de la restauración. En nuestro estudio se observó que cuando hay una preparación cavitaria que no cumpla con las características básicas, se pueden provocar cargas tensionales en las paredes y piso cavitario con ello se vuelven zonas susceptibles.<sup>30</sup>

Ardizzone 2016 alude que se debe actuar cuidadosamente utilizando siempre los procedimientos menos invasivos sin modificar el aparato masticatorio. Mientras que en el estudio pudimos observar que mientras restauramos un órgano dentario, después de haber hecho alguna cavidad, si no somos cuidadosos con la anatomía y modificamos el órgano dentario, modificamos el aparato masticatorio en su totalidad y de esta forma causar alguna lesión. En nuestro modelo se hace evidente la participación del periodonto.<sup>6</sup>

Carretero 2009 menciona que la aplicación de la fotoelasticidad ofrece una amplia información de las direcciones e intensidades de las tensiones principales igual pudimos observar esto en el estudio que realizamos, ya que cuando se formó una fuerza, pudimos observar justamente el lugar en el que se encontraba la tensión.<sup>7</sup>

Kuroe 2007 cita que la aplicación de fuerzas verticales y oblicuas en los modelos tridimensionales, representativas del diente o con diferentes tipos de preparaciones, generan alteración en las estructuras del material fotoelástico del órgano dental, pueden ser identificadas a través de haces divergentes de la luz polarizada en los lugares de concentración de la tensión. Este punto coincide con lo que observamos en nuestro estudio, ya que cuando realizamos preparaciones cavitarias en nuestro modelo tridimensional en los órganos dentarios, se causaron fuerzas tensionales, las cuales pudimos observar a través del polariscopio.<sup>39</sup>

Butzke 2007 cita que la configuración de la preparación cavitaria es un factor importantísimo en la distribución de las tensiones. Cuanto mayor la remoción de la estructura dentaria, peor será el comportamiento mecánico del remanente. De igual manera esto lo pudimos observar en nuestro modelo, ya que las tensiones que se formaron en el maxilar superior se intensifican cuando se realizó la cavidad.<sup>42</sup>

## Conclusiones

A lo largo del estudio se fueron presentando diferentes limitaciones, ya que a causa de la pandemia global que se está afrontando, se produjo un cierre de instalaciones en la Facultad de Estudios Superiores Zaragoza, lo que nos hizo modificar el plan de trabajo y adaptarnos a una nueva forma de trabajo a distancia.

El diseño del modelo de resina fotoelástica conforme su elaboración fue presentando diferentes dificultades, ya que era la primera vez que se realizaba, así que hubo la necesidad de hacer varias pruebas con diferentes materiales, hasta ver cuál era el que cumplía con las necesidades de nuestro trabajo de investigación.

Bajo las limitaciones del estudio se permite concluir que:

El modelo demuestra los esfuerzos presentes al realizar un tratamiento odontológico como lo son las preparaciones y obturaciones dentarias.

El modelo facilita la comprensión de la forma en que se distribuyen las fuerzas masticatorias desde el punto de vista del estudiante, tanto al observarlo antes de realizar la cavidad y una vez que se realiza el tratamiento, sobre todo al dejar alguna interferencia.

## Perspectivas

Se recomendaría continuar con el desarrollo de este tipo de modelos como herramienta didáctica en temas que tienen que ver con los tratamientos odontológicos, para mejorar la comprensión de la distribución de cargas masticatorias.

Así mismo se podría continuar con esta línea de investigación, con los diferentes diseños utilizados en la preparación cavitaria. Igualmente se podría implementar con los diferentes materiales de restauración dental o bien con restauraciones indirectas.

Este tipo de modelos, tiene un amplio campo de estudio, ya que también se podría emplear en prótesis dentales y sus diferentes tipos.

De igual manera es un área de oportunidad el desarrollo de modelos más complejos donde se consideren estructuras como el ligamento periodontal o la rama mandibular.

Podría considerarse útil el uso de estos modelos como herramienta de estudio durante la carrera de Cirujano Dentista.

## Referencias

---

- <sup>1</sup> Ash M. Oclusión. Cuarta edición. México. McGraw Hill. 1996. p 690.
- <sup>2</sup> Okeson J. Tratamiento de Oclusión y Afecciones Temporomandibulares. 8a ed. Elsevier; 2019.
- <sup>3</sup> Ross E. Oclusión Orgánica y Ortognatodoncia. Primera edición. México. Editorial Amolca. 2009. p455.
- <sup>4</sup> Gutiérrez M. Importancia de la oclusión dentaria en la rehabilitación por prótesis parcial fija. 2001; 38(3): 155-64.
- <sup>5</sup> Talley M. Casuística de maloclusiones Clase I, Clase II y Clase III según Angle en el departamento de Ortodoncia de la UNAM. Revista Odontológica Mexicana. 2007; 11(4): 175-180.
- <sup>6</sup> Ardizzone I, Celemín A, Sánchez T. Oclusión fisiológica frente a oclusión patológica. Un enfoque diagnóstico y terapéutico práctico para el odontólogo. Gaceta Dental 220. 2010; 11 (2): 116-114
- <sup>7</sup> Carretero J, Carrascal M, Vincent G, Ortiz F. Estudio biomecánico experimental del sistema músculo-esquelético masticatorio. Aplicaciones para el estudio de la osteosíntesis. Rev. Esp. Cir. Oral y Maxilofacial. 2009; 31 (1): 39-45.
- <sup>8</sup> Díaz M. Oclusión Dentaria. Reflexiones más que conjeturas. Rev. APM. 2014; 61(6): 215-224.
- <sup>9</sup> Barrancos J. Operatoria Dental: Integración clínica. 4ª ed. Editorial Medicapanamericana. 2006. p1303.
- <sup>10</sup> Gutiérrez G. Memorias del congreso de Biología Oral. Laboratorio de Bioquímica de DEPel de la Fac. de Odontología-UNAM [ISBN: 970-32-2263-7] 2004 [2005]; 10 (1): [158]. Disponible en: [http://www.odonto.unam.mx/~ivan\\_drupal/odonto/sites/default/files/inline-files/memorias\\_biologia\\_oral\\_12\\_r.pdf](http://www.odonto.unam.mx/~ivan_drupal/odonto/sites/default/files/inline-files/memorias_biologia_oral_12_r.pdf)

---

<sup>11</sup> Eley B. Periodoncia. 6ª ed. Elsevier.2010.

<sup>12</sup> Ballesta C. Alteraciones radiculares en las lesiones traumáticas del ligamento periodontal: revisión sistemática. SciELO. 2003; vol. 8(2): 1-17.

<sup>13</sup> Ten Cate A. The Developmente of the periodontium: The origin of alveolar bone. Anatomical records. 1972; vol 6(2): 173-78.

<sup>14</sup> Portugal S. Manejo de recesiones gingivales con injerto de matriz dérmica acelular (Dermis). Ecuador. Tesis para obtener el título de Licenciado en Odontología; 2013. p84.

<sup>15</sup> De Ferraris M. Histología y embriología bucodental. 2ª ed. Madrid. Editorial Medicapanamericana; 2002, p482.

<sup>16</sup> Delgado A. Espacio biológico. Parte I: La inserción diente-encía. SciELO. 2001; vol 13(2): 1-8.

<sup>17</sup> Esponda R. Anatomía Dental. Sexta edición: México: Universidad Nacional Autónoma de México; 1994. p393.

<sup>18</sup> Riojas M. Anatomía Dental. Tercera edición. México: Manual Moderno; 2014. p210.

<sup>19</sup> Minaya K. Contactos Oclusales en máxima intercuspidadación en pacientes clase I de Angle. [Licenciatura] Universidad Nacional Mayor de San Marcos; 2017.

<sup>20</sup> Moya M. Caracterización de la función masticatoria en estudiantes universitarios. Int J. Odontostomat. 2017; 11(4): 495-499.

<sup>21</sup> Manns A. Manual Práctico de Oclusión Dentaria. 2da edición. Caracas: Amolca; 2006.

<sup>22</sup> Lazo M. Trauma Oclusal causado por restauraciones sobreobturadas. [Licenciatura] Universidad de Guayaquil; 2014.

- 
- <sup>23</sup> Zerón A. Bruxismo y trauma oclusal. Conocimiento multidisciplinario y práctica interdisciplinaria. Revista ADM. 2018; 75(4): 176-177.
- <sup>24</sup> Brenna F. Odontología restauradora: procedimientos terapéuticos y perspectivas de futuro. 1er edición. Barcelona: Elsevier Masson;2010.
- <sup>25</sup> Álvarez J. Actualización de aspectos relacionados con el síndrome de diente fisurado. Rev. Habanera de Ciencias Médicas. 2015; 14(4): 397-408.
- <sup>26</sup> Zambra F. Bruxismo. Av. Odontoestomatología. 2003; 19(3): 123-130.
- <sup>27</sup> Frugone R. Bruxismo. Avances en Odontoestomatología. 2003; 19(3): 123-130.
- <sup>28</sup> Bemehdi S. Lesiones cervicales no cariosas y su asociación con la periodontitis. Quintessence. 2009; 19(3): 179-185.
- <sup>29</sup> Cardentey J. Atrición dentaria en la oclusión permanente. Revista de Ciencias Médicas de Pinar del Río. 2014; 18 (4): 566-573.
- <sup>30</sup>Lojo A. Operatoria Dental. Nociones para el aprendizaje. Argentina.: Ed. De La UNLP; 2020.
- <sup>31</sup> Serrano C. Comportamiento biomecánico de cavidades clase I y II para amalgama y resina, analizado por el método de elementos finitos. Univ. Odontol. 2009; 28(60): 9-17.
- <sup>32</sup> Carrillo C. Revisión de los principios de preparación de cavidades. Extensión por prevención o prevención de la extensión. Medigraphic. 2008; 65(5): 263-271.
- <sup>33</sup> Zarza Y [Internet]. México: FES Zaragoza; 2018 [actualizado 17 de septiembre 2018; citado 17 de septiembre de 2018] Disponible en: [https://www.zaragoza.unam.mx/wp-content/Portal2015/Licenciaturas/cirujanodontista/herramientas/PREPARACION\\_CAVITARIA\\_CD.pdf](https://www.zaragoza.unam.mx/wp-content/Portal2015/Licenciaturas/cirujanodontista/herramientas/PREPARACION_CAVITARIA_CD.pdf)

- 
- <sup>34</sup> Chaple A. Comparación de dos clasificaciones de preparaciones cavitarias y lesiones cariosas: Mount y Hume y Black. Revista Cubana de Estomatología 2015;52(2):160-170.
- <sup>35</sup> Echeverría J. Operatoria Dental Ciencia y Práctica. México. Editorial Avances. 1990.
- <sup>36</sup> Carrillo C. Diseño de la preparación de las cavidades ¿Se deben modificar? Revista ADM. 2010; 67(6): 273-277.
- <sup>37</sup> Roesler H. The history of some fundamentals concepts in bone biomechanics. J Biomechanic. 2008; 20(3): 229-235.
- <sup>38</sup> Alfaro P. Fuerza de mordida: su importancia en la masticación, su medición y sus condicionantes clínicos. Parte I. Revista ADM. 2012; 69(2): 53-60.
- <sup>39</sup> Ritacco A. Operatoria dental: Modernas cavidades. Buenos Aires. Sexta edición. Editorial Mundi. 1996. p480.
- <sup>40</sup> Kuroe T. Biomechanics of cervical tooth strusture lesions and their restoration. Quintessence Int. 2000; 31(1): 267-274.
- <sup>41</sup> Morales A. Efecto de la oclusión traumática sobre el tejido pulpar. Revista Científica Odontológica. 2008; 4(2): 58-65.
- <sup>42</sup> Barceló F. Materiales Dentales. Tercera edición. México. Trillas; 2010. p263.
- <sup>43</sup> Butzke L. Configuración cavitária: Análisis fotoelástico de la concentración y distribución de tensiones. Acta Odontológica Venezolana. 2007; 45(4): 1-7.
- <sup>44</sup> Restrepo A, Briñez J, López F. Estudios de Fotoelasticidad: Desarrollos y Aplicaciones. Revista Politécnica. 2013; 9(16): 27-36.



---

<sup>45</sup> Briñez J. Análisis de campos de esfuerzos utilizando fotoelasticidad visible e infrarroja. Revistas Udistrital. 2017; 11(1): 89-98.