

Universidad Nacional de La Plata
Facultad de Odontología de La Plata
Carrera de Especialización en Ortodoncia



**UNIVERSIDAD
NACIONAL
DE LA PLATA**

Trabajo integrador final para acceder al título de Especialista en Ortodoncia

Tema:

“Comparación de la fuerza de adhesión de brackets metálicos tratados con diferentes técnicas de acondicionamiento utilizando sistemas adhesivos de fotopolimerización.”

Autora: Od. Urcola, Carla

Directora: Od. Ruscitti, Soledad. Especialista en Ortodoncia U.N.L.P.

Año 2020

Agradecimientos

A mis viejos, Lilian y Carlos, por darme las posibilidades y la libertad para elegir, y por apoyar a cada paso el camino elegido.

A Belén Serafino, por permitirme saber que existía este camino.

A María Laura Morales, por convencerme de que era posible cuando en el horizonte todo eran piedras.

A Soledad Ruscitti, por aceptar guiarme en el recorrido y hacerlo dando todo.

A Matias, por caminar conmigo, por darme energías cuando se acerca la subida, levantarme cuando caigo, y correr juntos las bajadas.

A Santiago y Catalina, por darle sentido al andar.

Índice

1- Resumen	9
2- Introducción/ Presentación del Problema	11
3- Definición de TIF	15
4- Objetivos	17
5- Diagnóstico	19
6- Marco teórico	21
6.1- Esmalte Dentario.....	23
6.2- Materiales que intervienen en la adhesión en ortodoncia	32
6.3- Propiedades de los materiales.....	36
6.4- Base del Bracket	42
6.5- Adhesión	48
6.6- Adhesión de resinas al esmalte.....	51
6.7- Adhesión en ortodoncia	54
6.8- Técnicas de adhesión en ortodoncia	69
6.9- Presentación comercial de las resinas compuestas	70
7- Materiales y métodos	79
7.1- Materiales	81
7.2- Método	84
8- Resultados	93
9- Discusión.....	114
10- Conclusiones	118
11-Bibliografía	120

Índice de figuras

Nº 1: Tejidos dentarios	23
Nº 2: Diagrama del engranaje de los prismas en un corte transversal.....	26
Nº 3: Aspecto de los prismas al M.O	27
Nº 4: Orientación de los cristales de hidroxiapatita en el interior de los prismas del esmalte	27
Nº 5: Orientación de los prismas del esmalte	28
Nº 6: Estrías de Retzius en un corte longitudinal/transversal. Periquimatías y Líneas de imbricación.....	29
Nº 7: Penachos de Linderer en un corte transversal del esmalte.....	29
Nº 8: Aspecto de la conexión amelodentinaria a gran aumento en el M.O	30
Nº 9: Fisura tipo “V”. Fisura tipo “I”. Fisura tipo “Y”	30
Nº 10: Estructuras poliméricas. Estructura espacial lineal; ramificada y de cadenas cruzadas	34
Nº 11: Ángulo de humectancia.....	39
Nº 12: Tipos de tensiones y resistencias	40
Nº 13: Esquema de enlace metálico y nube electrónica	43
Nº 14: Partes del bracket	45
Nº 15: Partes del cuerpo de un bracket	46
Nº 16: Base de un bracket	46
Nº 17: Malla mecánica simple.....	47
Nº 18: Bracket con súper malla	47
Nº 19: Diferentes ácidos disponibles en el mercado para la técnica de grabado ácido	55
Nº 20: Superficie de esmalte grabado	56
Nº 21: Superficie de esmalte con patrón de grabado ácido tipo I	56
Nº 22: Superficie de esmalte con patrón de grabado ácido tipo II	57
Nº 23: Algunos de los primers/adhesivos disponibles en el mercado	58
Nº 24: Prolongaciones rígidas de resina dentro del esmalte	58
Nº 25: Algunos de los cementos adhesivos disponibles en el mercado.....	59
Nº 26: Componentes principales de las resinas combinadas.....	60
Nº 27: Espectro electromagnético.....	65
Nº 28: Adhesión de brackets con técnica directa	69

Nº 29: Adhesión de brackets con técnica indirecta-----	69
Nº 30: Piezas dentarias utilizadas -----	81
Nº 31: Piezas dentarias y brackets seleccionados para el estudio -----	81
Nº 32: Brackets seleccionados para el estudio -----	81
Nº 33: Materiales utilizados para la adhesión -----	82
Nº 34: Matriz para análisis de muestras (frente)-----	84
Nº 35: Matriz para análisis de muestras (perfil) -----	84
Nº 36: Separación de corona de la pieza dentaria -----	85
Nº 37: Colocación de coronas dentarias en plantilla de soporte -----	85
Nº 38: Muestras montadas en la matriz con identificación de lado y pieza dentaria -----	86
Nº 39: Técnica de grabado ácido-----	87
Nº 40: Colocación de adhesivo en las piezas dentarias -----	87
Nº 41: Fotopolimerización del adhesivo -----	88
Nº 42: Colocación de cemento adhesivo en el aditamento ortodóncico -----	88
Nº 43: Posicionamiento de bracket en pieza dentaria-----	89
Nº 44: Fotopolimerización del cemento adhesivo-----	89
Nº 45: Muestras del Grupo 1º preparadas para el ensayo de resistencia-----	89
Nº 46: Muestras del Grupo 2º preparadas para el ensayo de resistencia-----	90
Nº 47: Máquina Universal de ensayos Instron-----	91
Nº 48: Matriz con muestras colocada en la máquina de ensayos -----	91
Nº 49: Interfaces adhesivas sometidas a fuerzas de cizallamiento o corte -----	92
Nº 50: Programa Adobe Photoshop CS6 utilizado para registro de fuerzas y cálculo de resistencias-----	92

Índice de Gráficos

Nº1: Gráfico de compresión. Grupo 1º. Lado A. PD 1	96
Nº2: Gráfico de compresión. Grupo 1º. Lado A. PD 2	96
Nº3: Gráfico de compresión. Grupo 1º. Lado A. PD 3	96
Nº4: Gráfico de compresión. Grupo 1º. Lado A. PD 4	97
Nº5: Gráfico de compresión. Grupo 1º. Lado A. PD 5	97
Nº6: Gráfico de compresión. Grupo 1º. Lado A. PD 6	97
Nº7: Gráfico de compresión. Grupo 1º. Lado A. PD 7	97
Nº8: Gráfico de compresión. Grupo 1º. Lado A. PD 8	98
Nº9: Gráfico de compresión. Grupo 1º. Lado A. PD 9	98
Nº10: Gráfico de compresión. Grupo 1º. Lado A. PD 10	98
Nº11: Gráfico de compresión. Grupo 1º. Lado A. PD 11	98
Nº12: Gráfico de compresión. Grupo 1º. Lado A. PD 12	99
Nº13: Gráfico de compresión. Grupo 1º. Lado B. PD 1.....	99
Nº14: Gráfico de compresión. Grupo 1º. Lado B. PD 2.....	99
Nº15: Gráfico de compresión. Grupo 1º. Lado B. PD 3.....	99
Nº16: Gráfico de compresión. Grupo 1º. Lado B. PD 4.....	100
Nº17: Gráfico de compresión. Grupo 1º. Lado B. PD 5.....	100
Nº18: Gráfico de compresión. Grupo 1º. Lado B. PD 6.....	100
Nº19: Gráfico de compresión. Grupo 1º. Lado B. PD 7.....	100
Nº20: Gráfico de compresión. Grupo 1º. Lado B. PD 8.....	101
Nº21: Gráfico de compresión. Grupo 1º. Lado B. PD 9.....	101
Nº22: Gráfico de compresión. Grupo 1º. Lado B. PD 10	101
Nº23: Gráfico de compresión. Grupo 1º. Lado B. PD 11	101
Nº24: Gráfico de compresión. Grupo 1º. Lado B. PD 12	102
Nº25: Gráfico de compresión. Grupo 2º. Lado A. PD 1	102
Nº26: Gráfico de compresión. Grupo 2º. Lado A. PD 2	102
Nº27: Gráfico de compresión. Grupo 2º. Lado A. PD 3	102
Nº28: Gráfico de compresión. Grupo 2º. Lado A. PD 4	103

Nº29: Gráfico de compresión. Grupo 2º. Lado A. PD 5	103
Nº30: Gráfico de compresión. Grupo 2º. Lado A. PD 6	103
Nº31: Gráfico de compresión. Grupo 2º. Lado A. PD 7	103
Nº32: Gráfico de compresión. Grupo 2º. Lado A. PD 8	104
Nº33: Gráfico de compresión. Grupo 2º. Lado A. PD 9	104
Nº34: Gráfico de compresión. Grupo 2º. Lado A. PD 10	104
Nº35: Gráfico de compresión. Grupo 2º. Lado A. PD 11	104
Nº36: Gráfico de compresión. Grupo 2º. Lado A. PD 12	105
Nº37: Gráfico de compresión. Grupo 2º. Lado B. PD 1	105
Nº38: Gráfico de compresión. Grupo 2º. Lado B. PD 2	105
Nº39: Gráfico de compresión. Grupo 2º. Lado B. PD 3	105
Nº40: Gráfico de compresión. Grupo 2º. Lado B. PD 4	106
Nº41: Gráfico de compresión. Grupo 2º. Lado B. PD 5	106
Nº42: Gráfico de compresión. Grupo 2º. Lado B. PD 6	106
Nº43: Gráfico de compresión. Grupo 2º. Lado B. PD 7	106
Nº44: Gráfico de compresión. Grupo 2º. Lado B. PD 8	107
Nº45: Gráfico de compresión. Grupo 2º. Lado B. PD 9	107
Nº46: Gráfico de compresión. Grupo 2º. Lado B. PD 10	107
Nº47: Gráfico de compresión. Grupo 2º. Lado B. PD 11	107
Nº48: Gráfico de compresión. Grupo 2º. Lado B. PD 12	108
Nº49: Gráfico de dispersión de las medidas de resistencia (Mpa) en el Grupo 1º	109
Nº50: Histograma de las medidas de resistencia del Grupo 1º	110
Nº51: Gráfico de dispersión de las medidas de resistencia (Mpa) en el Grupo 2º	111
Nº52: Histograma de las medidas de resistencia en el Grupo 2º	111
Nº53: Boxplot mostrando la distribución de los valores de resistencia (Mpa) obtenidos	112

Índice de Tablas

Nº 1: Registro de superficies, cargas y resistencias obtenidos en el ensayo del Grupo 1º	95
Nº 2: Registro de superficies, cargas y resistencias obtenidos en el ensayo del Grupo 2º	95
Nº 3: Estadística descriptiva de las medidas de resistencia del Grupo 1º	109
Nº 4: Estadística descriptiva de las medidas de resistencia del Grupo 2º	110

1-Resumen

1-Resumen

El movimiento ortodóncico es el resultado de la aplicación de diferentes fuerzas a las piezas dentarias. Gran parte de las fuerzas utilizadas para lograr los objetivos ortodóncicos, se transmiten a las estructuras dentarias por medio de la adhesión a ellas de diferentes aditamentos (brackets, tubos). La base de los brackets juega un rol fundamental en la adhesión en ortodoncia ya que constituye una de las partes de la interface del sistema adhesivo. El objetivo de este trabajo fue comprobar in vitro si la resistencia adhesiva entre el aditamento ortodóncico y el esmalte dentario varía al aplicar o no primer a la malla del bracket al usar un sistema adhesivo de fotopolimerización. Se analizaron 48 premolares sanos extraídos por indicación ortodóncica, fueron agrupados en 2 grupos de 24 dientes cada uno: grupo 1º: brackets acondicionados sin aplicación de primer en su malla y grupo 2º: brackets acondicionados con aplicación de una capa de primer en su malla. Todos los brackets fueron adheridos al esmalte utilizando ácido ortofosfórico al 33% (Mega Etch Gel MD), adhesivo monocomponente de fotopolimerización (Single Bond II 3M-ESPE) y composite fotopolimerizable (Transbond XT 3M Unitek). Ambos grupos fueron sometidos a fuerzas de cizallamiento o corte (normas ISO 9917/1 Europea) en la interface esmalte-bracket en una Máquina Universal de ensayos Instron.

Palabras clave: Adhesión; Fotopolimerización; Ortodoncia; Acondicionamiento del bracket; Fuerza de corte; Comparación.

2-Introducción / Presentación del Problema

2-Introducción / Presentación del Problema

La ortodoncia es la ciencia estomatológica, rama de la odontología, cuyo objeto es el estudio, prevención y corrección de las anomalías de posición de las piezas dentarias y las alteraciones entre la relación de los maxilares.

Etimológicamente, el término “ortodoncia” fue introducido por Defoulon en el año 1841 y deriva de los vocablos griegos “ortho” (recto) y “odontos” (diente), que traducen su propósito de alinear las irregularidades en las posiciones dentarias. ⁽¹⁾

La ortodoncia tiene como principal objetivo la normalización oclusal por medio del movimiento controlado de las piezas dentarias o el desplazamiento de los arcos dentarios, a fin de reestablecer las funciones del sistema estomatognático y la estética facial. ⁽¹⁾

El movimiento ortodóncico es el resultado de la aplicación de diferentes fuerzas a las piezas dentarias. Fuerzas producidas por aparatología colocada y activada por el profesional especializado.

Tanto las piezas dentarias como las estructuras de sostén asociadas a ellas, responden a las fuerzas que se les aplican con una reacción biológica compleja que tiene como resultado el movimiento del diente en el tejido óseo.

Desde el punto de vista físico, una “fuerza” es toda causa que produce modificación o anula el desplazamiento de un cuerpo rígido. ⁽²⁾

Una fuerza aplicada sobre las piezas dentarias, provoca procesos de reabsorción y neoformación ósea que posibilitan el movimiento dentario.

Las fuerzas utilizadas en ortodoncia pueden clasificarse en:

- Fuerzas biológicas: provienen del funcionamiento normal de los músculos del sistema estomatognático del paciente.
- Fuerzas no biológicas: son mecánicas, producidas por elementos rígidos o elásticos.
- Fuerzas mixtas: son las que combinan las biológicas y las mecánicas en forma simultánea o sucesiva. ⁽²⁾

Las fuerzas realizadas sobre las estructuras del sistema estomatognático no deben superar los límites fisiológicos del mismo para lograr reacciones biológicas que no produzcan daños irreversibles.

Gran parte de las fuerzas utilizadas para lograr los objetivos ortodóncicos, se transmiten a las estructuras dentarias por medio de la adhesión a ellas de diferentes aditamentos. ⁽²⁾

La adhesión es el estado por el que dos superficies, en este caso pieza dentaria y material ortodóncico, se mantienen unidas, y funcionando como unidad, mediante fuerzas o energías interfaciales basadas en mecanismos químicos, mecánicos o ambos con la mediación de un adhesivo. ⁽³⁾

Buonocore introdujo la técnica de grabado ácido en el año 1955 que consiste en la producción de porosidades en la superficie adamantina para favorecer la adhesión, y desde entonces comenzó a aplicarse en todo el campo de la odontología. ⁽⁴⁾

Newman, en el año 1965, fue el primero en lograr la adhesión de los brackets a las piezas dentarias. De allí hasta la actualidad, el desarrollo y perfeccionamiento de la técnica adhesiva representa uno de los principales avances en el campo de la ortodoncia.

Sin embargo, las fallas en la adhesión, con el consecuente desprendimiento del implemento adherido, ocurren frecuentemente en la especialidad y es una de las causas más comunes por las cuales se afecta el tiempo y la eficacia del tratamiento ortodóncico.

Fallas adhesivas que pueden deberse a fuerzas masticatorias y/o biomecánicas, poca retención de la base del bracket, sistema adhesivo insuficiente o técnica adhesiva incorrecta.

La base de los brackets juega un rol fundamental en la adhesión en ortodoncia ya que constituye una de las partes de la interface bracket-resina del sistema adhesivo.

La adhesión lograda entre los aditamentos ortodóncicos y las piezas dentarias debe soportar fuerzas de tracción y fuerzas de cizallamiento o corte.

Las fuerzas de tracción son provocadas por una carga que tiende a alargar o estirar un cuerpo y siempre provocan una deformación.

Las fuerzas de cizallamiento o corte, se consiguen por acción de una fuerza cortante tangencial a la superficie del cuerpo. ⁽²⁾

La adhesión no debe entenderse como la simple aplicación de un pegamento para unir dos superficies y en muchas ocasiones hay que realizar pretratamientos en las superficies a adherir antes de aplicar el adhesivo.

El método convencional para adherir brackets a las piezas dentarias, requiere 3 diferentes agentes: acondicionador de esmalte, adhesivo o primer y resina.

La preparación que debe recibir la pieza dentaria para poder adherirse a un aditamento ortodóncico no difiere si se utilizan sistemas adhesivos de autopolimerización o de fotopolimerización.

En cambio, la preparación del aditamento requiere una técnica diferente según el mecanismo de polimerización del sistema adhesivo utilizado: en sistemas de autopolimerización se coloca primer en la base del aditamento ortodóncico mientras que en los de fotopolimerización el aditamento no lleva acondicionamiento previo a la colocación de la resina adhesiva.

Esta diferencia predispone a variaciones en la técnica que llevan a colocar primer sobre la malla del aditamento ortodóncico al utilizar sistemas adhesivos de fotopolimerización.

De esta manera, algunos profesionales aplican adhesivo de fotopolimerización a la malla del aditamento considerando que esto favorece la adhesión del mismo al diente, mientras que otros prefieren no realizar en la malla del aditamento acondicionamiento alguno.

3-Definición de TIF

3-Definición de TIF

Experimental, comparativo y transversal.

4-Objetivos

4-Objetivos

4.1 Objetivo General

- Determinar si existe diferencia entre la resistencia adhesiva de brackets mediante acondicionamiento de su malla con primer y brackets sin dicho acondicionamiento al utilizar sistemas adhesivos de fotopolimerización.

4.2 Objetivos Específicos

- Determinar la resistencia adhesiva que presentan los brackets cementados al esmalte con acondicionamiento previo de su malla utilizando primer adhesivo de fotopolimerización.
- Determinar la resistencia adhesiva que presentan los brackets cementados al esmalte dental sin previo acondicionamiento de su malla con primer en sistemas adhesivos de fotopolimerización.
- Comparar la resistencia adhesiva entre los brackets cementados al esmalte dental con colocación previa de primer adhesivo de fotopolimerización en su malla y sin ella.

5-Diagnóstico

5-Diagnóstico

El propósito de este trabajo fue comprobar si la resistencia adhesiva, utilizando sistemas adhesivos de fotopolimerización, entre el aditamento ortodóncico y el esmalte dentario varía al aplicar o no primer a la malla del bracket en el proceso de cementado; ya que ambas maniobras son utilizadas en la práctica diaria por los ortodoncistas.

6-Marco Teórico

6-Marco Teórico

La adhesión es un aspecto fundamental al momento de realizar un tratamiento ortodóncico con aparatología fija, ya que logra contacto entre las partes y lo mantiene durante todo el tiempo de uso que requiera el conjunto para lograr los objetivos del tratamiento.

La adhesión se define como el estado en el que dos superficies se mantienen juntas mediante fuerzas o energías interfaciales basadas en mecanismos químicos, mecánicos o ambos con la mediación de un material. ⁽³⁾

El material que une las dos superficies recibe el nombre de *adhesivo*.

Las superficies a adherir se denominan *sustratos* o *adherentes* y el espacio virtual que existe entre las superficies unidas se llama *interface*. ⁽⁵⁾

Para conocer en profundidad la adhesión entre la pieza dentaria y el aditamento ortodóncico, es fundamental estudiar en detalle los sustratos a unir: esmalte dentario y base del bracket y los diferentes materiales dentales que se utilizan para tal fin.

6.1- Esmalte Dentario

El esmalte es la sustancia dura que recubre la corona de las piezas dentarias. Suele referirse a él como un tejido, aunque realmente no lo es porque no posee células, sino que es la secreción de células que desaparecen una vez que han finalizado su función. ⁽⁶⁾

Derivado del ectodermo y desarrollado a partir del órgano del esmalte, es una estructura cristalina compleja que cubre la corona anatómica de la pieza dentaria y se une con el complejo dentino-pulpar en el límite amelodentinario y con el cemento radicular en el límite amelocementario. (Fig. N° 1)

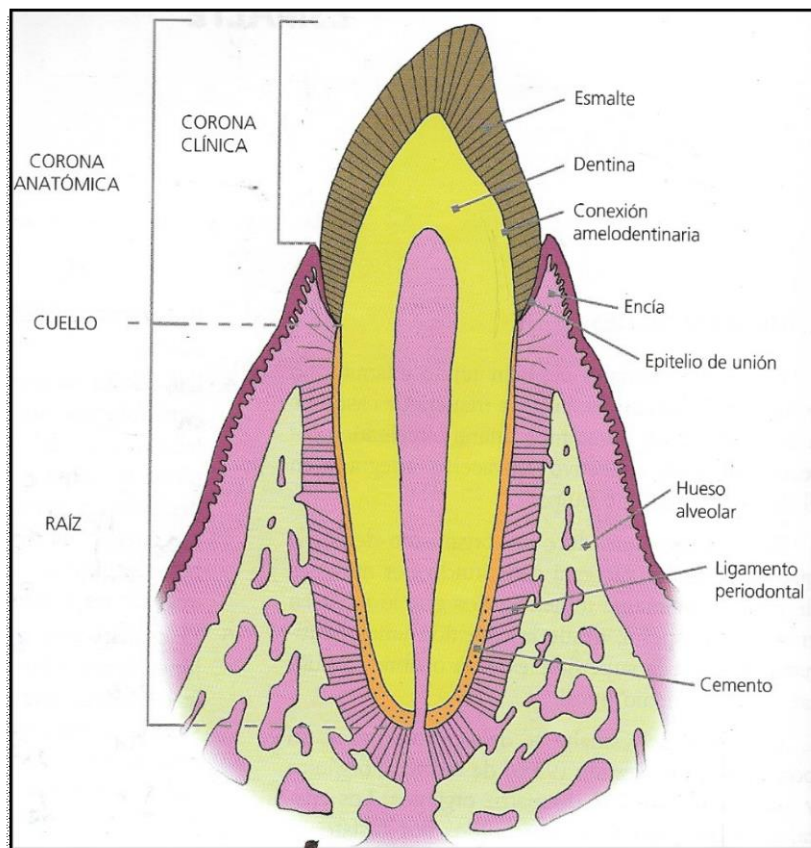


Figura N° 1. Tejidos Dentarios

Extraído de ⁽⁷⁾

6.1. A- Composición química del Esmalte dentario

Debido a su elevado contenido de sales minerales (95%) y a su baja concentración de sustancia orgánica (1 a 2%), el esmalte es el tejido calcificado de mayor dureza en el cuerpo humano. ⁽⁷⁾

En su composición química podemos diferenciar:

- Matriz inorgánica: formada por sales minerales básicas; principalmente de fosfato, carbonato y sulfato, y oligoelementos (potasio, flúor, magnesio, manganeso, hierro, cobre, etc.). ⁽⁷⁾

Las sales inorgánicas se depositan en la matriz del esmalte originando un proceso de cristalización que da como resultado la formación de cristales de hidroxiapatita que se distribuyen formando prismas de esmalte que constituyen la unidad estructural básica del tejido. ⁽⁷⁾

En la sustancia inorgánica del esmalte existen, también, componentes amorfos, carbonato de calcio, ubicados entre los cristales de hidroxiapatita y de los cuales aún se desconoce su función. ⁽⁶⁾

- Matriz orgánica: formada por componentes proteicos que constituyen un complejo sistema de multiagregados polipeptídicos.

Entre estas proteínas se destacan:

- ⊘ Amelogeninas: son proteínas hidrofóbicas del esmalte inmaduro y se encuentran en un 90% de la composición inicial del esmalte y localizadas entre los cristales minerales de la matriz inorgánica. Su función es mantener el espacio entre los prismas del esmalte en las etapas iniciales del desarrollo del tejido.
- ⊘ Enamelinas: se localizan en la periferia de los prismas formando las proteínas de cubierta. Representan el 2-3% de las proteínas de la matriz orgánica y son hidrofílicas.
- ⊘ Amelinas: representan el 5% del componente orgánico y se depositan en la periferia de los cristales en las capas superficiales del esmalte.
- ⊘ Esmalteinas: representan el 1-2% de la matriz orgánica del esmalte y se depositan en la unión amelodentinaria en el inicio de la formación del tejido.
- ⊘ Parvalbúminas: se encuentran en el ameloblasto secretor y se asocian al transporte de calcio del medio intracelular al extracelular.

Además de estas proteínas específicas, en la matriz orgánica del esmalte se encuentran proteínas séricas, enzimas y pequeñas cantidades de condroitín 4-sulfato, condroitín 6-sulfato y lípidos. ⁽⁷⁾

- Agua: representa el 4% de los componentes del esmalte y se ubica en la periferia de los cristales formando la “capa de hidratación”.

El porcentaje de agua en el esmalte disminuye progresivamente con la edad. ⁽⁷⁾

6.1. B- Estructura histológica del Esmalte

La estructura histológica del esmalte está constituida por la unidad estructural básica del tejido que es el “prisma del esmalte”, compuesto por cristales de hidroxiapatita, y por unidades estructurales secundarias⁽⁷⁾

Los prismas del esmalte son estructuras longitudinales de 4 um. de espesor que van desde la unión amelodentinaria hasta la superficie del esmalte aumentando su diámetro a medida que se aproximan a ella.

El número de prismas varía, de acuerdo al tamaño de la corona dentaria, entre 5 y 12 millones y siguen un trayecto ondulante para entrecruzarse logrando una estructura final más fuerte.

Los trabajos de Meckel, Griebstein y Neal (1965), establecieron que la sección transversal de los prismas es similar a un ojo de cerradura, pudiendo diferenciar dos partes en el mismo: una cabeza y una cola. La cabeza corresponde a la región más ancha y limitada por superficies convexas. Mientras que la cola es el extremo opuesto, mucho más delgado, y limitado por superficies cóncavas.

Los prismas se disponen con la cabeza hacia el extremo oclusal o incisal de la pieza dentaria y la cola hacia gingival, de manera tal que la cola de un prisma se ubica entre las cabezas de los prismas del estrato subyacente, constituyendo un sólido engranaje interprismatico. (Fig. N° 2 y Fig. N°3).

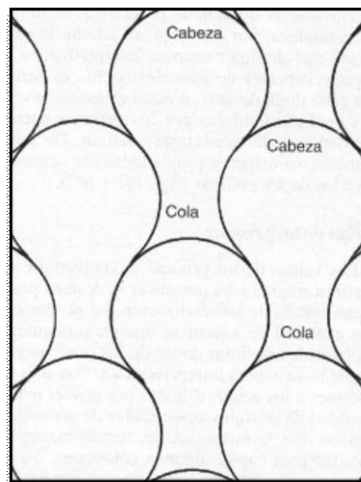


Figura N°2. Diagrama del engranaje de los prismas en un corte transversal.

Extraído de ⁽⁶⁾

Este sistema de engranaje entre los prismas, confiere al esmalte mayor resistencia, pues las cabezas soportan los choques de las fuerzas masticatorias y las colas las distribuyen y disipan. ⁽⁷⁾

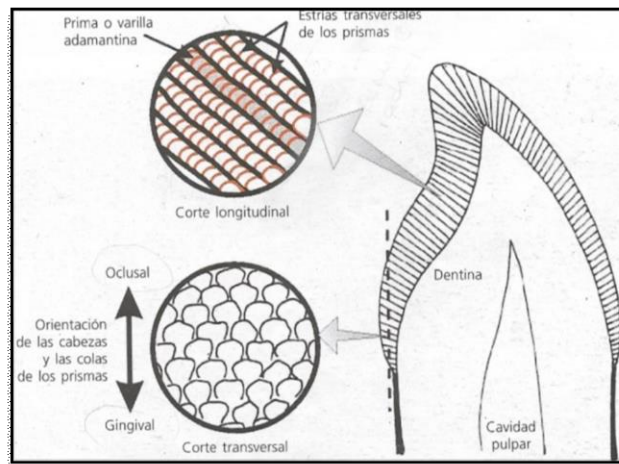


Figura N°3. Aspecto de los prismas al MO.

Extraído de ⁽⁷⁾

Los cristales de hidroxiapatita se distribuyen en el prisma de manera regular quedando los ejes mayores de los cristales paralelos al eje longitudinal del prisma en la región de la cabeza y se van inclinando, progresivamente, hasta quedar perpendiculares al prisma en su cola. (Fig. N°4)

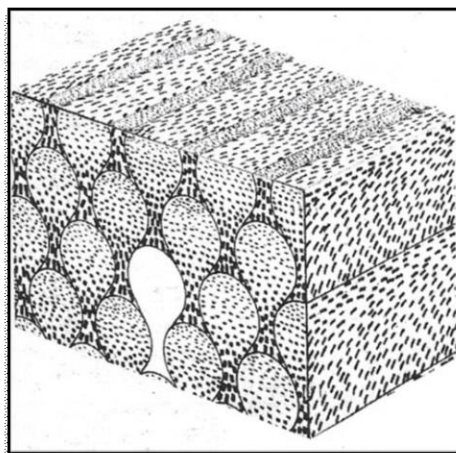


Figura N°4. Orientación de los cristales de hidroxiapatita en el interior de los prismas del esmalte.

Extraído de ⁽⁷⁾

Los prismas se organizan en planos circunferenciales alrededor del eje mayor del diente, llevando un recorrido ondulado de derecha a izquierda en el plano transversal de la pieza dentaria y hacia arriba y abajo en el plano longitudinal.

La orientación de los prismas ofrece un aspecto diferente según se trate de dientes primarios o permanentes. En las piezas dentarias temporarias, son horizontales en la región cervical y verticales en las cúspides; mientras que en los dientes permanente se observan inclinados hacia apical en la región cervical y verticales en las regiones cuspidas. (Fig. N°5)

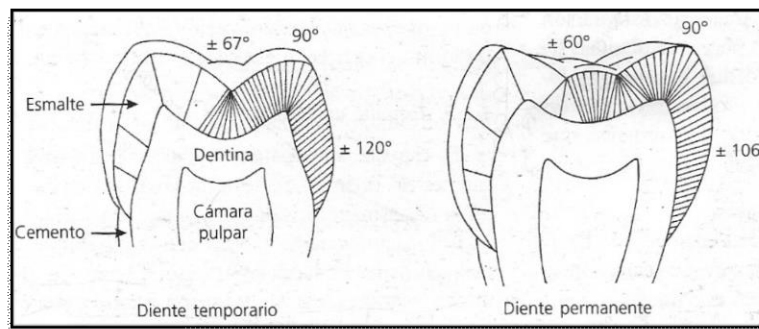


Figura N°5. Orientación de los prismas del esmalte.

Extraído de ⁽⁷⁾

Existe una parte del esmalte dentario que no posee prismas. Este esmalte aprismático se encuentra en la superficie externa del esmalte prismático de todos los dientes temporarios y del 70% de los permanentes, tiene un espesor aproximado de 30 a 100 μm , y representa un inconveniente clínico a la hora de realizar la técnica de grabado ácido, ya que no permite la formación de micro retenciones, exigiendo mayor tiempo de exposición al ácido grabador o la eliminación de la capa superficial de esmalte. ⁽⁷⁾

El esmalte dentario posee unidades estructurales secundarias, que son aquellas que se originan a partir de la primarias como resultado de cambios en el porcentaje de mineralización; cambios en el recorrido de los prismas; interrelación entre el esmalte y la dentina subyacente o la periferia medioambiental.

Entre estas estructuras secundarias del esmalte se destacan: ⁽⁷⁾

- Estrías de Retzius: son líneas de crecimiento incremental separadas por intervalos de 20 a 80 μm y más numerosas en la región cervical del esmalte. (Fig.N°6)

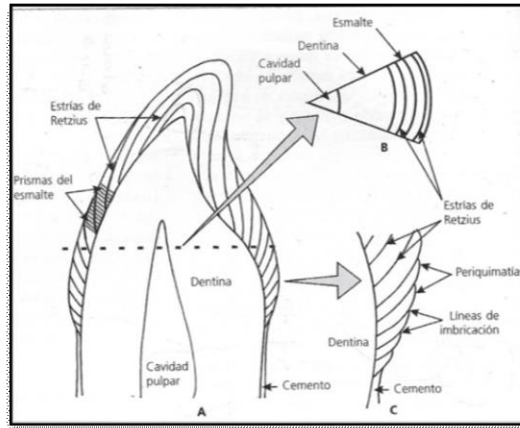


Figura N°6. A: Disposición de las Estrías de Retzius en un corte longitudinal. B: Estrías de Retzius en un corte transversal. C: Periquimatas y Líneas de Imbricación.

Extraído de ⁽⁷⁾

- Penachos de Linderer: grupos de prismas hipocalcificados desde la unión amelodentinaria en aproximadamente un tercio del grosor del esmalte. Son “fallas geológicas” en el tejido maduro. (Fig. N°7)

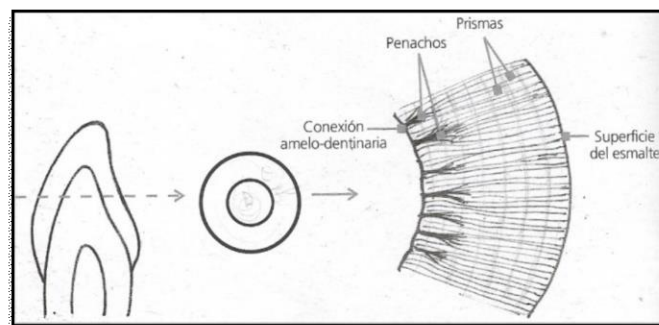


Figura N°7. Penachos de Linderer en un corte transversal del esmalte.

Extraído de ⁽⁷⁾

- Bandas de Hunter-Schreger: bandas claras y oscuras, de ancho variable y límites imprecisos que se observan en la parte más interna del tejido adamantino.
- Esmalte nudoso: en la zona de las cúspides de las piezas dentarias donde los prismas toman un recorrido ondulado formando nudos que aumentan la resistencia del tejido en la zona.
- Conexión Amelodentinaria: zona de relación entre el esmalte y la dentina constituida por pequeñas concavidades que le dan un aspecto festoneado al observarlo microscópicamente. (Fig. N°8)

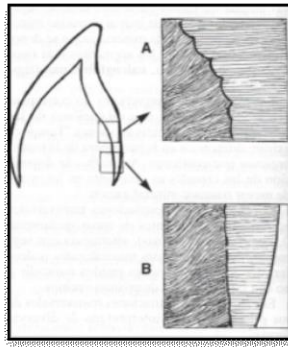


Figura N° 8. Aspecto de la conexión amelodentinaria a gran aumento en el M.O.

A: Festoneado. B: Liso.

Extraído de ⁽⁶⁾

- Husos adamantinos: prolongaciones de los odontoblastos que atraviesan el límite amelodentinario, en las primeras fases de la odontogénesis, y se calcifican. Se relacionan con la transmisión de estímulos.
- Líneas de imbricación de Pickerill: surcos poco profundos en la superficie del esmalte de la zona cervical de la corona dentaria. (Fig. N°6)
- Periquimatías: rodetes transversales observados en la superficie del esmalte entre las líneas de imbricación de Pickerill. (Fig. N°6)
- Fisuras o surcos del esmalte: invaginaciones de morfología y profundidad variables en la superficie del esmalte de molares y premolares.

Se describen tres tipos morfológicos de fisuras: en “V”, en “I” y en “Y”. (Fig. N°9)

Las paredes de esmalte de las fisuras presentan cierto grado de hipocalcificación.

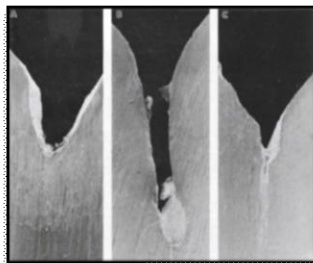


Figura N° 9. A: Fisura tipo “V” B: Fisura tipo “I” C: Fisura tipo “Y”.

Extraído de ⁽⁷⁾

6.1.C- Propiedades físicas del Esmalte

- Dureza: es la resistencia superficial de una sustancia a ser rayada o a sufrir deformaciones por presión. ⁽⁷⁾

El esmalte dental es duro debido a su alto contenido mineral y se encuentra en un rango de 3 a 6 GPa, 200 a 500 Knoop y 8 en la escala de Mohs. ⁽⁷⁾

El esmalte llega a soportar fuerzas de hasta 150 Kg y su dureza disminuye desde la superficie hacia la unión amelodentinaria. ⁽⁷⁾

- Elasticidad: depende de la cantidad de agua y sustancia orgánica por eso es una propiedad muy baja en el esmalte. Ésto lo convierte en un tejido frágil que necesita un tejido subyacente, como la dentina, con alta resistencia compresiva y cierta resiliencia. ⁽⁷⁾

- Color y transparencia: el esmalte es un tejido translúcido cuyo color varía de blanco amarillento, en las zonas de menor grosor (región cervical), a blanco grisáceo en las zonas donde el grosor de tejido es mayor (cúspides dentarias).

El color del esmalte depende de los tejidos subyacentes, especialmente la dentina.

La transparencia se relaciona proporcionalmente con el grado de mineralización del tejido. ⁽⁷⁾

- Permeabilidad: es extremadamente escasa, pudiendo actuar el esmalte como una membrana semipermeable que permite difusión de agua y algunos iones del medio bucal. ⁽⁷⁾

- Radiopacidad: es la oposición al paso de los rayos Roentgen y es muy alta en el caso del esmalte por su alto grado de mineralización. ⁽⁷⁾

6.2- Materiales que intervienen en la adhesión en ortodoncia

Los materiales pueden ser clasificados, según la materia o átomos que los componen en: materiales **metálicos**, materiales **cerámicos** y materiales **orgánicos**.

Existen también, materiales que combinan en su estructura materia de dos tipos, se habla entonces de materiales **combinados** y se utiliza para denominarlos el término “*composite*”.⁽⁸⁾

La presencia de átomos diferentes en cada uno de estos materiales, hace que las condiciones y fuerzas para relacionarse entre ellos sea distinta, obteniendo así, características totalmente diferentes en cada uno de los materiales.⁽⁸⁾

▪ **Materiales metálicos**

Existen en la naturaleza, centenares de átomos diferentes que por tener algunas características en común se agrupan entre sí para su estudio en: átomos metálicos y átomos no metálicos.

Los materiales formados por átomos metálicos, reciben el nombre de **materiales metálicos**.⁽⁸⁾

▪ **Materiales cerámicos**

Están formados por elementos metálicos y no metálicos.

Existen tantos materiales cerámicos como combinaciones posibles entre los dos tipos de elementos de la naturaleza, cada una de esas combinaciones puede tener diferentes formas de ordenamiento estructural que dará lugar a diferentes propiedades de los materiales que conformen.⁽⁸⁾

En muchos casos, los materiales cerámicos tienen una estructura cristalina como la de los metales pero, a diferencia de estos, el reticulado está compuesto por aniones y cationes sin que haya electrones libres, ya que estos son compartidos por covalencia o cedidos para formar uniones iónicas.⁽⁸⁾

▪ Materiales orgánicos

El átomo preponderante en los materiales denominados orgánicos es habitualmente el Carbono y, en algunos, el Silicio. ⁽⁸⁾

Estos elementos pueden unirse con átomos iguales y/o con los de otros elementos por medio de uniones covalentes para formar moléculas. Para poder obtener un sólido, estas moléculas deberán unirse, hecho que los diferencia de los materiales metálicos y cerámicos en los cuales el estado sólido se consigue al unirse los átomos.

Las moléculas dentro de los sólidos orgánicos pueden ordenarse constituyendo algo similar a un reticulado espacial, pero sin seguir un patrón constante y definido, formando estructuras con un reducido tipo de ordenamiento (mesomorfas). ⁽⁸⁾

Los materiales orgánicos naturales de mayor utilidad en la odontología son las ceras. Sin embargo, el campo de acción de estos materiales ha aumentado ampliamente gracias al desarrollo de materiales *orgánicos sintéticos*, que son aquellos que tienen las características básicas de los materiales orgánicos pero se obtienen a partir de moléculas conformadas en un laboratorio y no de moléculas naturales. ⁽⁸⁾

Los materiales orgánicos sintéticos pueden obtenerse a partir de moléculas pequeñas (monómeros), que se encuentran en estado líquido o gaseoso, que logran unirse para formar otras más grandes (polímeros), que tienen estado sólido. ⁽⁸⁾

El proceso de transformación de monómeros en polímeros se conoce como *polimerización*. El grado de polimerización dependerá de la cantidad de moléculas que se hayan unido para formar cada molécula del polímero, a mayor cantidad de moléculas por molécula de polímero, mayor grado de polimerización y, en consecuencia, propiedades más elevadas del material resultante. ⁽⁸⁾

Si la unión de moléculas se da en una única dirección, se obtiene un polímero con *estructura espacial lineal*. (Fig. N°10)

Si la unión de monómeros se produce de manera que se logran zonas de crecimiento laterales a partir de la cadena principal, hablamos de polímeros con *estructura espacial ramificada*. (Fig. N°10)

Si las cadenas de polímeros se unen transversalmente en algunas zonas se obtienen polímeros con *estructura espacial de cadenas cruzadas*. (Fig. N°10)

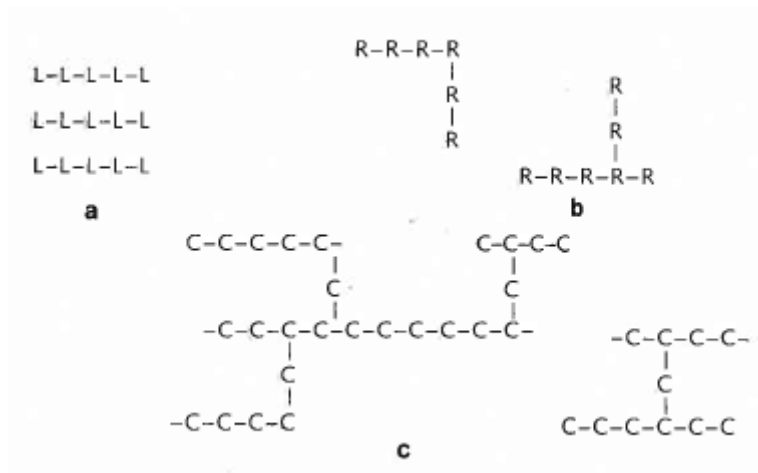


Figura N°10. Esquema de estructuras poliméricas. Estructura espacial lineal (a); Ramificada (b) y de cadenas cruzadas (c).

Extraído de ⁽⁸⁾

Las diferencias en la estructura espacial de los polímeros se traducen en diferentes propiedades de los materiales obtenidos con ellos.

Los polímeros con estructura espacial lineal, tienen bajas propiedades mecánicas y al calentarlos se ablandan fácilmente por esto se consideran materiales termoplásticos.

Los polímeros de estructura ramificada, tienen más elevadas propiedades mecánicas y una mayor dificultad para ser ablandados por el calor. ⁽⁸⁾

Materiales Combinados (Composites)

Hablamos de materiales combinados cuando una fase netamente diferenciada se incorpora a un sistema.

La incorporación de una nueva fase a una estructura se hace, generalmente, para otorgarle al material original algunas propiedades que no posee.

Los materiales combinados más utilizados en nuestra práctica son los orgánicos con agregado de estructuras cerámicas.

Los materiales orgánicos, por su rigidez, no tienen propiedades mecánicas elevadas ni estabilidad dimensional ante los cambios térmicos. Al incorporarles una fase cerámica se obtiene un conjunto mejorado mecánica y dimensionalmente sin perder las valiosas ventajas del material orgánico: resistencia al impacto, translucidez, facilidad para colorearse y para manipularse, entre otras.

Las partículas cerámicas más utilizadas como refuerzo de materiales orgánicos son las de sílice o silicatos.

Las partículas cerámicas deben ser tratadas para que se unan a la matriz orgánica con sustancias denominadas “agentes de enlace”. El agente de enlace más utilizado es un Vinil-Silano, que posee silicio que se une a la partícula cerámica reforzadora. El agente de enlace posee, también, un grupo vinílico cuyas dobles ligaduras se abren en el proceso de polimerización y se unen a las cadenas del polímero. ⁽⁸⁾

6.3 -Propiedades de los materiales

La estructura de la materia que compone los materiales, condiciona sus características. Estas características se denominan *Propiedades* y se estudian para analizar cómo reacciona o se comporta cada material ante diversos agentes.

Si el agente al que se somete el material es un agente físico, hablamos de **propiedades físicas**.

Dentro de ellas se encuentran las **propiedades mecánicas**, estudiadas cuando el material se somete a la acción de fuerzas.

Si el material se somete a la acción de un agente químico, nos referimos a **propiedades químicas**.⁽⁸⁾

Es fundamental el conocimiento y estudio preciso de las propiedades de los materiales dentales, para poder anticipar si determinado material va a ser útil o no para la situación clínica que se quiere conseguir y si con él pueden lograrse mejores resultados que con otros.

Las propiedades físicas y químicas se estudian en todos los materiales utilizados en ciencia y técnica, a los usados en odontología debe sumarse el estudio de cómo reaccionarán los tejidos del sistema estomatognático a su presencia y cómo se comportará el material al estar expuesto a un medio biológico.⁽⁸⁾

Hay dos tipos de reacciones de tipo biológico que deben evitarse:

- Reacciones inmunológicas: reacción que se produce en el organismo por la simple presencia del elemento desencadenante y que puede manifestarse en una amplia gama desde una simple afección del tejido epitelial hasta afecciones más severas en el resto del organismo.
- Reacciones tóxicas: para que se produzcan el elemento desencadenante debe ser vehiculado para incorporarse al medio interno. De esta manera, un material que contiene componentes tóxicos puede no producir reacción tóxica si estos componentes no son liberados e incorporados al organismo.⁽⁸⁾

6.3. A- Propiedades Físicas

Las propiedades físicas de los materiales dependen de la materia de la que están formados.

- Densidad: es la cantidad de materia por unidad de volumen y está relacionada con el núcleo de los átomos que forman la materia porque en él se encuentran los protones y neutrones (masa). También está relacionada con la distancia entre los átomos o las moléculas determinada por el tipo de unión química entre ellos. ⁽⁵⁾

La densidad es una propiedad mensurable cuya unidad de medida más común es el *gramo/centímetro cúbico (g/cm³)*. ⁽⁵⁾

- Propiedades ópticas: relacionadas con la posibilidad de un material de absorber la energía de las radiaciones electromagnéticas. ⁽⁵⁾

La posibilidad de que una radiación sea absorbida o no, está dada por la estructura de la materia sobre la que incide y por la longitud de onda de esa radiación. ⁽⁵⁾

Cuando la luz que no es absorbida puede atravesar la materia sin más alteración que la refracción que se produce al pasar la radiación de un medio a otro de diferente densidad, hablamos de un material *transparente*. ⁽⁵⁾

Cuando la radiación de luz no absorbida se modifica en su recorrido, estamos ante un material *transparente* o, aún, *opaco*. ⁽⁵⁾

Cuando la materia absorbe solo una parte de las radiaciones que constituyen la luz y la otra parte la transmite o refleja, el cuerpo adquiere un determinado *color*. ⁽⁵⁾

Cuando las radiaciones son absorbidas y luego transmitidas o reflejadas con una longitud de onda mayor que la que incide, hablamos de un cuerpo *luminiscente*, que tiene la capacidad de ser visto por el ojo humano aunque incida sobre él una radiación no visible. ⁽⁵⁾

- Propiedades eléctricas: la estructura electrónica de la materia es la responsable de que un material pueda absorber o no energía eléctrica.

Los materiales metálicos, por tener electrones libres, son conductores eléctricos, mientras que los materiales cerámicos y orgánicos se comportan como aislantes eléctricos.

- Propiedades térmicas: es importante considerar si un material conduce la energía o no y cuánta energía absorbe (calor específico). Analizando estas características, se tendrá una idea de la capacidad aislante de un material. ⁽⁵⁾

Ante dos materiales diferentes con igual conducción térmica, será mejor aislante térmico el que mayor cantidad de esta energía absorba.

Es importante también conocer los cambios dimensionales que determina la energía térmica absorbida por un material, estos cambios estarán determinados por el grado de variación de la temperatura; por las medidas del cuerpo y por el coeficiente de variación térmica del material que está definido por su composición y estructura. Este coeficiente representa la variación de longitud que experimenta una unidad de material por cada grado de variación de temperatura. ⁽⁵⁾

Estos valores, deben conocerse y considerarse al utilizar materiales para situaciones clínicas en las que deban ser sometidos a variaciones significativas de temperatura.

Los materiales orgánicos tienen un mayor coeficiente de variación térmica que los cerámicos y los metálicos. ⁽⁵⁾

Existen diferentes propiedades físicas de los elementos a unir que influyen en la adhesión:

- Energía y tensión superficial: todos los átomos que componen un cuerpo se encuentran atraídos, y atraen a su vez a los átomos de alrededor, por medio de fuerzas electrostáticas. La compensación de unas fuerzas con otras hace que el interior de la masa se encuentre en equilibrio. Los átomos que quedan en la superficie, al estar rodeados por otros átomos sólo de un lado, quedan con fuerzas sin compensar y, por lo tanto, tienen energía libre, no compensada, en la superficie. En los sólidos, esta energía se denomina *energía superficial*; y en los líquidos, *tensión superficial*. ⁽⁵⁾

Esta energía o tensión superficial permite que las superficies a unir se atraigan entre sí.

Es fundamental tener en cuenta que para que se manifieste la energía superficial, la superficie no debe estar contaminada. Basta una capa contaminante de material orgánico, incluso de humedad, para

impedir que la energía superficial se manifieste y pueda lograrse la adhesión, especialmente si se la busca por medios químicos. ⁽⁸⁾

- Humectancia: es la capacidad que tiene un líquido de mojar un sólido. Depende directamente de las energías superficiales de los sustratos, ya que la tensión superficial tiende a mantener al líquido en forma de gota y la energía superficial del sólido tiende a que se extienda.

A mayor humectancia mayor capacidad del líquido para extenderse en el sólido, es decir, mayor capacidad del líquido de mojar al sólido.

La humectancia se mide considerando el ángulo formado entre una tangente a la gota de líquido y la superficie del sólido, a mayor ángulo menor extensión de la gota, es decir, menor humectancia. ⁽⁸⁾ (Fig.Nº11)

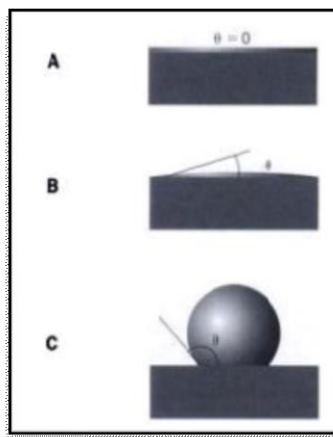


Figura Nº11. Ángulo de Humectancia. A: Cuando es 0° el líquido se esparce completamente sobre el sólido.

B: Ángulo pequeño en sólidos ligeramente contaminados. C: Ángulo mayor a 90° humectación escasa.

Extraído de ⁽⁵⁾

- Capilaridad: es el fenómeno por el cual un líquido tiende a introducirse en un tubo de pequeño diámetro al ponerse en contacto con él.

La capilaridad está directamente relacionada a la tensión superficial, cuanto menor sea ésta, mayor será la primera. ⁽¹²⁾

6.3. B- Propiedades Mecánicas:

Se conoce como propiedades mecánicas al comportamiento de la estructura interna de los materiales ante la acción de fuerzas externas en ellos. ⁽⁸⁾

Conocer las propiedades mecánicas de los materiales tiene mucha importancia, ya que las deformaciones bajo cargas en las partes del sistema adhesivo, pueden ser motivo de pérdida de adhesión si no son acompañadas por el adhesivo y/o por las otras partes del sistema. ⁽⁸⁾

Las fuerzas (energía mecánica) al actuar sobre un material, pueden modificar la distancia, o romper la unión entre sus átomos o moléculas. Éstos, tienden a mantener constante su ubicación y distancia entre ellos gracias a fuerzas de cohesión (uniones) que así lo condicionan. Cada vez que una fuerza actúa sobre el material, se producen fuerzas internas entre los átomos o moléculas, **tensión**, que se oponen a la acción de las fuerzas externas. ⁽⁸⁾

Cuando las fuerzas externas son lo suficientemente grandes para superar la tensión interna del material, se producirá la ruptura del mismo. La tensión máxima que puede soportar un material, se conoce como **resistencia**, y está determinada por la uniones químicas internas entre átomos y moléculas. ⁽⁸⁾

Tipos de tensiones y resistencias: según la dirección en la que actúan las fuerzas sobre un material, pueden diferenciarse tres tipos principales de tensiones y resistencias. (Fig. N° 12).

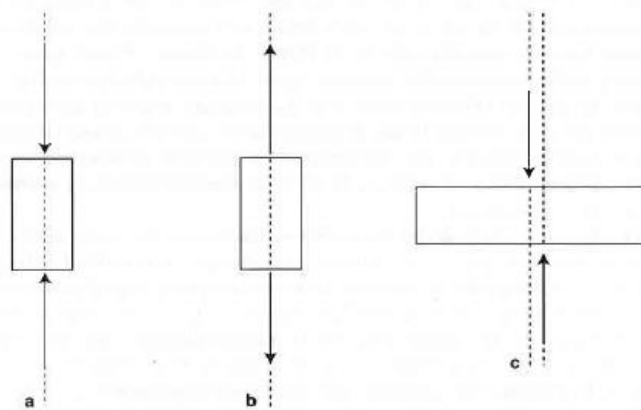


Figura N°12. Tipos de tensiones y resistencias. Pares de fuerzas que inducen tensiones compresivas (a), traccionales (b) y tangenciales o de corte (c).

Extraído de ⁽⁸⁾

- Compresivas: cuando actúan dos fuerzas externas de igual dirección y sentido contrario sobre una misma recta que tienden a disminuir la longitud del cuerpo, inducen dentro del mismo *tensiones compresivas*.

Para estudiar la tensión máxima que ese cuerpo podrá soportar, se habla de *resistencia compresiva* o *resistencia a la compresión*.⁽⁸⁾

- Traccionales: cuando actúan dos fuerzas de igual dirección y sentido contrario, sobre una misma recta, que tienden a aumentar la longitud del cuerpo, se inducen *tensiones traccionales* dentro del mismo.

La resistencia estudiada en esas condiciones, se denomina *resistencia traccional* o *resistencia a la tracción*.⁽⁸⁾

- Tangenciales o de corte: cuando actúan fuerzas externas en sentido contrario pero no en igual dirección, sino en direcciones próximas y paralelas, tienden a producir un desplazamiento de un sector del cuerpo con respecto al otro, es decir, un corte.

Las tensiones que acompañan este proceso se denominan *tensiones tangenciales* o *tensiones de corte*.

La resistencia en estas condiciones se conoce como *resistencia tangencial* o *resistencia al corte*.⁽⁸⁾

6.4- Base del bracket

Los brackets son dispositivos ortodóncicos que, al fijarse a las piezas dentarias, dirigen los movimientos que en ellas se producen al someterse a la acción de diferentes fuerzas. ⁽³⁾

En la fabricación de brackets se utilizan diferentes materiales: metálicos, cerámicos, orgánicos o combinaciones de éstos. ⁽⁸⁾

Brackets Metálicos:

Son dispositivos ortodóncicos formados por materiales metálicos.

La metalurgia es el arte y la ciencia que se ocupa de la preparación y aplicación de los materiales metálicos y se reconocen en ella tres ramas:

- *Metalurgia química:* se ocupa de los procesos de obtención de metales a partir de productos encontrados en la naturaleza. ⁽⁸⁾
- *Metalurgia física:* estudia la naturaleza, estructura y propiedades de los materiales metálicos, así como los mecanismos mediante los cuales pueden variarse esas propiedades.
- *Metalurgia mecánica:* estudia los métodos para dar forma a los metales. Entre los que se destacan la obtención de cuerpos metálicos por volcado del material líquido y posterior solidificación en un molde (*colada*) y la obtención de formas metálicas por deformación mecánica, golpes, dobleces, etc. (*forjado*). ⁽⁸⁾

6.4.A- Propiedades de los Materiales Metálicos

- *Densidad*: elevada. Casi todos los materiales metálicos son sólidos a temperatura y presión normales.

Esto se debe a que los átomos que los componen están firmemente unidos entre sí por un tipo de enlace llamado *enlace metálico*.⁽⁸⁾ (Fig. N° 13).

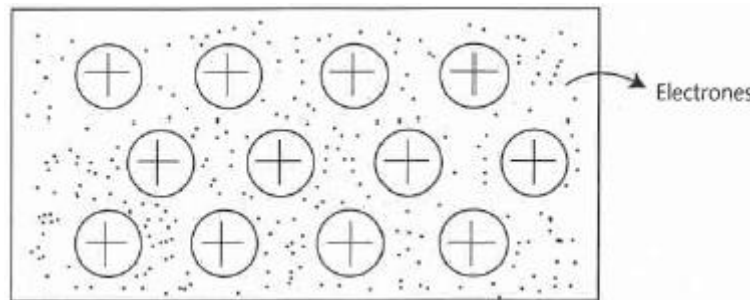


Figura N° 13. Esquema de enlace metálico y nube electrónica.

Extraído de⁽⁸⁾

El enlace metálico se forma gracias a que los átomos metálicos tienden a perder electrones de sus órbitas más externas (electrones de valencia), para lograr que la órbita más lejana al núcleo atómico quede completa de electrones.

Los electrones liberados quedan libres entre todos los átomos y son compartidos por ellos permitiendo que se unan. A estos electrones libres se les da el nombre de *nube electrónica*.⁽⁸⁾

- *Opacidad*: alta, por presentar una nube electrónica en su estructura.
- *Conductibilidad térmica y eléctrica*: buena, por tener estructura con nube electrónica. Disminuye al tratarse de aleaciones y no metales puros.
- *Propiedades mecánicas*: a igual composición de un metal, o una aleación, mayor resistencia tendrá cuanto menos sea el tamaño del grano cristalino que compone su estructura.⁽⁸⁾

6.4. B- Fabricación de los brackets metálicos

Hay dos maneras de fabricar brackets metálicos:

- *Fundidos*: están hechos a inyección y son más exactos en su estructura.
- *Maquinados*: realizados a partir de un bloque de acero inoxidable al que se le da forma por fresado.⁽³⁾

6.4. C- Partes de los brackets metálicos

Un bracket está formado por diferentes partes: (Fig.Nº14)

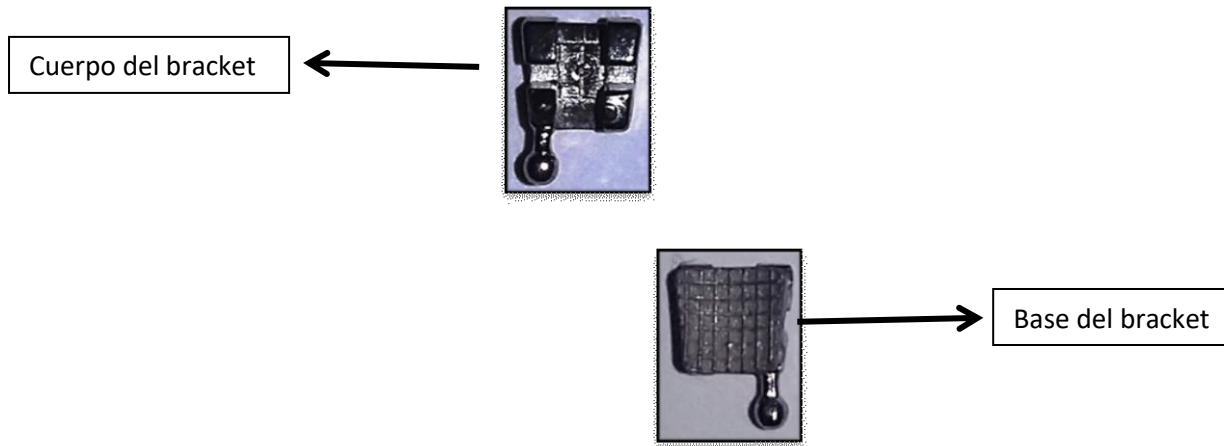


Figura Nº14. Partes del bracket.

Foto de la autora.

1. *Cuerpo*: conformado por (Fig.Nº15)

- Aletas: Generalmente son 4, dos oclusales y dos gingivales, y se utilizan para soportar alambres, elásticos, y demás aditamentos.
- Slot: canaleta horizontal ubicada en el centro del cuerpo del bracket que sirve para recibir al arco.
- Hook: Utilizado para sostener aditamentos.

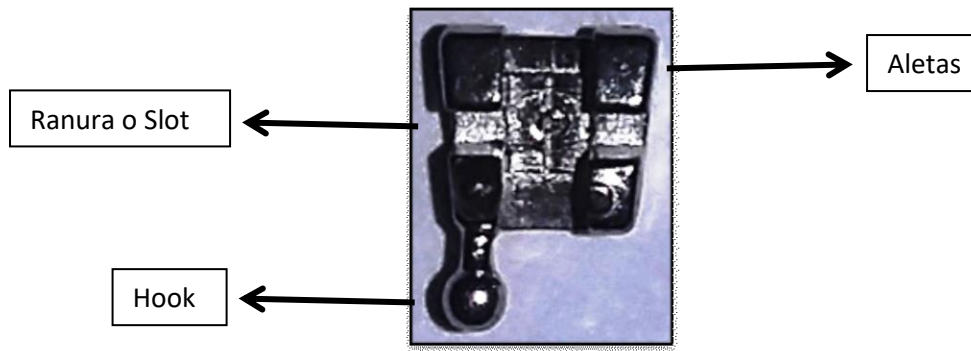


Figura N°15. Partes del cuerpo de un bracket.

Foto de la autora.

2. *Base:* presenta en su parte externa un área de retención mecánica constituida por una micromalla soldada a dicha base, o bien por surcos y cavidades troqueladas o fotograbadas. ⁽¹⁾

Esta área de retención, generalmente denominada malla, es mediante la cual se adhiere el bracket a la pieza dentaria. (Fig.N°16)

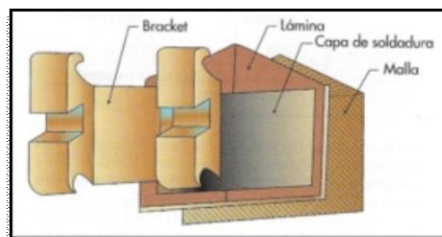


Figura N°16. Base de un bracket.

Extraído de ⁽⁴⁾

Existen en el mercado diferentes tipos de malla en los brackets:

- Malla mecánica simple: muescas talladas en la base del bracket. (Fig. N°17)

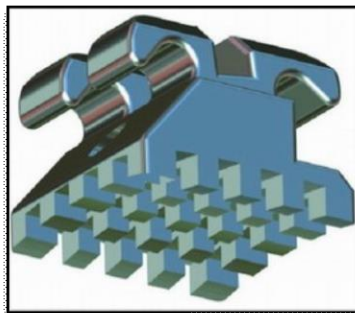


Figura N°17. Malla mecánica simple.

Extraído de ⁽⁹⁾

- Malla simple: soldada al bracket, presenta mayor retención que la mecánica simple.
- Súper malla: base de tecnología avanzada que emplea tres capas de mallas firmes superpuestas y soldadas que proporcionan una óptima fuerza de adhesión. (Fig.N°18)



Figura N°18. Bracket con súper malla.

Extraído de <http://m.spanish.china-dental-supply.com>

6.5- Adhesión

Se entiende por adhesión a cualquier mecanismo que permita que dos partes se mantengan en contacto.

Idealmente la adhesión no debe limitarse a evitar el desprendimiento de un elemento sino que debe producir una integración y continuidad entre él y el tejido dentario que les permita funcionar como unidad.⁽¹⁰⁾

La adhesión puede ser química, mecánica o una combinación de ambas.⁽⁵⁾

- *Adhesión química o específica:* se produce por la reacción química entre dos superficies y puede darse por: enlaces primarios, por unión de átomos por los electrones libres de sus últimas capas; enlaces secundarios, por un desequilibrio entre átomos de una molécula (fuerzas de Van der Wals).

- *Adhesión mecánica o física:* se logra por una traba entre dos superficies, es decir, las partes se mantienen en contacto por la penetración de una de ellas en las irregularidades que presenta la superficie de la otra.⁽⁸⁾

Puede diferenciarse en: *adhesión macromecánica*, que se produce por modificación de la estructura dental con instrumental odontológico; y *adhesión micromecánica*, que se da a causa de la modificación del tejido dentario que permite la posterior penetración de un agente químico imprimador que se endurece en los poros creados logrando la microtraba.⁽¹¹⁾

Sea cual fuere el mecanismo de adhesión utilizado, es imprescindible lograr previamente una correcta adaptación entre las partes a unir. Adaptación muy importante en la adhesión mecánica, para que penetre una parte en otra, y, más importante aún en la adhesión química, ya que es necesario un íntimo contacto para que se produzcan las reacciones interatómicas o intermoleculares que permiten la formación de uniones químicas.⁽⁸⁾

La odontología adhesiva tiene sus orígenes en el año 1955 cuando Buonocore, dentista y científico, relató que la resina autopolimerizable metacrilato de metilo podía ser unida de manera duradera al esmalte dentario acondicionado químicamente con anterioridad.⁽¹⁶⁾

Generalmente, las superficies a adherir en el medio bucal no son satisfactorias, por ello, es común prepararlas mecánica o químicamente para que se eleve su energía superficial y/o para que se produzcan en ellas irregularidades que posibiliten la adhesión mecánica. ⁽⁸⁾

Hay que tener en cuenta, que una adecuada superficie debe complementarse con el uso de un adhesivo sobre ella, por lo tanto, son importantes también, las condiciones que debe reunir el material a utilizar para la adhesión. ⁽⁸⁾

Si en la superficie es importante la energía superficial, en el material es importante que la tensión superficial sea baja para que pueda ser atraído con facilidad hacia la superficie, y debe complementarse con una baja viscosidad, que le permita fluir libremente sobre ella para lograr la necesaria adaptación. ⁽⁸⁾

Dicha adaptación, debe conservarse durante y después de la transformación del adhesivo del estado líquido al sólido y, para que esto suceda, el adhesivo debe endurecer con escasa o nula contracción, meta prácticamente imposible de alcanzar. ⁽⁸⁾

Es importante para mantener la adhesión lograda, que el sistema no experimente elevados cambios dimensionales térmicos, ya que si una de las partes se contrae mucho al disminuir la temperatura puede generar tensiones en la interface con el adhesivo o entre éste y la superficie. ⁽⁸⁾

Los sistemas adhesivos utilizados en odontología, están compuestos básicamente por 3 componentes:

A- Grabador: ácido cuya función es desmineralizar la hidroxiapatita para crear irregularidades superficiales en el tejido. ⁽¹⁴⁾

La solución ácida a utilizar, debe tener suficiente actividad para ejercer su acción en un lapso de tiempo breve para que pueda ser compatible con el trabajo clínico. Al mismo tiempo, su acción debe poder controlarse para evitar el daño exagerado a la estructura dentaria. ⁽⁸⁾

B- Primer o adhesivo: componente que mejora la humectancia de la superficie para favorecer la adhesión. ⁽¹³⁾

Para lograr este objetivo, debe estar compuesto por moléculas de tipo vinílico (con dobles ligaduras) para que, con la acción de un iniciador apropiado, se produzca una reacción de polimerización por adición (por apertura de las dobles ligaduras) y la consiguiente transformación.

Además, para que el sólido final permanezca estable en la cavidad bucal, es frecuente que las moléculas utilizadas tengan no una sino dos dobles ligaduras. Así, la polimerización se hace a cadenas cruzadas y se obtiene un material orgánico termofijo. ⁽⁸⁾

Debe contener también, para poder generar la reacción de polimerización, una sustancia capaz de iniciar dicho proceso (*iniciador*) y otra capaz de favorecer que se produzca de manera rápida y eficaz (*activador*). ⁽⁸⁾

C- Cemento adhesivo: resina sin relleno, o con relleno en cantidades mínimas, a la cual se le agregan partículas hidrofílicas. ⁽¹⁴⁾

6.6- Adhesión de resinas al esmalte

El presente trabajo busca medir la adhesión de los aditamentos ortodóncicos al esmalte dentario, por tal motivo, se desarrollarán con mayor profundidad conceptos sobre el tema.

El estudio histológico del esmalte, nos muestra que es un tejido representado, casi en su totalidad, por una estructura de cristales de hidroxiapatita que se orientan formando una imagen de prismas o varillas con forma de “ojo de cerradura”.⁽⁸⁾

La hidroxiapatita es un compuesto de iones de fosfato y calcio junto con grupos hidroxilo que forma cristales de naturaleza iónica.⁽⁸⁾

Las uniones iónicas denotan un sólido con elevada energía superficial que le permitirá atraer hacia sí un líquido, situación muy favorable para la técnica adhesiva.⁽⁸⁾

Sin embargo, en la cavidad bucal la superficie adamantina no se encuentra con energía superficial elevada manifiesta, ya que está contaminada con iones incorporados del medio bucal (carbonato, fluoruro, etc.) y recubierta con una película orgánica.⁽⁸⁾

Para liberar al esmalte de esta contaminación y permitir que se exprese su energía superficial, debe realizarse una limpieza del mismo. Limpieza que deberá ser mecánica, en primera instancia, y química luego.

- *Limpieza mecánica*: mediante uso de abrasivos en polvo, pasta o cualquier técnica equivalente que permita eliminar la película orgánica.
- *Limpieza química*: es el procedimiento necesario para eliminar la capa contaminada de esmalte. Se realiza con sustancias ácidas capaces de disolver la hidroxiapatita de la superficie adamantina y dejar expuesto un esmalte limpio y con la energía superficial alta para atraer una resina en estado líquido.⁽⁸⁾

La solución acuosa de ácido fosfórico, ha demostrado ser la más conveniente para tratar el esmalte que no ha sido trabajado mecánicamente con instrumental rotatorio o de mano.⁽⁸⁾

La superficie adamantina obtenida luego del tratamiento con ácido, no sólo estará limpia, sino que tendrá irregularidades dentro de las cuales penetrará una resina líquida permitiendo la adhesión mecánica de ella al esmalte.⁽⁸⁾

Las resinas combinadas endurecen por medio de un proceso de polimerización, y cualquier reacción de este tipo determina una contracción volumétrica, ya que el espacio que ocupan las moléculas en estado líquido es mayor que el que ocuparan una vez que se han unido para formar un polímero. ⁽⁸⁾

Esta contracción de polimerización, genera una fuerza que tiende a separar al composite de la superficie sobre la que fue aplicado. ⁽⁸⁾

Esta fuerza de separación hace que sea necesario conocer cuál es el valor de la resistencia adhesiva necesaria para alcanzar el éxito clínico. ⁽⁸⁾

Conceptualmente se puede decir que el valor necesario es uno que sea superior a la tensión máxima que puede llegar a generarse en la interface adhesiva. ⁽⁸⁾

Esas tensiones en la interface se generan, en primera instancia, cuando se produce la polimerización del material produciendo contracción y tendencia a la separación del composite de la superficie sobre la que fue aplicado. ⁽⁸⁾

Que esa separación se produzca o no depende del valor de adhesión conseguido y de la posibilidad de que la zona de adhesión disipe las tensiones que tienden a producir la separación. ⁽⁸⁾

Con los sistemas adhesivos utilizados en la práctica odontológica actualmente, y teniendo en cuenta las condiciones necesarias para lograr una correcta técnica adhesiva, es posible generar una adhesión al esmalte que alcance valores superiores a 15 MPa, logrando la integración mecánica correcta y necesaria de las estructuras adheridas. ⁽⁸⁾

Entonces, antes de colocar el cemento de composite sobre el esmalte se debe conseguir una capa unida a la superficie dentaria con un valor de resistencia adhesiva mayor a 15 MPa. ⁽⁸⁾

Con este fin, se prepara el esmalte con la técnica de grabado ácido y se utiliza adhesivo previo a la colocación del composite. ⁽⁸⁾

Cuando se busca adhesión al esmalte, el adhesivo a utilizar no necesita tener ninguna composición diferente a la del líquido de la resina utilizada como cemento. ⁽⁸⁾

El adhesivo puede ser atraído por la elevada energía superficial que posee el esmalte luego del grabado ácido y penetrar en las irregularidades microscópicas generadas en el tejido dentario. Al polimerizar dentro de éstas, se forman prolongaciones sólidas (*tags*) que generan adhesión por traba mecánica. ⁽⁸⁾

El composite se coloca sobre el adhesivo y se une químicamente a él a través de uniones químicas generadas con la superficie no polimerizada, por la inhibición producida por el oxígeno del aire (*capa inhibida*). ⁽⁸⁾

6.7- Adhesión en ortodoncia

La adhesión en ortodoncia tiene como objetivo asegurar la óptima retención de los aditamentos ortodóncicos durante el tiempo que dure el tratamiento, y debe ser un proceso reversible que no deje huellas una vez finalizado. ⁽¹⁾

La fuerza de adhesión mínima clínicamente aceptable entre el bracket y la pieza dentaria no es conocida, sin embargo, Reynolds y Keizer sugieren que la adhesión clínica exitosa puede ser lograda con una fuerza de adhesión de 6 Mpa a 10 Mpa. ⁽¹⁸⁾⁽¹⁹⁾

La fuerza de adhesión del bracket debe ser la suficiente para tolerar las fuerzas biomecánicas y funcionales que recibe, pero en un nivel que permita despegar el bracket sin dañar el esmalte dentario, este daño puede ocurrir cuando la fuerza de adhesión supera los 14 Mpa. ⁽²⁰⁾

La realización de una correcta técnica adhesiva puede lograr una fuerza de adhesión aceptable para la eficacia y eficiencia del tratamiento ortodóncico.

Esta técnica consta de 3 pasos:

1) Grabado ácido del Esmalte Dentario

El esmalte dentario debe ser acondicionado para poder lograr adhesión a una resina, este acondicionamiento se consigue gracias a la *técnica de grabado ácido*.

El grabado ácido del esmalte es una de las formas más efectivas para mejorar la adhesión micromecánica y evitar los defectos de sellado entre las fases a unir. Este procedimiento ha permitido extender el uso de los materiales restauradores de resina a otros campos, entre ellos, al de la ortodoncia logrando una firme unión entre la pieza dentaria y los aditamentos necesarios para transmitirle fuerzas a la misma. ⁽⁵⁾

El ácido elegido para tratar el esmalte dentario no tratado mecánicamente es el *Ácido Fosfórico*. (Fig. N°19).



Figura N° 19. Diferentes ácidos disponibles en el mercado para la técnica de grabado ácido.

Extraído de www.mercadolibre.com.ar, www.mayordent.cl, www.3mchile.cl, www.inrodent.com.

Este ácido es relativamente activo y, al actuar sobre la hidroxiapatita del esmalte, extrae calcio que pasa a formar parte de la solución. Cuando se acumula cierta cantidad de calcio en la solución, se crean fosfatos insolubles que precipitan sobre la superficie adamantina limitando la acción del ácido. Es decir, el ácido fosfórico tiene “*efecto autolimitante*” de su acción sobre el tejido dentario. ⁽⁸⁾

La concentración más adecuada del ácido fosfórico en el agua para lograr una correcta acción en el esmalte es de entre el 32 y el 40 %. Las concentraciones mayores o menores, forman sales de calcio con mayor rapidez, por lo que su efecto sobre el esmalte puede ser menos satisfactorio.

Comercialmente la solución de ácido fosfórico puede presentarse en forma de líquido, jalea o gel. Cuanta más viscosidad posea, mejor control se podrá lograr del sitio de aplicación.

El ácido fosfórico permite lograr el resultado buscado en segundos (15 a 30 segundos es el lapso considerado clínicamente apropiado). ⁽⁸⁾

Una vez que la solución ácida actuó durante el tiempo indicado sobre el esmalte, debe lavarse con agua a presión para eliminar de la superficie los fosfatos insolubles allí depositados evitando que interfieran en la correcta adhesión de la resina al esmalte. El tiempo mínimo de lavado de la superficie se estima en 20 segundos. ⁽⁸⁾

El secado de la superficie por completo también es importante, ya que la humedad impedirá el contacto buscado. Deberá realizarse con aire absolutamente libre de humedad, aceite, etc. ⁽⁸⁾

La superficie de esmalte obtenida luego del grabado ácido no solo estará limpia, sino que tendrá formadas irregularidades que permitirán la adhesión micromecánica de la resina al tejido. (Fig. N° 20).



Figura N° 20. Superficie de Esmalte Grabado.

Extraído de ⁽⁵⁾

Dichas irregularidades se producen porque en la superficie adamantina quedan expuestos a la acción ácida las bases o los extremos de los cristales de hidroxiapatita, así como también, en algunas zonas, sus caras laterales.

La acción del ácido se hace, en igual lapso de tiempo, con mayor profundidad en la base que en las caras laterales de los cristales y, por ello, la acción de limpieza y remoción no es pareja. Esto hace que aumente el área de contacto del esmalte y, por ende, su energía superficial. ⁽⁸⁾

Entonces, durante el grabado ácido se pueden obtener tres patrones básicos de descalcificación del esmalte: ⁽¹⁾

- Patrón de grabado Tipo I o central: se descalcifica el centro del prisma. (Fig. N° 21).



Figura N° 21. Superficie de Esmalte con patrón de grabado ácido tipo I.

Extraído de ⁽¹⁾

- Patrón de grabado Tipo II o periférico: Descalcifica a la sustancia interprismática ubicada alrededor del prisma del esmalte. (Fig. N° 22).

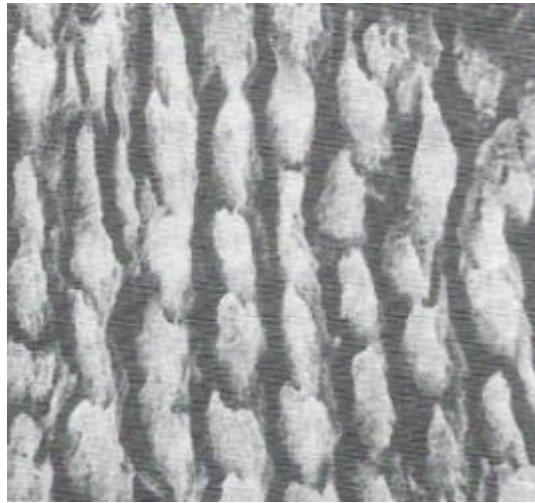


Figura N° 22. Superficie de Esmalte con patrón de grabado ácido tipo II.
Extraído de ⁽¹⁾

- Patrón de grabado Tipo III o nulo

Clínicamente, se puede comprobar el efecto del ácido, observando la pérdida de la superficie del esmalte de su característico brillo, viéndose con un aspecto blanco mate. ⁽⁸⁾

Existen condiciones imprescindibles para realizar correctamente esta técnica: ⁽⁸⁾

- Correcto aislamiento del campo operatorio para mantener la superficie libre de contaminación: con algodón, gasas, abrebocas y succionadores para lograr una completa aislación relativa.
- Correcta forma y tiempo de aplicación del ácido.
- Correcto lavado del ácido.

2) Aplicación del Primer/Adhesivo

El primer o adhesivo es una resina combinada sin relleno, que en el caso del grabado en esmalte, no requiere ningún componente extra a los componentes del líquido de la resina que se utilizará posteriormente como cemento. (Fig. N° 23.).



Figura N° 23. Algunos de los primers/adhesivos disponibles en el mercado.

Extraído de www.dentimarc.com, www.odontopack.com.ar, www.internerata.eu.

El esmalte grabado tiene una mayor energía superficial que el esmalte no tratado, que asegura que la resina moje rápidamente toda la superficie y penetre en las microporosidades creadas por el agente ácido en el tejido adamantino. ⁽⁵⁾

Una vez que la resina penetró en las porosidades del esmalte, se polimeriza para crear prolongaciones rígidas dentro del mismo que aseguren la traba micromecánica que permite la unión duradera entre esmalte y resina. ⁽⁵⁾ (Fig. N° 24).

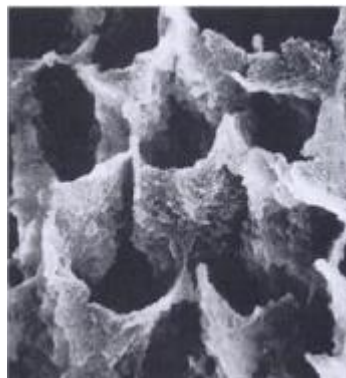


Figura N° 24. Prolongaciones rígidas de resina dentro del esmalte.

Extraído de ⁽⁵⁾

3) Aplicación del cemento adhesivo

Se trata también de una resina combinada (Fig. N° 25) que se coloca sobre la base del bracket y se contacta con el primer/adhesivo y se une a él a través de uniones químicas generadas con la superficie no polimerizada del mismo, por la inhibición producida por el oxígeno del aire (*capa inhibida*).



Figura N° 25. Algunos de los cementos adhesivos disponibles en el mercado.

Extraído de www.djldental.com, www.orthodonticproductsonline.com, www.dentalcost.es,
www.carrizodental.com.

6.7.A- Tipos de Cementos Adhesivos

Existen diferentes materiales que pueden emplearse para adherir aditamentos ortodóncicos al esmalte dentario, me detendré en la descripción del grupo más utilizado de ellos: las *resinas compuestas*.

Resinas Compuestas (composites): son el material más utilizado para la adhesión en ortodoncia y está formado por cuatro elementos principales: (Fig. N° 26).

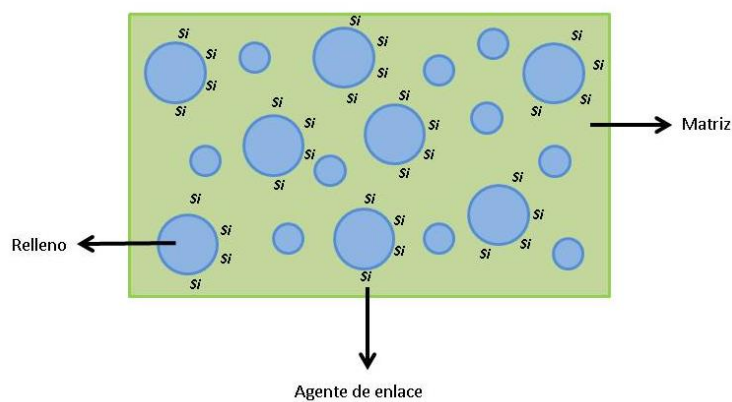


Figura N° 26. Componentes principales de las resinas combinadas.

Figura de la autora.

A. *Matriz Orgánica:* es un dimetacrilato aromático del tipo bis-fenol-A- diglicidil dimetacrilato (bis-GMA) al cual se le agrega monómeros, necesarios para controlar la fluidez y viscosidad de la resina, como el dimetacrilato de trietilenglicol (TEGDMA).^{(3) (16) (20)}

B. *Carga Inorgánica (relleno):* partículas de vidrio, cuarzo y sílice que se utilizan como material de relleno que otorga resistencia y dureza a la resina.⁽¹⁷⁾

Tipos de partículas cerámicas

Las partículas de refuerzo cerámico de los composites pueden obtenerse por diferentes procedimientos físicos o químicos que las originaran de diferentes tamaños y composiciones. ⁽⁸⁾

Según estos tamaños pueden clasificarse los composites en:

- **Macroparticulados:** partículas grandes de 0,1 a 100 micrones de tamaño.

Actualmente están casi en desuso por las dificultades de pulido y estabilidad cromática a largo plazo que presentan. ⁽⁸⁾

- **Miniparticulados:** con partículas de 0,04 micrones de tamaño aproximado.

Son composites altamente estéticos pero con propiedades mecánicas reducidas respecto a los macroparticulados. ⁽⁸⁾

- **Híbridos:** formados por una combinación de macro y micropartículas.

Poseen las mejores propiedades estéticas de los composite miniparticulados y la mayor resistencia a la fatiga, a la compresión y a la tracción de los composites macroparticulados. ⁽⁸⁾

C. *Agente de Enlace:* permite que moléculas con características tan diferentes de la matriz orgánica y la carga inorgánica puedan unirse permitiendo transferencia de tensiones de una a otra logrando un comportamiento mecánico resultante de valor intermedio entre las de cada fase en estado puro. ⁽¹⁷⁾

El agente de enlace debe ser una molécula bifuncional capaz de reaccionar con dos sustancias diferentes.

El más utilizado es un Silano, el Vinilsilano, que es una sustancia que tiene en su molécula grupos silanos, que mediante tratamientos industriales logran unirse químicamente a las partículas cerámicas y grupos vinílicos que poseen dobles ligaduras que se unen a la fase orgánica cuando sus moléculas polimerizan por adición. ⁽⁸⁾

D. *Sistemas de Polimerización*: Las resinas pueden polimerizar de manera química, al unir una pasta aceleradora (amina terciaria) y un iniciador (peróxido de benzoilo); o por luz visible, donde el iniciador es activado por una luz con longitud de onda determinada. ⁽¹⁷⁾

6.7.B- Polimerización

En los materiales combinados, la reacción de polimerización inicia por una sustancia química (*iniciador*) que puede ser activada por un medio (*activador*) químico o físico. ⁽⁸⁾

Si el medio activador es químico, hablamos de *resinas de autopolimerización*.

Si el medio activador es físico, se trata de *resinas de fotopolimerización*.

Resinas de autopolimerización

Se trata de resinas de activación química compuesta por dos pastas; un polvo y un líquido; una pasta y un líquido o encapsulada. ⁽¹⁴⁾

En uno de los componentes del sistema se encuentra un iniciador: el peróxido de benzoilo (1%) y en el otro un acelerador: una amina terciaria (0,5%). Al mezclarse se produce la polimerización dando como resultado un polímero compuesto. ⁽¹⁴⁾

Ventajas

- Polimerización uniforme
- No requiere fuente de luz especial ⁽¹⁴⁾

Desventajas

- Tiempo de trabajo limitado por la cinética de la reacción química que se inicia al comenzar la mezcla de las pastas.
- Polimerización incompleta si no se logra una correcta mezcla con distribución adecuada del iniciador y el activador.
- Propiedades mecánicas y ópticas alteradas por la incorporación de aire al material durante la mezcla de las partes.

- Cambio de color con el paso del tiempo, por la modificación de los subproductos obtenidos de la reacción oxido-reducción que se produce para polimerizar.
- Pueden agregarse estabilizadores de color para disminuir este proceso, pero no logran inhibirlo completamente.
- Tiempo de almacenamiento reducido. ⁽⁸⁾

Resinas de fotopolimerización

Se presentan comercialmente en una sola pasta compuesta por monómeros, el relleno y un iniciador (Canforquinona o Benzoilmetil éter según la fuente de luz que se emplee para activarla) que al reaccionar con la luz forma radicales libres, produciendo la polimerización. ⁽¹⁴⁾

Ventajas

- Prolongado tiempo de trabajo: la pasta puede ser trabajada mientras no actúe luz sobre ella, esto es durante un lapso teóricamente indefinido, en la práctica se ve algo más limitado porque no se trabaja en la oscuridad y la luz que se utiliza para iluminar el campo operatorio puede producir cambios en el material.
- Mejores propiedades mecánicas.
- Menor tiempo de manipulación.
- Corto tiempo de endurecimiento.
- Estabilidad mayor durante el almacenamiento. ⁽⁸⁾

Desventajas

- Necesita una luz especial.
- Polimerización en incrementos.
- Mayor costo. ⁽¹⁴⁾

6.7. C- Unidades de fotopolimerización.

El uso de resinas compuestas de fotopolimerización en odontología requiere la disponibilidad de un equipo que provea la radiación con la calidad y cantidad apropiada para asegurar la correcta polimerización del material que permita alcanzar sus mejores propiedades finales. ⁽⁸⁾

Los materiales que endurecen por proceso de polimerización requieren energía para activar la etapa de iniciación, en el caso de los materiales fotopolimerizables esa energía proviene de la absorción de radiación por parte del material que producirá el desdoblamiento de las dobles ligaduras de sus moléculas.

La absorción de la radiación por parte del material, se produce en función de la longitud de onda de la radiación incidente y de las características de la estructura sobre la que incide. ⁽⁸⁾

Espectro de radiaciones electromagnéticas:

Las radiaciones electromagnéticas pueden ser identificadas por su longitud de onda.

Su espectro comienza, en valores inferiores al nanómetro, con los rayos cósmicos y se extiende hasta valores superiores al metro o sus múltiplos, con las ondas de radio o televisión.

Entre ambos extremos se encuentra la luz visible, constituida por radiaciones con un espectro entre los 400 y los 700 nanómetros, que son perceptibles por la visión humana. ⁽⁸⁾ (Fig. N° 27).

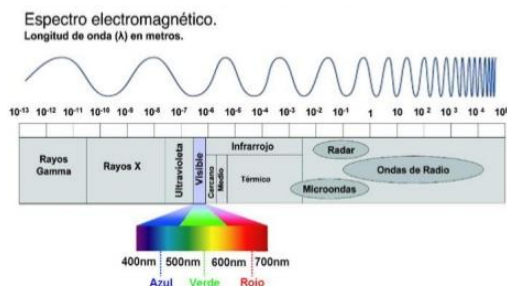


Figura N° 27. Espectro electromagnético.

Extraído de www.slideshare.net

La radiación a emplear para poder provocar la polimerización de materiales en la cavidad bucal de un paciente, no debe tener una longitud de onda reducida ya que estas radiaciones son incompatibles con la seguridad biológica. Ejemplos de radiaciones de baja longitud de onda, y que por ello pueden ser absorbidas por los tejidos y alterarlos, son los rayos cósmicos, las radiaciones Gamma, los rayos Roentgen y algunas radiaciones ultravioletas menores a 300 nm de longitud de onda.

La sustancia que debe ser incorporada a un material para ser activada debe absorber radiaciones con longitudes de onda de entre 450 y 500 nanómetros (luz azul), y no estar combinada con otras de más corta o más larga longitud de onda porque produciría efectos indeseables.

Intensidad de la luz emergente:

Para poder lograr la polimerización de materiales fotopolimerizables, se necesita una unidad de polimerización que permita obtener suficiente potencia por unidad de superficie para generar la cantidad de trabajo de polimerización suficiente para que el material alcance sus propiedades finales convenientemente en un lapso razonable de tiempo para una situación clínica.

La potencia mínima requerida para desencadenar el fotocurado de modo adecuado, oscila alrededor de los 350 miniWatts por centímetro cuadrado (mW/cm^2).

Mientras que la potencia máxima no puede superar los $800 \text{ mW}/\text{cm}^2$ porque podría provocar una contracción de polimerización que tendería a desprender el material de la superficie dentaria y ocasionar el endurecimiento de la capa superficial del material únicamente.

Además, el extremo de salida de la luz debe tener un diámetro mayor a 10 mm, sino la luz debería ser aplicada en distintas zonas del material a fotopolimerizar en momentos sucesivos. ⁽⁸⁾

Calidad de la fotopolimerización

La calidad de la fotopolimerización, no depende sólo de los factores ya explicados, material y radiación, sino también de otros factores:

- Tiempo de fotoactivación: el tiempo de exposición del material a la luz surge de la siguiente fórmula:
potencia = trabajo / tiempo.

Es decir, unidades con alta potencia en la salida de la luz pueden producir más trabajo por unidad de tiempo y facilitar así el trabajo clínico. Contrariamente, unidades de baja potencia, requerirán mayor tiempo de exposición.

Es imprescindible informarse sobre el tiempo de exposición a la luz que indica el fabricante de cada material

- Espesor del material: se aconseja fotopolimerizar capas de no más de 2mm de material, ya que a medida que la luz penetra la masa del mismo es absorbida y pierde capacidad de hacer polimerizar las zonas profundas.

- Distancia luz-material: debe ser la mínima posible evitando el contacto del material con la punta de la fuente lumínica, ya que al alejarse la fuente de luz se incrementa la superficie irradiada y, como la potencia de salida es la misma, disminuye la calidad de polimerización obtenida o la profundidad del material en la que se logra. ⁽⁸⁾

Elementos constitutivos de las unidades de polimerización por luz visible

- Componente electrónico: es un temporizador que brinda la posibilidad de controlar el tiempo de exposición para adecuarlo a lo requerido para cada material o situación.

- Sistema de ventilación: un ventilador, preferentemente cercano al bulbo generador de luz, es necesario para evitar el sobrecalentamiento del equipo.

- Bulbo o lámpara propiamente dicha: consta de un bulbo halógeno y un reflector.

- Filtros: para que absorba todas las longitudes de onda del espectro no deseadas o que no sean las correspondientes a la luz azul.

- Sistema de conducción de luz: es un sistema óptico que puede ser flexible (manguera con fibra óptica) o rígido (varilla).

- Radiómetro: es un elemento que permite una evaluación continua de la potencia de salida del haz de luz de manera rápida y sencilla. Los radiómetros pueden ser cuantitativos (marcan el valor numérico de la potencia alcanzada) o cualitativos (indica la normalidad de la potencia del haz emitido por medio de una pequeña luz que se ilumina).

- Pantalla de protección ocular. ⁽⁸⁾

Monitoreo y control periódico de los dispositivos.

Es necesario controlar regularmente las unidades de luz porque la potencia de la energía lumínica puede verse disminuida por diferentes razones:

- Alteraciones en la unidad generadora de la radiación: por degradación o suciedad del bulbo. Se sugiere limpieza periódica del reflector y el ventilador con aire presurizado.

- Alteraciones de los filtros: por contaminación o por fractura.

- Alteraciones del sistema de transmisión óptica: debe monitorearse la fibra óptica para observar la integridad de las celdillas de su punta, y mantenerla libre de contaminación y restos de materiales. ⁽⁸⁾

6.8- Técnicas de adhesión en Ortodoncia

Existen diferentes técnicas de adhesión de brackets:

- Técnica de adhesión directa: consiste en la adhesión de los brackets sobre las piezas dentarias directamente en la boca del paciente.⁽¹⁹⁾ (Fig. N° 28).



Figura N° 28 . Adhesión de brackets con técnica directa.

Extraído de www.dentaspa.wordpress.com

- Técnica de adhesión indirecta: consiste en trasladar los brackets, por medio de cubetas duras de silicona, desde modelos de yeso, en donde se colocan en perfecta posición, hasta la boca del paciente. (Fig. N° 29).⁽¹⁹⁾

El principal objetivo de esta técnica es mejorar la precisión en la colocación de los brackets.



Figura N° 29. Adhesión de brackets con técnica indirecta.

Extraído de www.plemunformacion.com.

6.9- Presentación comercial de las resinas compuestas

Si bien los composites parten de un polvo (cerámico) y un líquido (orgánico) para su desarrollo, por lo general se presentan comercialmente con una consistencia de pasta.

De esta manera, el contenido cerámico final no depende de la relación polvo/líquido que se consiga en el momento de la preparación clínica. Al prepararse la mezcla industrialmente, se puede controlar esta relación entre ambas fases y el resultado final será un material más constante en sus propiedades.

Si el sistema de polimerización es químico, las pastas serán dos: una con el iniciador (peróxido) y la otra con el activador (amina).

Si el sistema de activación es físico, la pasta será solo una. ⁽⁸⁾

Los sistemas adhesivos presentan diferentes procedimientos clínicos según su presentación comercial: ⁽¹⁵⁾

- Aplicación en un paso clínico: el adhesivo contiene los 3 componentes del sistema en su composición (grabador, primer/adhesivo y cemento adhesivo).
- Aplicación en dos pasos clínicos: puede colocarse primero el grabador y luego un agente que contiene el primer y el cemento adhesivo en su composición; o colocarse un primer autograbante (grabador + primer) y luego el cemento adhesivo.
- Aplicación en tres pasos clínicos: se colocan los tres componentes del sistema adhesivo por separado (ácido+primer/adhesivo+cemento adhesivo):

1° Paso: aplicación de ácido desmineralizante durante 15 segundos con posterior lavado, para eliminar las sales formadas y, eventualmente, las sustancias espesantes que se agregan al ácido para que posea consistencia de gel. Luego, correcto secado de la superficie con aire a presión.

2° Paso: aplicación del primer/adhesivo con micropincel y eliminación de su vehículo (agua u otros solventes) con delicada presión de aire. Luego, esperar polimerización o producirla con luz en caso de ser un sistema fotopolimerizable.

3° Paso: aplicación del cemento adhesivo y su posterior polimerización. ⁽⁸⁾

Técnica de manipulación

Sistemas adhesivos de autopolimerización: ⁽²⁰⁾

1. Aislamiento relativo de la zona operatoria.
2. Limpieza de la pieza dentaria.
3. Grabado ácido del esmalte dentario.
4. Manipulación del sistema adhesivo.
5. Colocación de Primer en la pieza dentaria.
6. Colocación de primer en base del aditamento ortodóncico.
7. Colocación del cemento en la base del aditamento.
8. Colocación del aditamento en posición en la pieza dentaria, eliminación de excesos y sostén durante 5-10 segundos.
9. Espera de 4 minutos para realizar fuerzas sobre el aditamento adherido.

Sistemas adhesivos de Fotopolimerización: ⁽²⁰⁾

1. Aislamiento relativo de la zona operatoria.
2. Limpieza de la pieza dentaria.
3. Grabado ácido del esmalte dentario.
4. Colocación del primer adhesivo en la pieza dentaria.
5. Fotopolimerización.
6. Colocación de la pasta adhesiva en la malla del aditamento ortodóncico.
7. Colocación del aditamento en posición en la pieza dentaria y eliminación de excesos.
8. Fotopolimerización.

Nótese que la preparación del aditamento ortodóncico requiere una técnica diferente según el método de polimerización del sistema adhesivo utilizado: en sistemas de autopolimerización se coloca primer en la base del aditamento ortodóncico mientras que en los de fotopolimerización el aditamento no lleva acondicionamiento previo a la colocación de la resina adhesiva.

Esta variación en los procedimientos de aplicación de los diferentes materiales, ha llevado a los ortodoncistas a colocar primer sobre la malla del aditamento ortodóncico al utilizar sistemas adhesivos de fotopolimerización.

De esta manera, algunos profesionales aplican adhesivo de fotopolimerización a la malla del aditamento, considerando que esto favorece la adhesión del mismo al diente, mientras que otros prefieren no realizar en la malla del aditamento acondicionamiento alguno.

Para evaluar la asiduidad con que la maniobra clínica de colocar primer/adhesivo en la malla del aditamento ortodóncico se lleva a cabo al usar materiales fotopolimerizables, se realizó una encuesta a 100 profesionales que realizan ortodoncia en su práctica diaria.

Para su confección se utilizó la herramienta “Forms” de Google. Ésta, permite crear formularios con preguntas y opciones de respuestas.

Una vez creado el formulario, se origina un enlace/link que permite acceder a las preguntas de la encuesta y elegir una respuesta:

<https://docs.google.com/forms/d/e/1FAIpQLSdKkxo5C5rwTF8di2nTAX5iVAQgfJxqo7EBGzDQRxIMXKpdTQ/viewform?vc=0&c=0&w=1>.

Ese link fue enviado a ortodoncistas docentes y alumnos de la carrera de especialización de la U.N.L.P y a profesionales de hospitales, clínicas y consultorios privados que realizan ortodoncia en su práctica diaria.

Cada vez que uno de ellos, accedió al link y completó la encuesta, los resultados se fueron guardando en la misma herramienta que fue confeccionando los gráficos.

Al llegar a obtener resultados de 100 encuestas completadas, se cerró el formulario, para no recibir más respuestas, y se registraron los gráficos de los resultados finales obtenidos de las mismas.

La información se recolectó mediante las siguientes preguntas:

1) Indique en qué rango de edad se encuentra:

- 20-35 años.
- 36-50 años.
- 51-65 años.
- Más de 65 años.

2) Género

- Femenino
- Masculino

3) Indique hace cuánto tiempo realiza ortodoncia

- 1 a 5 años.
- 6 a 10 años.
- 11 a 15 años.
- 16 a 20 años.
- 21 a 25 años.
- 26 a 30 años.
- 31 a 35 años.
- Más de 35 años.

4) ¿Qué cantidad de pacientes de ortodoncia atiende semanalmente?

- 1 a 10.
- 11 a 20.
- 21 a 30.
- 31 a 40.
- Más de 40.

5) Indique que tipo de sistema adhesivo utiliza.

- Autopolimerización.
- Fotopolimerización.
- Ambos.

6) Al utilizar sistemas adhesivos de fotopolimerización, Usted:

- Coloca adhesivo y cemento sobre la base del aditamento a adherir.
- Coloca sólo cemento sobre la base del aditamento a adherir.
- Coloca sólo adhesivo sobre la base del aditamento a adherir.

7) Usted considera que tiene una frecuencia de descementado indeseado de aditamentos:

- Alta.
- Moderada.
- Baja.

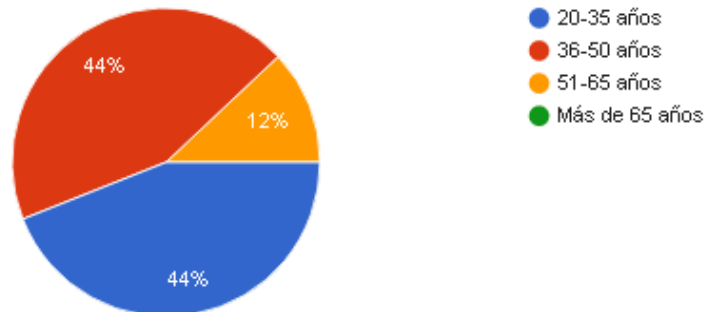
8) ¿A cuál de estos factores (sólo uno) atribuiría el mayor porcentaje de fracaso de la adhesión?

- Base del aditamento.
- Materiales utilizados para la adhesión.
- Técnica de cementado.
- Fuerzas masticatorias excesivas por falta de cuidados del paciente.

Los resultados obtenidos se detallan a continuación:

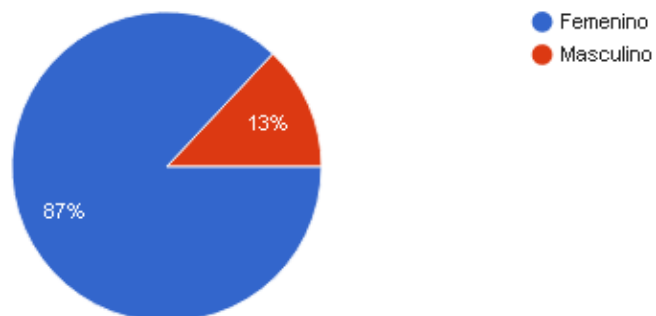
Indique en qué rango de edad se encuentra

100 respuestas



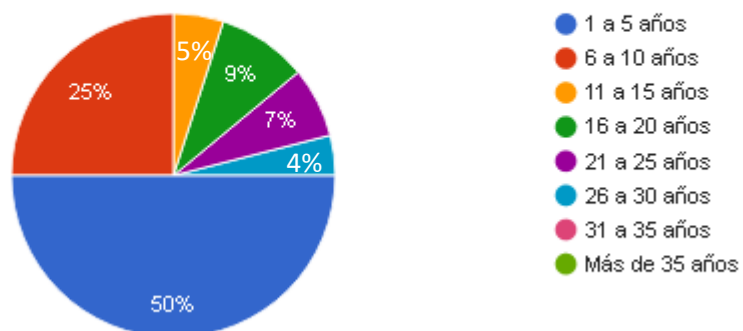
Género

100 respuestas



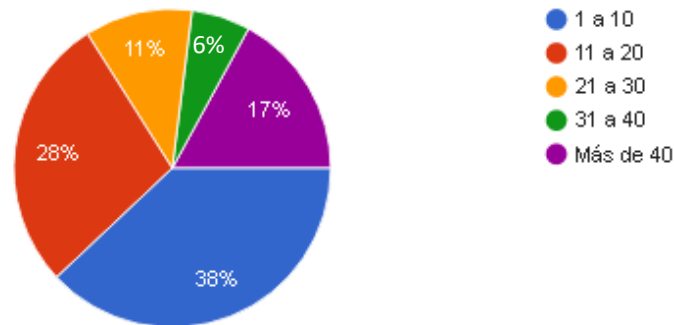
Indique hace cuánto tiempo realiza ortodoncia.

100 respuestas



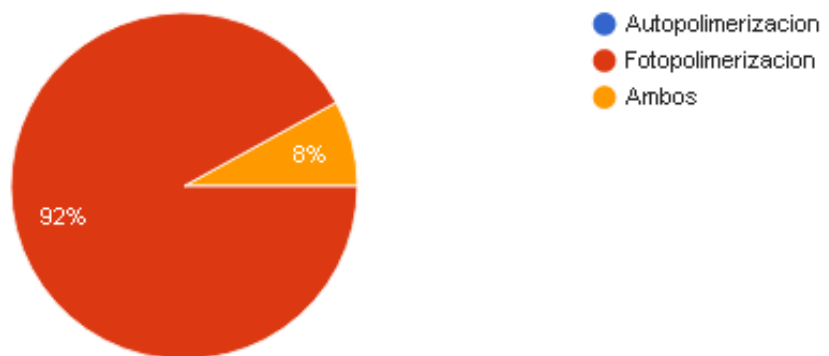
¿ Qué cantidad de pacientes de ortodoncia atiende semanalmente?

100 respuestas



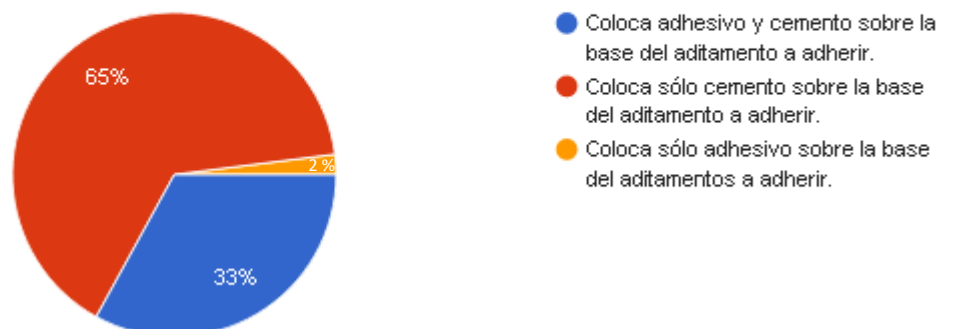
Indique qué tipo de sistema adhesivo utiliza.

100 respuestas



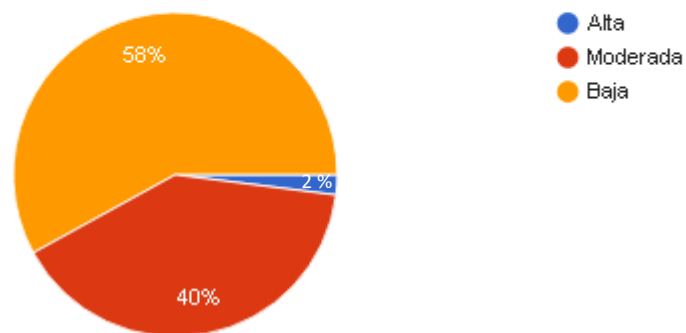
Al utilizar sistemas adhesivos de fotopolimerización, usted:

100 respuestas



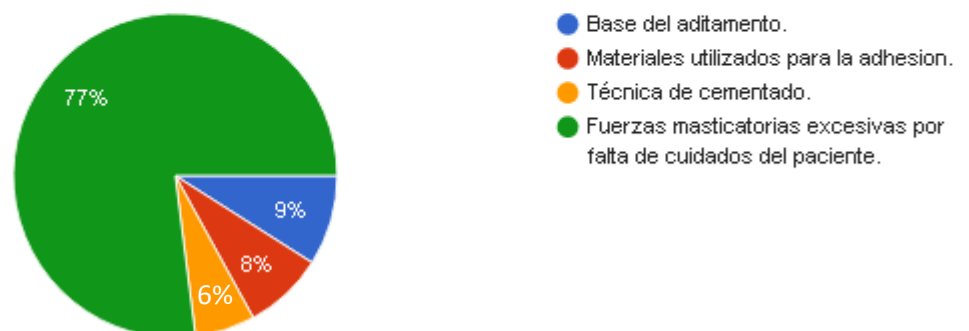
Usted considera que tiene una frecuencia de descementado indeseado de aditamentos:

100 respuestas



¿A cuál de estos factores (solamente 1) atribuiría el mayor porcentaje de fracaso de la adhesión?

100 respuestas



A continuación se analizarán los resultados de la encuesta:

Se obtuvieron respuestas de 100 profesionales ortodoncistas, mayoritariamente del sexo femenino (87%), de entre 20 y 50 años de edad (88%).

El 50% de los mismos lleva entre 1 y 5 años de ejercicio de la profesión y un 25% entre 6 y 10 años. Atendiendo entre 1 y 20 pacientes de la especialidad de ortodoncia semanalmente en la mayoría de los casos (64%).

El 100% de los ortodoncistas consultados utilizan sistemas adhesivos de fotopolimerización y el 65% coloca solamente cemento adhesivo sobre la base del aditamento a adherir.

La frecuencia de descementado de aditamentos obtenida por los profesionales es de baja a moderada (98%) atribuyéndole el fracaso de la adhesión a la acción de las fuerzas masticatorias excesivas por falta de cuidados por parte del paciente en un 77% de los casos.

Es importante destacar que al observar las respuestas obtenidas en la pregunta N° 6 de la encuesta: “Al utilizar sistemas adhesivos de fotopolimerización, Usted:”, el 65% de los profesionales consultados colocan sólo cemento adhesivo sobre la malla del aditamento a adherir; el 33% coloca cemento más primer/adhesivo sobre la base del aditamento; y el 2% coloca solamente primer/adhesivo sobre la malla.

Entonces, el 35% de los ortodoncistas consultados colocan sobre la malla del aditamento a adherir primer/adhesivo al utilizar sistemas adhesivos de fotopolimerización, lo que muestra un alto porcentaje de variación en la técnica sugerida de aplicación clínica de estos materiales descrita en la página N°71 de este trabajo.

Cabe destacar, entonces, que un porcentaje relevante de los ortodoncistas consultados modifica la técnica de adhesión en ortodoncia con sistemas adhesivos de fotopolimerización, a pesar de que dicha variación no se encuentra descrita como tal en los textos consultados para la realización del presente trabajo.

7-Materiales y Métodos

7-Materiales y Métodos

Para la realización de este trabajo de investigación se utilizaron 48 premolares humanos, extraídos por indicación ortodóncica, bajo consentimiento del paciente que ha sido informado sobre la utilización de los mismos para trabajos de investigación.

Se usaron premolares superiores e inferiores, tanto izquierdos como derechos, conservados en agua destilada, para mantener su humedad, y a temperatura ambiente por no más de 6 meses.

Criterios de inclusión:

- Premolares sanos sin alteraciones adamantinas en su cara vestibular.
- Premolares con ápice cerrado.

Criterios de exclusión:

- Premolares con caries.
- Premolares con endodoncia realizada.
- Premolares con defectos estructurales en su cara vestibular.
- Premolares con restauraciones en su cara vestibular.
- Premolares con tratamiento previo de ortodoncia.

7.1 Materiales

- 1- Premolares humanos superiores, inferiores, derechos e izquierdos sin alteraciones de su cara vestibular. (Fig. N°30).



Figura N° 30. Piezas dentarias utilizadas.

Figura de la autora.

- 2- Brackets metálicos *MiniMaster* de la marca comercial American Orthodontic prescripción MBT. (Fig. N°31 y Fig. N°32).



Figura N°31. Piezas dentarias y brackets seleccionados para el estudio.

Figura de la autora.



Figura N°32. Brackets seleccionados para el estudio.

Figura de la autora.

- 3- Ácido Ortofosfórico al 33% *Mega Etch gel MD*. (Fig. N°33)
- 4- Adhesivo Monocomponente fotopolimerizable *Single Bond II 3M-ESPE*. (Fig. N°33)
- 5- Resinas de fotopolimerización *Transbond XT 3M UNITEK*. (Fig. N°33)



Figura N°33. Materiales utilizados para la adhesión.

Figura de la autora.

- 6- Lámpara LED de alta potencia *Optilight LD MAX Gnatus*.
- 7- Máquina Universal de Ensayos *Instron* con software *Bluehill Lite*.

Otros materiales e instrumental utilizados fueron:

- Agua destilada.
- Pasta profiláctica *Dent Brill de Dickinson*.
- Cera Utility.
- Yeso Ortodoncia.
- Minipinceles.
- Cronómetro.
- Jeringa Triple.
- Micromotor *KMD*.
- Brocha adaptable a micromotor neumático.
- Espátula para resina.
- Pinza portabackets.
- Explorador.
- Espejo intrabucal.

- Pinza de algodón.
- Pinza Gubia
- Motor de mano *Dremell*
- Matriz para análisis de 24 muestras
- Notebook
- Hoja borrador A4
- Adobe Photoshop CS6

7.2 Método

El método de trabajo de este estudio fue experimental, comparativo y transversal.

Luego de la exodoncia de las piezas dentarias, se procedió a la eliminación de los restos de tejidos orgánicos en su porción radicular con solución de hipoclorito de Sodio al 0,5%, para finalmente lavar el diente con agua a presión y sumergirlo en agua destilada.

Habiendo sido conservadas en agua destilada, las piezas dentarias fueron manipuladas por un único operador hasta estar listas para ser sometidas al ensayo mecánico.

Se recomienda un mínimo de 20 piezas dentarias por grupo para pruebas in vitro de fuerza de adhesión en ortodoncia. ⁽²¹⁾

Preparación de las muestras

Los 48 especímenes fueron separados aleatoriamente en 2 grupos (1° y 2°) de 24 y colocados en una matriz para análisis con 12 orificios cilíndricos que permitieron sostenerlos para una mejor manipulación y sometimiento a las fuerzas del ensayo mecánico. (Fig. N°34 y Fig. N°35).



Figura N°34. Matriz para análisis de muestras (frente).

Figura de la autora.



Figura N°35. Matriz para análisis de muestras (perfil).

Figura de la autora.

Para poder ser introducidos en los orificios de la matriz, los premolares fueron cortados con un torno de mano con discos en plano transversal un milímetro, aproximadamente, por encima del cuello anatómico en las piezas dentarias superiores y por debajo del mismo en las inferiores. (Fig. N°36).

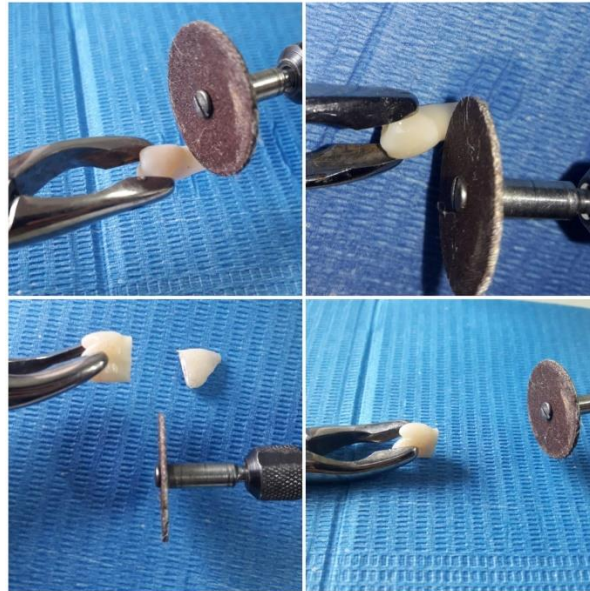


Figura N°36. Separación de corona de la pieza dentaria.

Figura de la autora.

Se colocó cera utility ocupando la mitad de la luz de los cilindros de la plantilla y en la parte libre del cilindro se colocó yeso ortodoncia y la corona del premolar dejando su cara vestibular libre. (Fig. N°37).

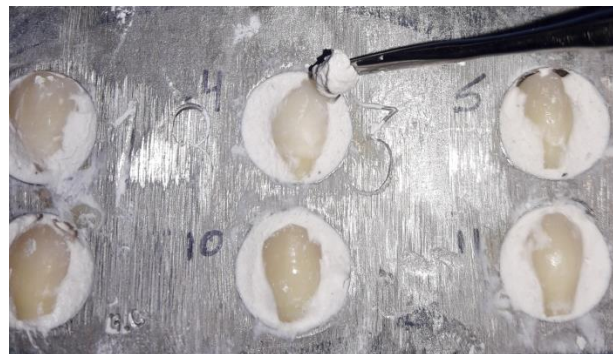


Figura N°37. Colocación de coronas dentarias en plantilla de soporte.

Figura de la autora.

Al colocar los 12 premolares de uno de los lados de la plantilla, se retiró la cera utility colocada en el cilindro y se procedió a poner yeso ortodoncia y los premolares, con igual orientación, del otro lado de la misma.

A un lado de la matriz se lo denominó “A” y al otro “B”, y se numeraron del 1 al 12 de izquierda a derecha, primero los de arriba y luego los de abajo, los premolares de la muestra. (Fig. N°38).



Figura N°38. Muestras montadas en la matriz con identificación de lado y pieza dentaria.

Figura de la autora.

Una vez montados, las caras vestibulares de los 48 premolares fueron sometidas a limpieza con pasta profiláctica y brochas en micromotor neumático; enjuagadas con agua y secadas con aire a presión.

Luego se prepararon las superficies vestibulares de las muestras sometiéndolas a la acción de ácido fosfórico al 33%, en la zona donde se realizará la adhesión del aditamento ortodóncico, durante 15 segundos. (Fig. N°39).

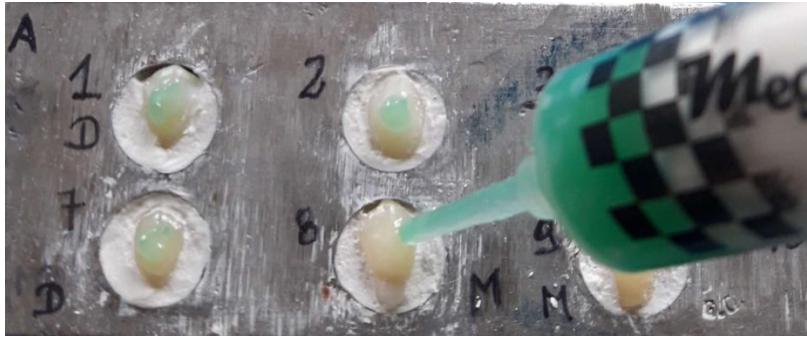


Figura N°39. Técnica de grabado ácido.

Figura de la autora.

Se lavó cada zona sometida al ácido durante 30 segundos con spray de agua y aire y se secó con aire a presión.

Se observó la correcta preparación del tejido adamantino con la técnica de grabado ácido por la presencia de un color blanco opaco en la zona tratada.

Se colocó adhesivo con micropincel en cada pieza dentaria, frotando durante 10 segundos (Fig. N°40), se adelgazó el adhesivo con leve cantidad de aire a presión y se fotopolimerizó durante 10 segundos. (Fig. N°41).

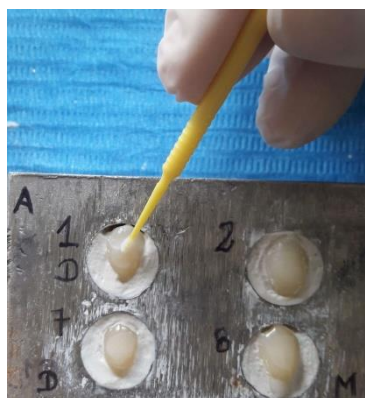


Figura N°40. Colocación de adhesivo en las piezas dentarias.

Figura de la autora.

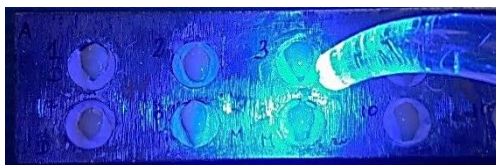


Figura N°41. Fotopolimerización del adhesivo.

Figura de la autora.

De esta manera, quedaron preparadas todas las superficies adamantinas para recibir los brackets a adherir en ellas.

Preparación de la base del bracket

La preparación del aditamento ortodóncico fue diferente en cada grupo de 24 premolares:

- **Grupo 1°: Brackets con cemento adhesivo en su malla.**

Como primera acción, se retiró el bracket de su envase original, se sumergió en alcohol por unos segundos y se dejó sobre una gasa para que se evapore el mismo.

Se tomó el bracket con la pinza portabackets, se colocó cemento adhesivo sobre la malla con espátula de composite (Fig. N°42), y se llevó a la cara vestibular de la pieza dentaria. (Fig. N°43).



Figura N°42. Colocación de cemento adhesivo en el aditamento ortodóncico.

Figura de la autora.



Figura N°43. Posicionamiento de bracket en pieza dentaria.
Figura de la autora.

Se presionó levemente y se retiraron los excesos de material con explorador.

Se ubicó el aditamento en el centro de la corona clínica con explorador y espejo, y se fotopolimerizó durante 40 segundos. (Fig. N°44)



Figura N°44. Fotopolimerización del cemento adhesivo.
Figura de la autora.

Se repitió el procedimiento de cementado de brackets con los mismo pasos en las 24 piezas dentarias de este grupo. (Fig. N°45).



Figura N°45. Muestras del Grupo 1° preparadas para el ensayo de resistencia.
Figura de la autora.

- **Grupo 2°: Brackets con primer/adhesivo y cemento adhesivo en su malla.** (Fig. N°46.)

Se retiraron los brackets de su envoltorio original, se sumergieron por unos segundos en alcohol y se dejaron apoyados sobre una gasa para que se evapore el mismo.

Se sujetaron los aditamentos con pinza portabackets y se colocó primer/adhesivo frotando con micropincel sobre la malla de su base.

Se adelgazó la capa de adhesivo con leve chorro de aire a presión, y se colocó cemento adhesivo con espátula de composite.

Se llevaron los brackets a la cara vestibular de la pieza dentaria; se ejerció leve presión y se retiraron los excesos con explorador.

Se centraron los brackets en el centro de las coronas clínicas de los dientes de la muestra y se fotopolimerizaron durante 40 segundos cada uno.

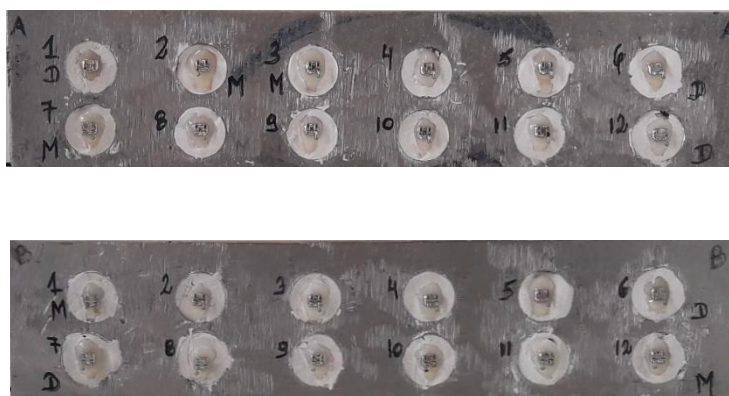


Figura N°46. Muestras del Grupo 2° preparadas para el ensayo de resistencia.

Figura de la autora.

Ensayo mecánico de las muestras

Las plantillas con los dos grupos de 24 premolares, fueron sometidas a fuerzas de cizallamiento o corte en la interface adhesiva en una Máquina Universal de Ensayos Instron bajo las Normas ISO 9917-1 Europea.(Fig. N°47.)



Figura N°47. Máquina Universal de ensayos Instron.

Figura de la autora.

El ensayo fue realizado y supervisado por el Ingeniero Mecánico Veloso Gustavo Daniel, jefe de área de Ensayos Mecánicos, L.E.M.I.T. (Laboratorio de Entrenamiento Multidisciplinario para la Investigación Tecnológica) -Personal de apoyo a la investigación, ley 13487.

En esta máquina, la matriz con las 24 piezas dentarias fue apoyada sobre una base metálica. (Fig. N°48.)

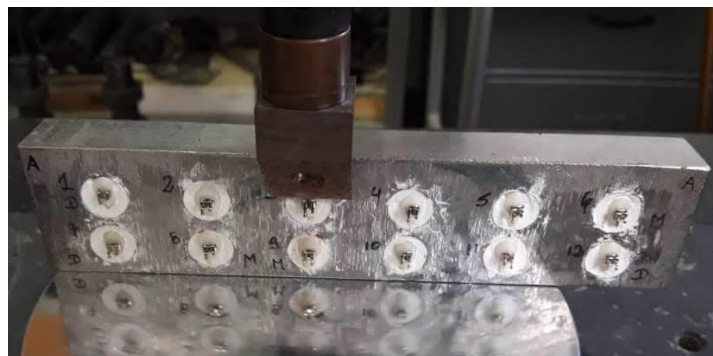


Figura N°48. Matriz con muestras colocada en la máquina de ensayos.

Figura de la autora.

Luego se expuso a cada una de las interfaces adhesivas a fuerzas de corte provocadas por un dispositivo metálico en forma de bisel. (Fig. N° 49).



Figura N°49. Interfaces adhesivas sometida a fuerzas de cizallamiento o corte.

Figura de la autora.

El bisel aplicó una fuerza en sentido inciso-gingival que fue aumentando hasta que se descementó el aditamento. En este momento, el bisel se detuvo y la magnitud de la fuerza que provocó el descementado quedó registrada.

Este procedimiento se repitió en cada una de las 24 piezas dentarias de cada muestra.

Una vez realizados los ensayos en la máquina Instron, se procedió al registro y sistematización de los datos en el programa Adobe Photoshop CS6 (Fig. N° 50).



Figura N°50. Programa Adobe Photoshop CS6 utilizado para registro de fuerzas y cálculo de resistencia.

Figura de la autora.

8-Resultados

8-Resultados

Medir la resistencia de un material representa medir cuál es la carga externa necesaria para romperlo.

Para ello se confeccionan probetas y se las somete a fuerzas progresivamente en aumento, hasta su ruptura.

Esa fuerza puede medirse en Kilogramos Fuerza, pero al estar relacionada con la cantidad de material al que se aplicó, se necesitará obtener un valor que permita comparar resultados obtenidos con cualquier tamaño de probeta. Por este motivo, se expresa la tensión, y por ende la resistencia, en función de la superficie sobre la cual actúa. ⁽⁸⁾

De este modo tenemos que:

$$\text{Resistencia} = \text{fuerza} / \text{superficie}$$

Las medidas utilizadas fueron:

$$\text{MegaPascal (Mpa)} = \text{KilogramoFuerza (Kgf)} / \text{centimetro cuadrado (cm}^2\text{)}$$

Se registró la carga máxima que soportó la interface adhesiva (en Kgf) y la superficie de la misma (en cm²).

La resistencia al corte soportada por cada sistema adhesivo de las muestras se calculó dividiendo la carga máxima soportada por la superficie de la interface adhesiva; y fue expresada en Megapascales (MPa). (Tabla N°1 y Tabla N°2).

Un Pascal es una unidad de presión del Sistema Internacional de Unidades, que se define como la presión que ejerce una fuerza de 1 Newton sobre una superficie de 1 metro cuadrado.

Por ende, para poder expresar los valores de la resistencia en Megapascales, debió convertirse los resultados de Kilogramo fuerza a Newton, con la siguiente fórmula de equivalencia:

$$1 \text{ Kgf.} = 9,087 \text{ N}$$

Y de centímetro cuadrado a metro cuadrado con la siguiente fórmula:

$$1 \text{ cm}^2 = 0,0001 \text{ m}^2.$$

Los resultados obtenidos en los ensayos se expresan en las siguientes tablas:

Ensayo Grupo 1°			
Etiqueta de la probeta	Superficie en Cm2	Carga máxima (Kgf)	Resistencia (Mpa)
Lado B. N° 1	0,102	6,47	6,22071471
Lado B. N° 2	0,1	5,66	5,550762
Lado B. N° 3	0,096	3,09	3,15662813
Lado B. N° 4	0,108	1,3	1,18047222
Lado B. N° 5	0,125	2,66	2,0869296
Lado B. N° 6	0,123	1,39	1,10827073
Lado B. N° 7	0,134	4,98	3,64469104
Lado B. N° 8	0,118	6,03	5,01154322
Lado B. N° 9	0,092	6,19	6,59840543
Lado B. N° 10	0,391	5,4	1,35441944
Lado B. N° 11	0,114	6,04	5,19598947
Lado B. N° 12	0,089	3,08	3,39388315
Lado A. N° 1	no se obtuvo datos de imagen	2,27	
Lado A. N° 2	no se obtuvo datos de imagen	6,03	
Lado A. N° 3	0,129	2,86	2,17426512
Lado A. N° 4	0,119	3,71	3,05747647
Lado A. N° 5	0,093	2,82	2,97373548
Lado A. N° 6	0,085	7,09	8,18019176
Lado A. N° 7	no se obtuvodatos de imagen	3,63	
Lado A. N° 8	0,091	4,15	4,47242308
Lado A. N° 9	0,088	3,84	4,27941818
Lado A. N° 10	0,103	4,8	4,57025243
Lado A. N° 11	0,09	3,51	3,82473
Lado A. N° 12	0,093	7,08	7,46597419

Tabla N°1. Registro de superficies, cargas y resistencias obtenidos en el ensayo del Grupo 1°.

Ensayo Grupo 2°			
Etiqueta de la probeta	Superficie en Cm2	Carga máxima (Kgf)	Resistencia (Mpa)
Lado B. N° 1	0,099	6,99	6,92433636
Lado B. N° 2	0,098	7,31	7,31522143
Lado B. N° 3	No despega bracket	7,79	No despega bracket
Lado B. N° 4	6,92	6,92	6,34247103
Lado B. N° 5	0,12	18,96	15,49506
Lado B. N° 6	0,1	7,83	7,678881
Lado B. N° 7	0,1	4,94	4,844658
Lado B. N° 8	0,093	4,42	4,66096129
Lado B. N° 9	0,116	4,35	3,677625
Lado B. N° 10	0,11	10,32	9,20074909
Lado B. N° 11	0,091	2,73	2,9421
Lado B. N° 12	0,091	1,56	1,6812
Lado A. N° 1	0,014	3,88	3,33782105
Lado A. N° 2	0,101	11,07	10,7488604
Lado A. N° 3	0,117	10,28	8,61674872
Lado A. N° 4	0,107	13,59	12,4558065
Lado A. N° 5	No despega bracket	23,33	No despega bracket
Lado A. N° 6	0,092	15,36	16,3734261
Lado A. N° 7	0,102	9,84	9,46087059
Lado A. N° 8	0,191	11,23	5,76610524
Lado A. N° 9	0,105	9,2	8,5928
Lado A. N° 10	0,095	8,91	9,19793368
Lado A. N° 11	0,096	12,24	12,503925
Lado A. N° 12	0,095	8,04	8,299

Tabla N°2. Registro de superficies, cargas y resistencias obtenidos en el ensayo del Grupo 2°.

El comportamiento de la interface adhesiva ante las fuerzas de cizallamiento se graficó en diagramas de Carga/Deformación, que registran la forma en que aumenta la carga hasta el despegue del aditamento ortodóncico por esfuerzo de corte.

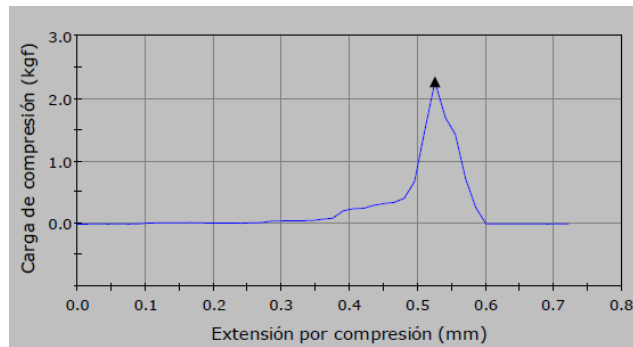


Gráfico N°1. Gráfico de compresión. Grupo 1°. Lado A. PD 1.

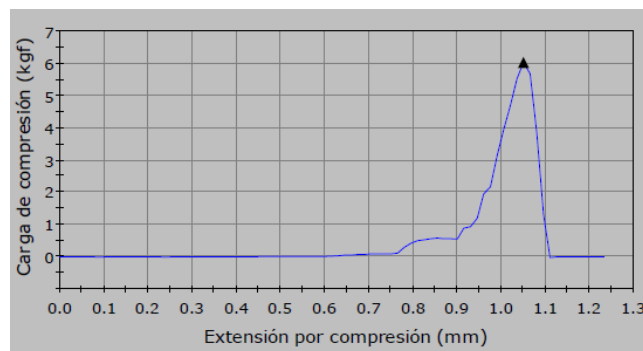


Gráfico N°2. Gráfico de compresión. Grupo 1°. Lado A. PD 2.

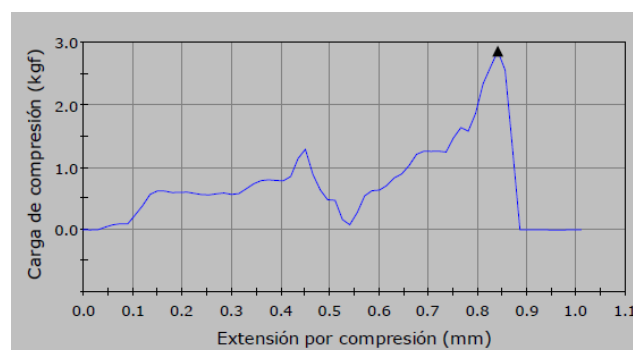


Gráfico N°3. Gráfico de compresión. Grupo 1°. Lado A. PD 3.

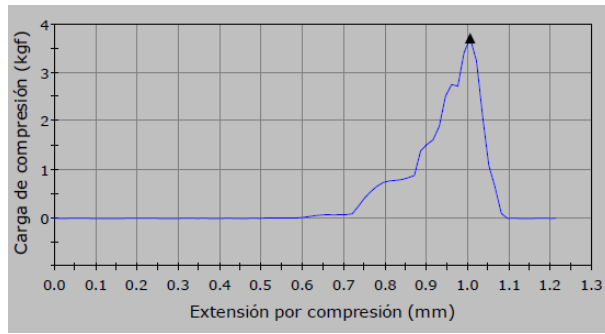


Gráfico N°4. Gráfico de compresión. Grupo 1°. Lado A. PD 4.

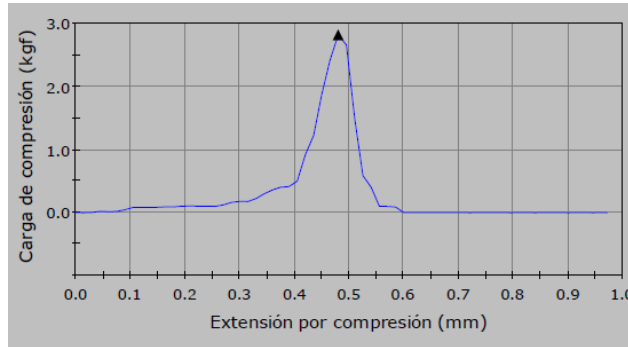


Gráfico N°5. Gráfico de compresión. Grupo 1°. Lado A. PD 5.

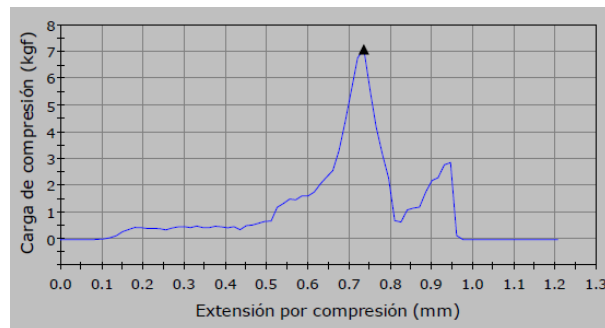


Gráfico N°6. Gráfico de compresión. Grupo 1°. Lado A. PD 6.

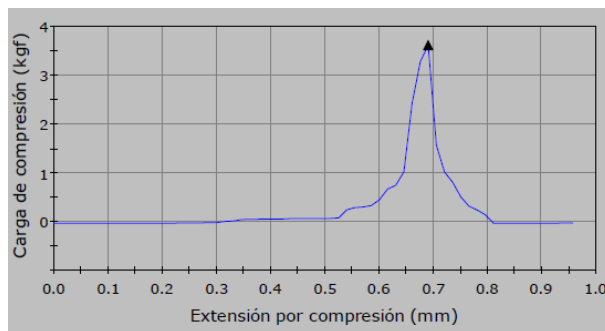


Gráfico N°7. Gráfico de compresión. Grupo 1°. Lado A. PD 7.

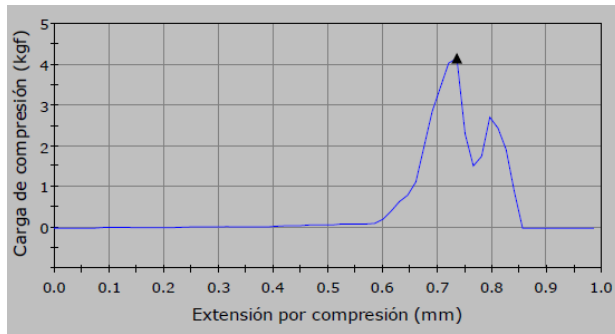


Gráfico N°8. Gráfico de compresión. Grupo 1°. Lado A. PD 8.

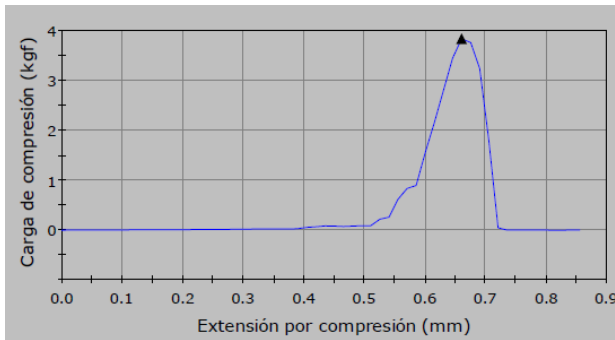


Gráfico N°9. Gráfico de compresión. Grupo 1°. Lado A. PD 9.

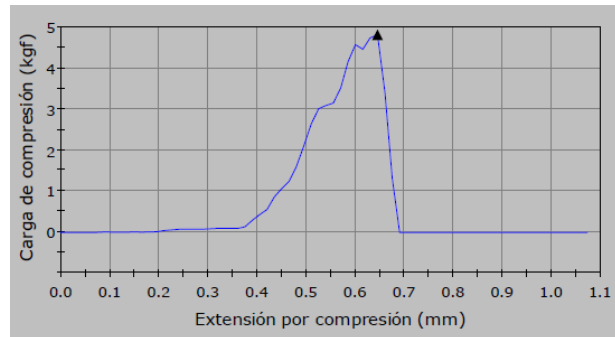


Gráfico N°10. Gráfico de compresión. Grupo 1°. Lado A. PD 10.

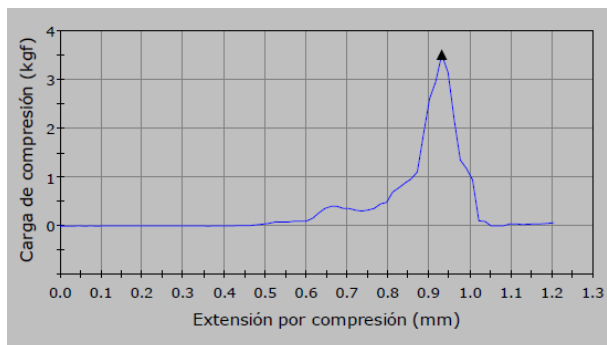


Gráfico N°11. Gráfico de compresión. Grupo 1°. Lado A. PD 11.

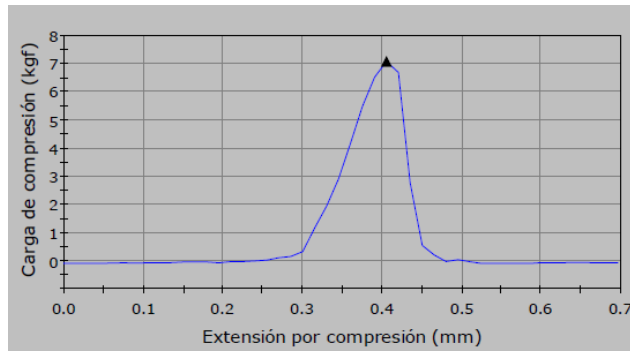


Gráfico N°12. Gráfico de compresión. Grupo 1°. Lado A. PD 12.

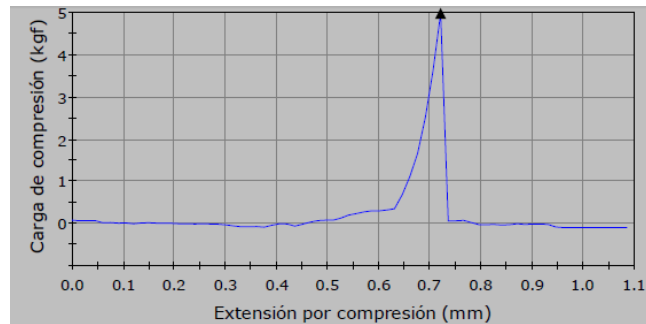


Gráfico N°13. Gráfico de compresión. Grupo 1°. Lado B. PD 1.

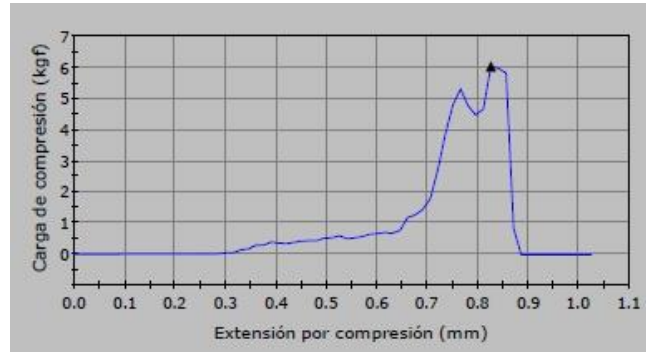


Gráfico N°14. Gráfico de compresión. Grupo 1°. Lado B. PD 2.

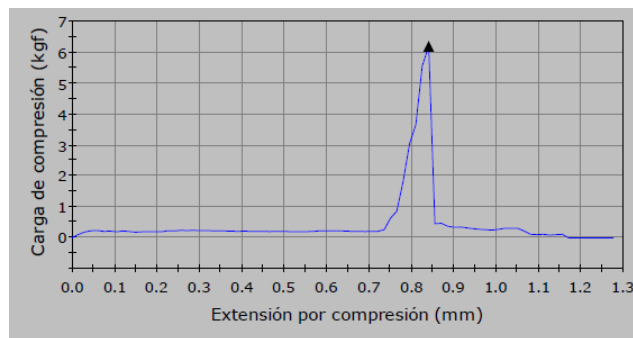


Gráfico N°15. Gráfico de compresión. Grupo 1°. Lado B. PD 3.

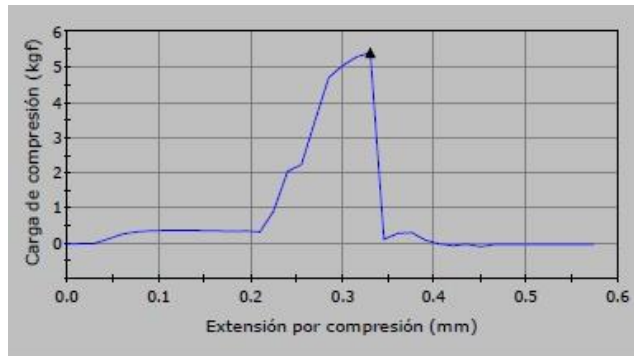


Gráfico N°16. Gráfico de compresión. Grupo 1º. Lado B. PD 4.

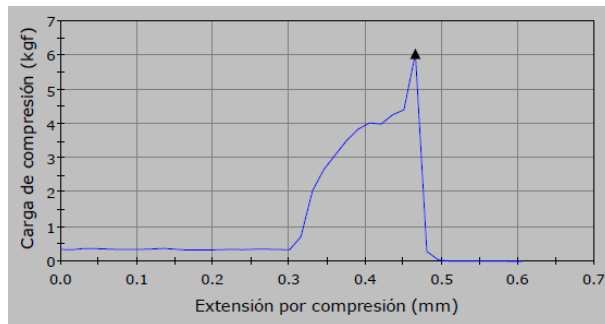


Gráfico N°17. Gráfico de compresión. Grupo 1º. Lado B. PD 5.

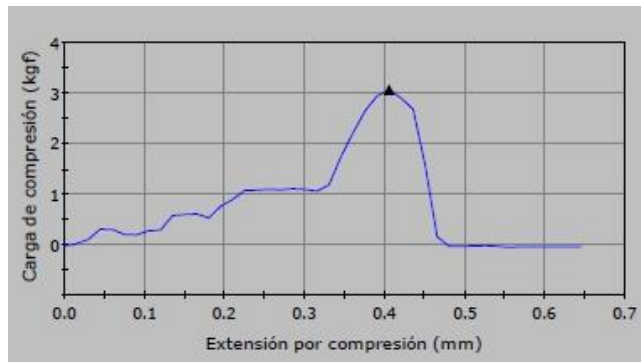


Gráfico N°18. Gráfico de compresión. Grupo 1º. Lado B. PD 6.



Gráfico N°19. Gráfico de compresión. Grupo 1º. Lado B. PD 7.

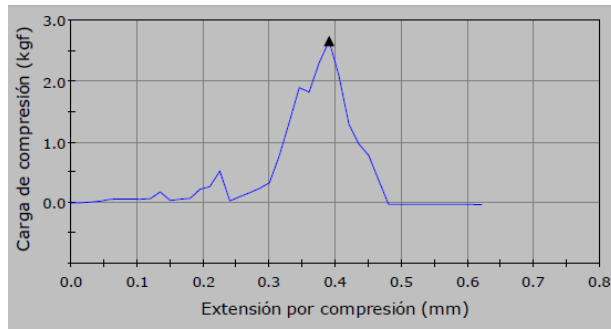


Gráfico N°20. Gráfico de compresión. Grupo 1°. Lado B. PD 8.

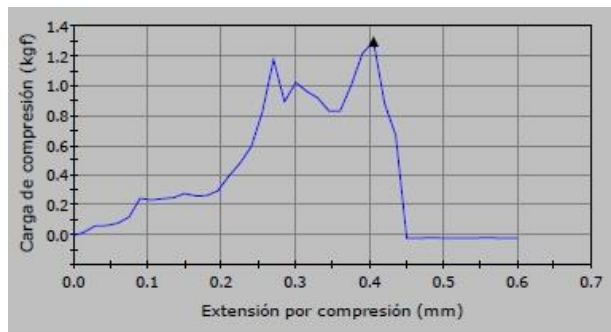


Gráfico N°21. Gráfico de compresión. Grupo 1°. Lado B. PD 9.

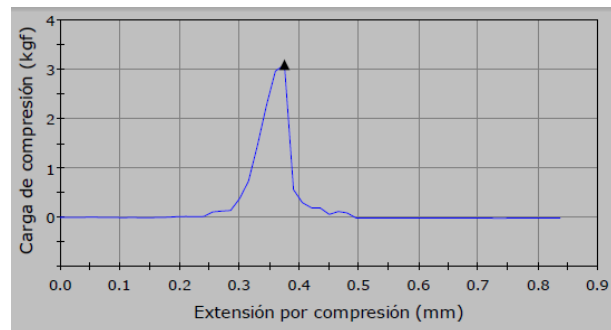


Gráfico N°22. Gráfico de compresión. Grupo 1°. Lado B. PD 10.

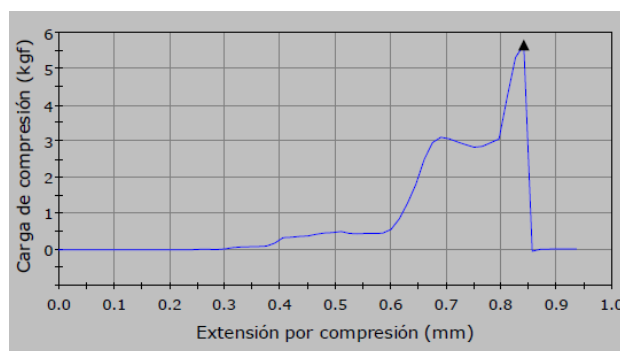


Gráfico N°23. Gráfico de compresión. Grupo 1°. Lado B. PD 11.

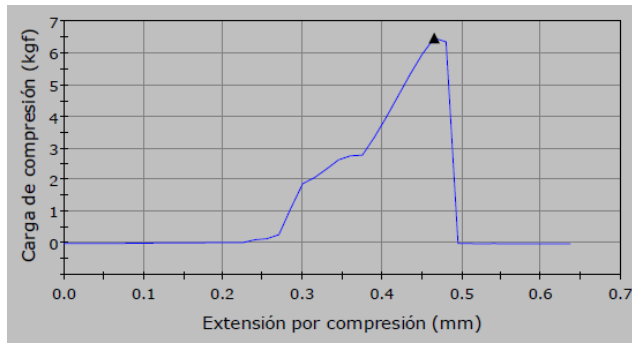


Gráfico N°24. Gráfico de compresión. Grupo 1°. Lado B. PD 12.

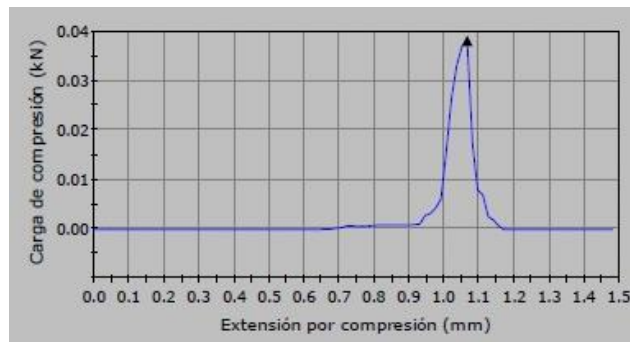


Gráfico N°25. Gráfico de compresión. Grupo 2°. Lado A. PD 1.

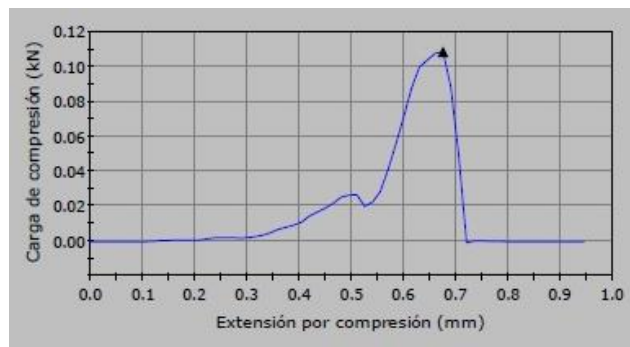


Gráfico N°26. Gráfico de compresión. Grupo 2°. Lado A. PD 2.

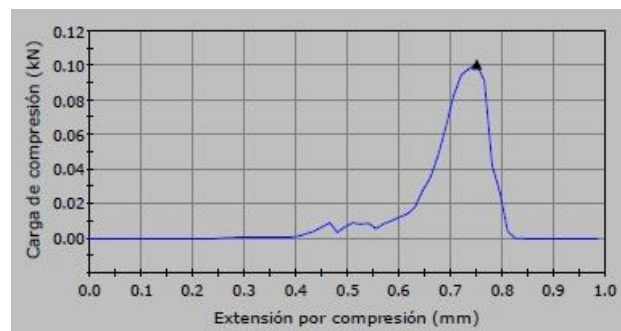


Gráfico N°27. Gráfico de compresión. Grupo 2°. Lado A. PD 3.

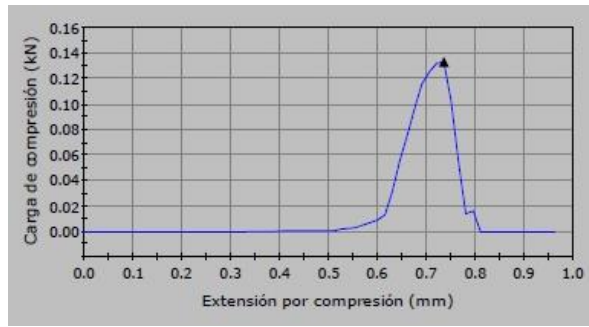


Gráfico N°28. Gráfico de compresión. Grupo 2°. Lado A. PD 4.

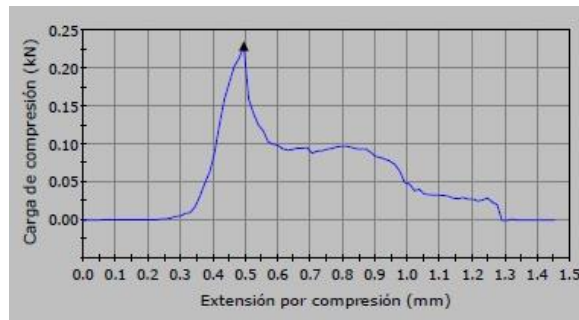


Gráfico N°29. Gráfico de compresión. Grupo 2°. Lado A. PD 5.

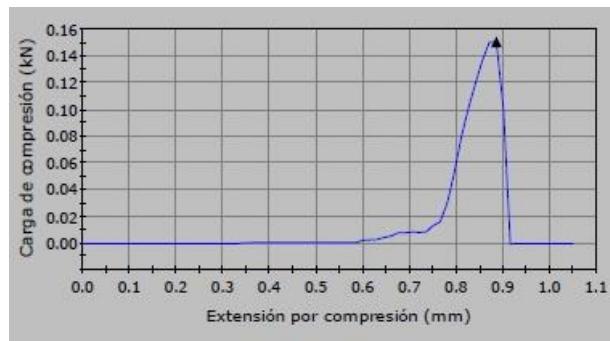


Gráfico N°30. Gráfico de compresión. Grupo 2°. Lado A. PD 6.



Gráfico N°31. Gráfico de compresión. Grupo 2°. Lado A. PD 7.

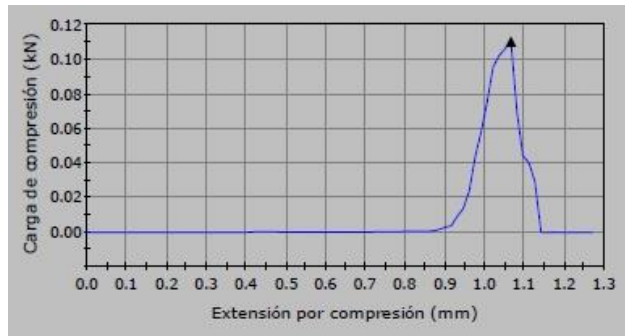


Gráfico N°32. Gráfico de compresión. Grupo 2°. Lado A. PD 8.

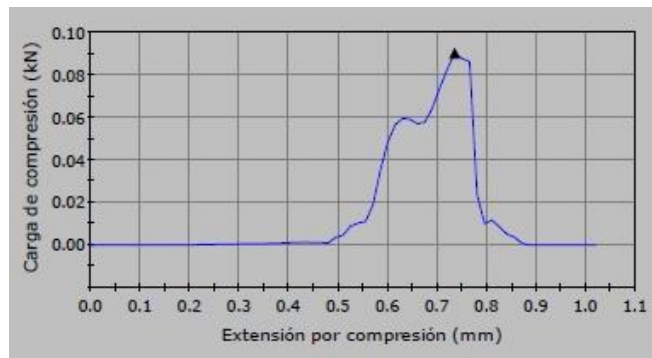


Gráfico N°33. Gráfico de compresión. Grupo 2°. Lado A. PD 9.

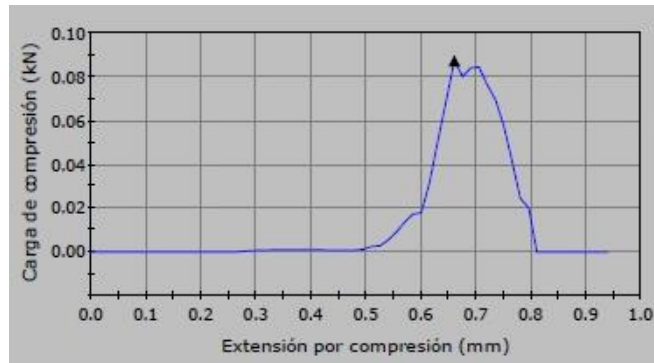


Gráfico N°34. Gráfico de compresión. Grupo 2°. Lado A. PD 10.

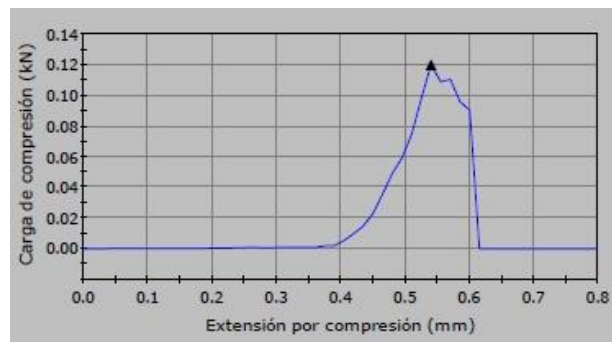


Gráfico N°35. Gráfico de compresión. Grupo 2°. Lado A. PD 11.

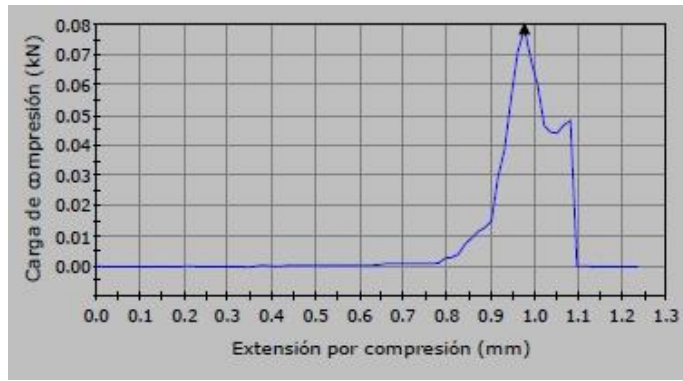


Gráfico N°36. Gráfico de compresión. Grupo 2°. Lado A. PD 12.

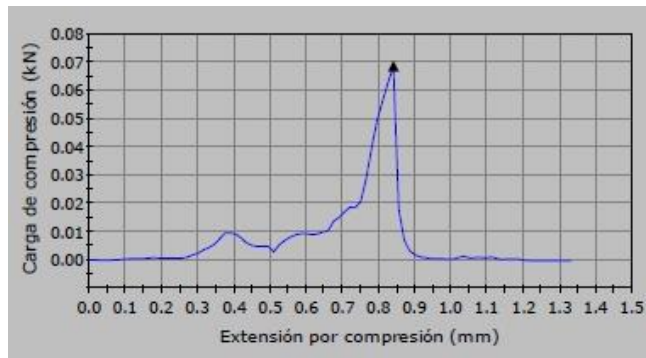


Gráfico N°37. Gráfico de compresión. Grupo 2°. Lado B. PD 1.

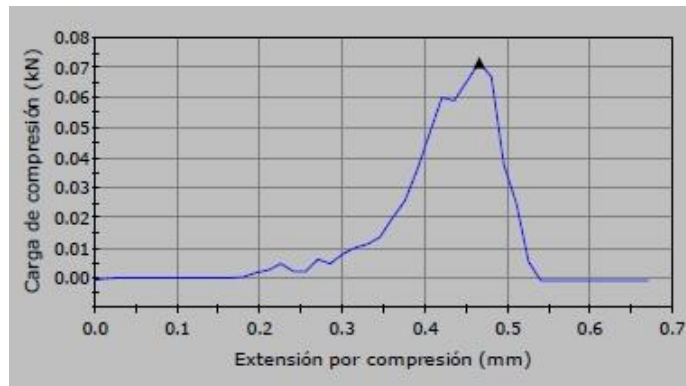


Gráfico N°38. Gráfico de compresión. Grupo 2°. Lado B. PD 2.

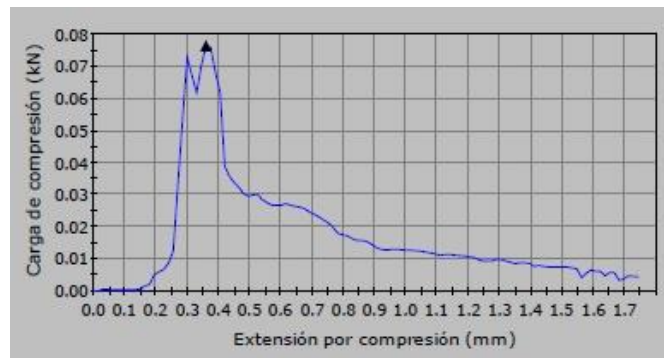


Gráfico N°39. Gráfico de compresión. Grupo 2°. Lado B. PD 3.

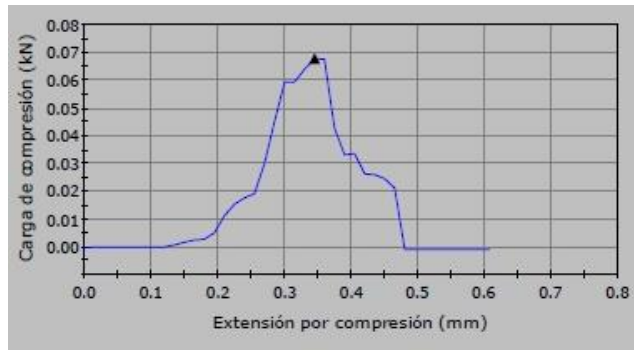


Gráfico N°40. Gráfico de compresión. Grupo 2°. Lado B. PD 4.

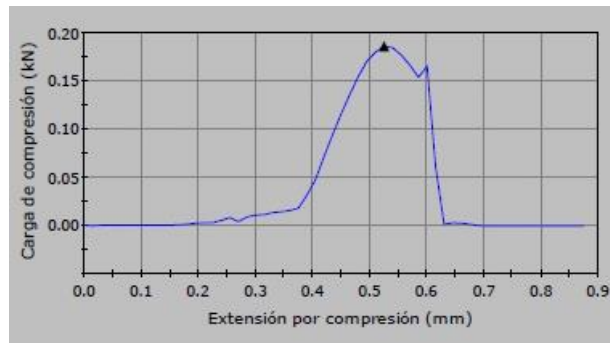


Gráfico N°41. Gráfico de compresión. Grupo 2°. Lado B. PD 5.

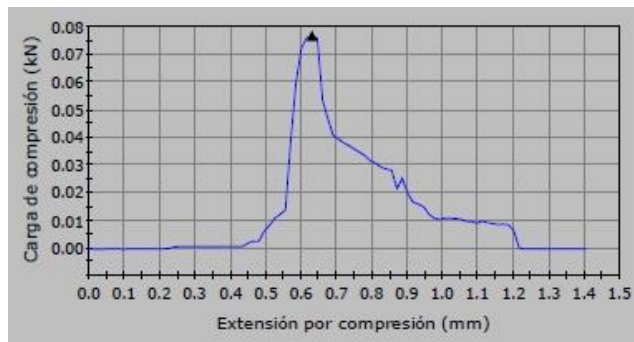


Gráfico N°42. Gráfico de compresión. Grupo 2°. Lado B. PD 6.

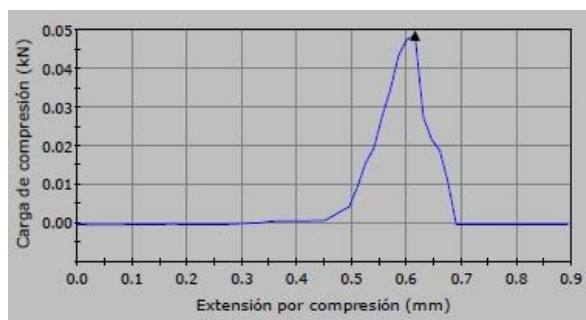


Gráfico N°43. Gráfico de compresión. Grupo 2°. Lado B. PD 7.

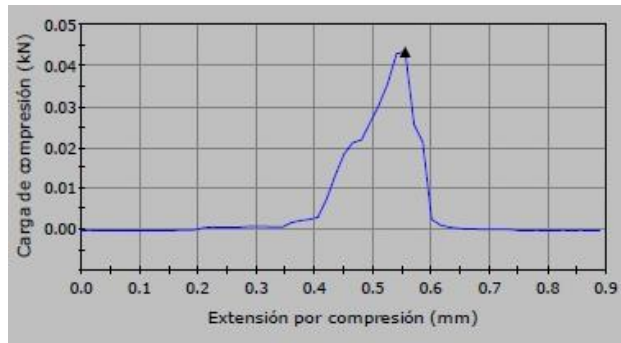


Gráfico N°44. Gráfico de compresión. Grupo 2°. Lado B. PD 8.

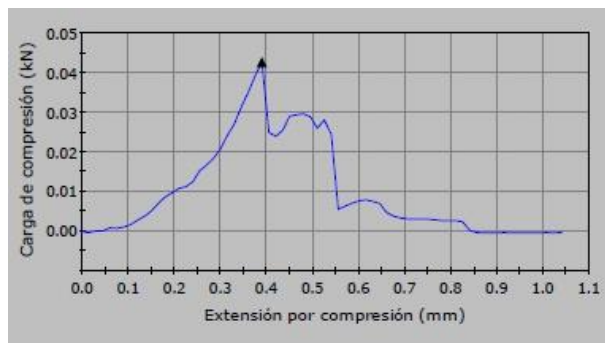


Gráfico N°45. Gráfico de compresión. Grupo 2°. Lado B. PD 9.

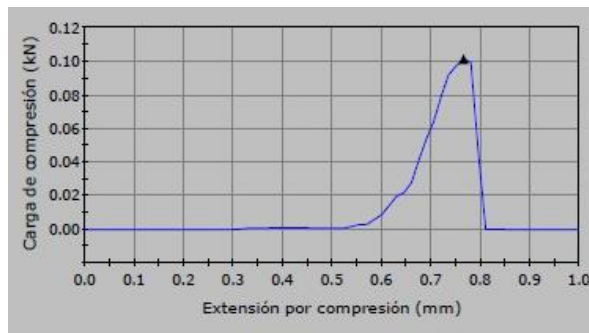


Gráfico N°46. Gráfico de compresión. Grupo 2°. Lado B. PD 10.

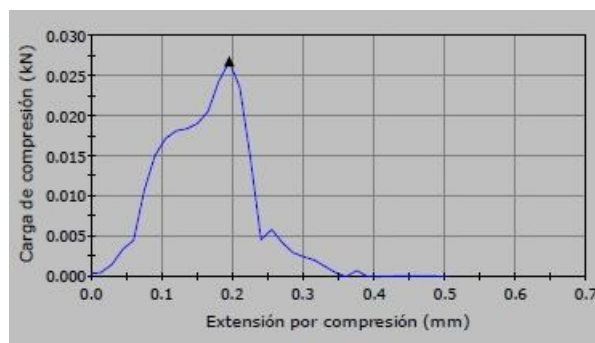


Gráfico N°47. Gráfico de compresión. Grupo 2°. Lado B. PD 11.

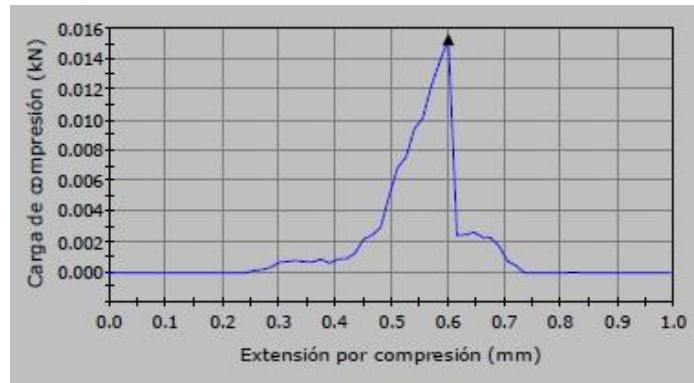


Gráfico N°48. Gráfico de compresión. Grupo 2°. Lado B. PD 12

La primera etapa del estudio estadístico se basó en el método descriptivo, obteniendo gráficos que permitieron una descripción sencilla de las características de la muestra.

Se distribuyeron los datos de resistencia en el grupo de brackets que no fueron acondicionados con primer (Grupo 1°) (Tabla N°3).

Las medidas se distribuyeron en un rango de 7,1 Mpa abarcando desde 1,1 Mpa hasta 8,2 Mpa. (Gráfico N° 49).

Se obtuvo una media de 4 Mpa con una desviación estándar de 2 Mpa.

Grupo 1°	
Media	4
Mediana	3,8
Desv. estándar	2
Rango	7,1
Mínimo	1,1
Máximo	8,2

Tabla N°3. Estadística descriptiva de las medidas de resistencia del Grupo 1°.

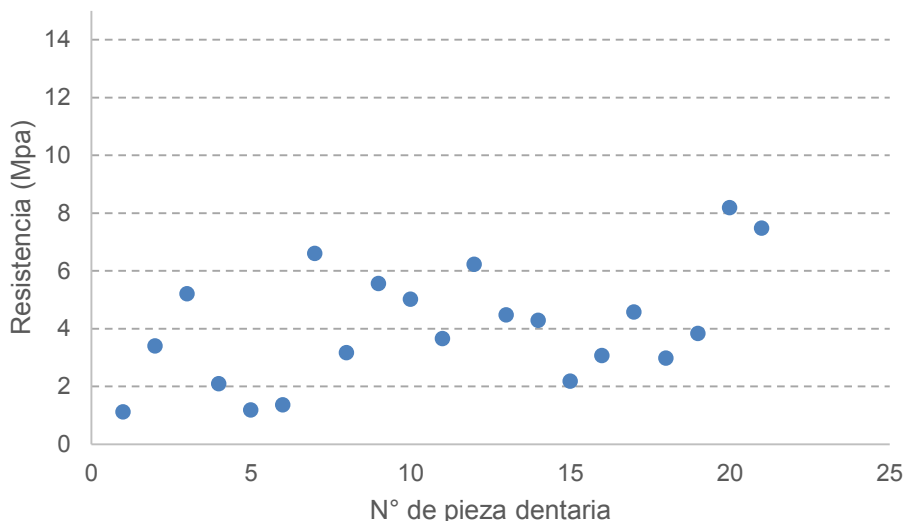


Gráfico N°49. Gráfico de dispersión de las medidas de resistencia (Mpa) en el Grupo 1°.

En el histograma realizado a partir de las medidas de resistencia obtenidas para el grupo 1° (Gráfico N°50), exponiendo la frecuencia de casos para distintos intervalos de dicha variable, pudo evidenciarse que la mayoría de los sistemas premolar-bracket presentaron resistencia entre 2 y 4 Mpa, correspondiendo al 38% de los casos.

Le siguió con un 28% el grupo de casos que presentó medidas de resistencia entre 4 y 6 Mpa. Medidas de resistencia menores a 2 Mpa o mayores a 6 Mpa se dieron en la minoría de los casos.

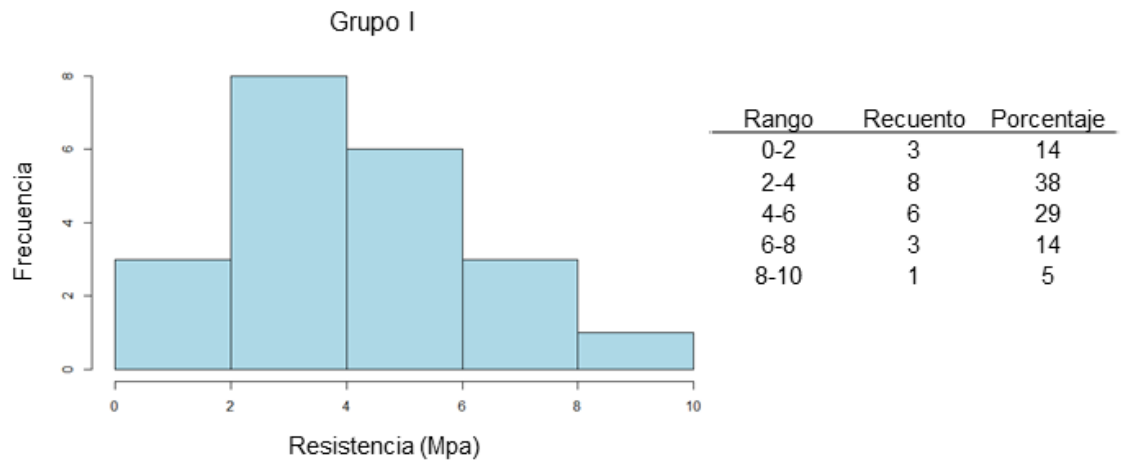


Gráfico N°50. Histograma de las medidas de resistencia del Grupo 1°. La tabla muestra del número de casos (recuento) de cada rango de resistencia y porcentaje correspondiente.

El grupo de medidas de resistencia obtenido en los brackets con tratamiento de su malla con primer (Grupo 2°) mostró un amplio rango de 14,7 Mpa abarcando desde 1,7 Mpa a 16,4 Mpa (Tabla N° 4).

Se obtuvo una mediana de 8 Mpa, que coincidió con el valor de la media, con una desviación estándar de 4 Mpa.

<i>Grupo 2°</i>	
<i>Media</i>	8
<i>Mediana</i>	8.0
<i>Desv. estándar</i>	4
<i>Rango</i>	14.7
<i>Mínimo</i>	1.7
<i>Máximo</i>	16.4

Tabla N°4. Estadística descriptiva de las medidas de resistencia del Grupo 2°.

La amplitud del grupo de datos descripto puede verse en el Gráfico N° 51, donde se expone la distribución de las medidas.

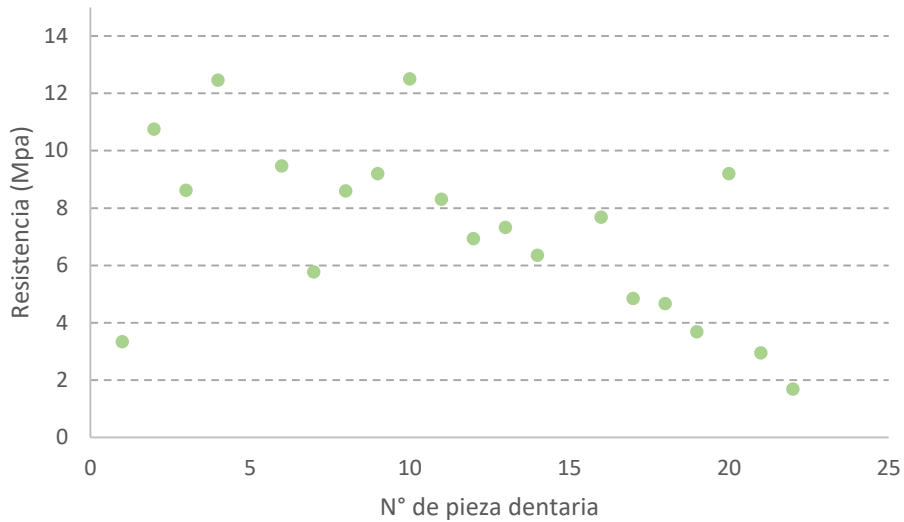


Gráfico N°51. Gráfico de dispersión de las medidas de resistencia (Mpa) en el Grupo 2°.

El gráfico N° 52 muestra el histograma realizado a partir de las medidas de resistencia del grupo 2°.

Pudo observarse que la mayoría de los casos presentó resistencia entre 5 y 10 Mpa, representando el 50% del total de los casos.

En menor porcentaje le siguieron los casos con resistencias menores a 5 Mpa (23%), y la minoría evidenció valores mayores a 10 Mpa.

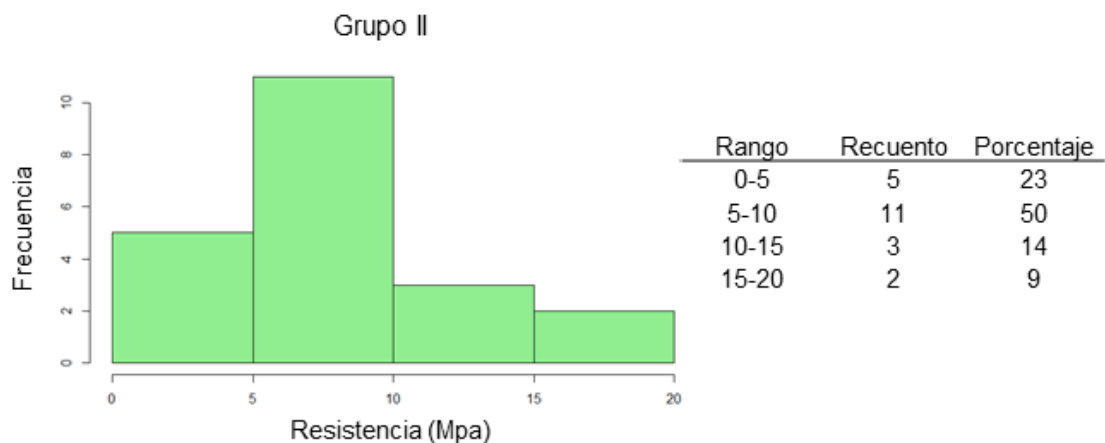


Gráfico N°52. Histograma de las medidas de resistencia del Grupo 2°. La tabla muestra del número de casos (recuento) de cada rango de resistencia y porcentaje correspondiente.

Se representó la distribución de las medidas de resistencia en ambos grupos de brackets ensayados mediante un gráfico Boxplot (Gráfico N° 53), el cual permite observar de forma clara la distribución de los datos y sus principales características.

En estos gráficos, los límites superior e inferior de las cajas corresponden al tercer y primer cuartil de los datos respectivamente, comprendiendo entre ellos el rango intercuartílico.

De esta manera, la caja contiene al 50% central de los datos.

La línea horizontal que se observa en las cajas se encuentra al nivel de la mediana (valor por encima y por debajo del cual se encuentra el 50% de los casos totales).

Desde la parte superior de las cajas una línea vertical (bigote) se extiende hasta la mayor observación de los datos; lo mismo sucede en la parte inferior, donde llega al valor mínimo registrado. Estos bigotes abarcan, entonces, los datos que caen fuera del 50% central.

Pudo destacarse que el 50% central de las medidas de resistencia del grupo 1° (sin acondicionamiento con primer) se presentó por debajo de 5 Mpa, en contraste con el 50% central de las medidas del grupo 2° (con acondicionamiento con primer) que se presentó con resistencias mayores a 5 Mpa.

A simple vista, y de manera complementaria a las secciones previas, pudo observarse que la dispersión de los datos en el grupo 1° fue menor que en el grupo 2°. Como se describió anteriormente, el grupo 1° abarcó valores desde 1 Mpa hasta 8 Mpa, y el grupo 2° desde 2 Mpa hasta 16 Mpa.

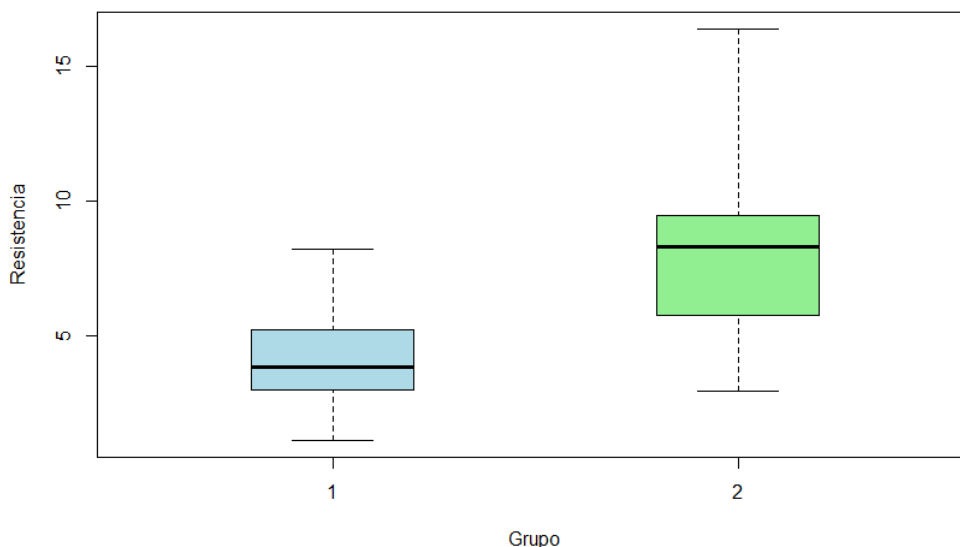


Gráfico N°53. Boxplot mostrando la distribución de los valores de resistencia (Mpa) obtenidos para ambos grupos de brackets cementados.

En una segunda etapa del estudio estadístico, etapa de inferencia estadística, se desarrollaron métodos y procedimientos para deducir propiedades de una población a partir de una pequeña parte de la misma (muestra).

En esta etapa se evaluó, mediante One Way ANOVA y test de Dunn, si existían diferencias significativas entre la fuerza de adhesión de los brackets acondicionados con primer y el grupo sin acondicionamiento. Se utilizó el programa SigmaPlot Versión 12.0.

Los valores analizados (medidas de resistencias de ambos grupos) pasaron correctamente el test de normalidad, pero no el de igualdad de varianzas, por lo que se realizó el análisis Kruskal-Wallis One Way ANOVA *on ranks* seguido por el test de Dunn como fue sugerido por el programa SigmaPlot ante la desigualdad de varianzas.

A partir del test realizado se observó que las diferencias en los promedios de resistencia entre los grupos fueron mayores que lo esperado por azar, por lo que se considera que hay diferencias estadísticamente significativas ($P < 0,05$).

El promedio de valores de resistencia del grupo 1° es significativamente menor que el promedio del grupo 2°.

9-Discusión

9-Discusión

En la práctica ortodóncica, se ha puesto especial énfasis en el estudio de materiales y métodos adhesivos para lograr una efectiva unión de los aditamentos a las piezas dentarias. Unión necesaria para cumplir los objetivos del tratamiento en menor tiempo y logrando mejores resultados.

Los ortodoncistas necesitan materiales y procedimientos que les garanticen una adecuada y duradera unión entre el aditamento ortodontico y la superficie dentaria. El despegamiento masivo y reiterado provoca demoras en las citas y en el tiempo de tratamiento y genera, muchas veces, molestias al paciente.

Esta búsqueda de una adhesión adecuada, genera que las marcas comerciales estén en constante investigación y lanzamiento de nuevos productos que satisfagan las necesidades clínicas.

En este trabajo de investigación, se estudió la resistencia de la adhesión de brackets metálicos adheridos al esmalte con materiales de fotopolimerización, sin colocar primer adhesivo en la malla de la base de los brackets del Grupo 1° y colocándolo en la malla de los brackets del Grupo 2°.

Existe una gran variedad de estudios previos sobre la resistencia adhesiva de aditamentos ortodóncicos adheridos con sistemas de fotopolimerización sin colocar primer adhesivo en la malla de su base, como en el Grupo 1° de este trabajo.

Un trabajo de investigación realizado en Colombia en 2011 ⁽²⁵⁾ compara la fuerza y el tipo de falla adhesiva de dos tipos de resinas cementantes para ortodoncia. En el grupo de 12 brackets cementados con resina Transbond XT de 3M Unitek, mismo material que en el presente trabajo, obtuvieron una media de resistencia al desprendimiento de 21,4 Mpa. Este valor es ampliamente superior al obtenido en el Grupo 1° de este trabajo que fue de 4 Mpa, aunque usando otra marca de brackets metálicos y una muestra mayor de brackets cementados.

En México en 2013 ⁽²⁶⁾, un estudio comparó la resistencia al desprendimiento que tienen los brackets después de 60 minutos y de 24 horas de su fijación con dos sistemas diferentes de adhesión. El grupo de 30 brackets cementados con Transbond MIP de 3M Unitek obtuvo una resistencia media de 6,01 Mpa a los 60 minutos y de 6,8 Mpa a las 24 horas. Estos valores son también mayores a los obtenidos en el Grupo 1° del presente trabajo con una media de resistencia de 4 Mpa.

Según los estudios de Reynolds de 2013 ⁽²⁷⁾, la fuerza mínima de adhesión para los brackets oscilan en un rango entre 5,9 Mpa a 7,8 Mpa. Valores mayores al Grupo 1° del presente trabajo de investigación

(4Mpa) pero menores a los del Grupo 2° (8 Mpa). Es decir, los brackets tratados con primer/adhesivo en su malla superan la fuerza mínima de adhesión sugerida por Reynolds.

En Venezuela en 2014 ⁽²⁸⁾, se realizó un estudio in vitro de la resistencia a la tracción de tres tipos de resinas fotopolimerizables para ortodoncia en brackets metálicos. Probaron la resistencia a la tracción de 20 brackets cementados con resina Transbond XT de 3M Unitek y obtuvieron una media de 7,44 Mpa. Media de resistencia mayor a la obtenida en el Grupo 1° de este trabajo.

García López en 2015 ⁽²⁹⁾, obtuvo en su estudio de comparación de resistencia adhesiva de adhesivos de fotopolimerización con adhesivos de autopolimerización, un promedio de resistencia con aditamentos (Mini Master de la marca American Orthodontics) cementados con Transbond XT de 3M Unitek de 12,35 Mpa. Usando el mismo cemento adhesivo en el presente estudio y con una muestra mayor (24 brackets cementados contra 20 brackets cementados en el estudio de García López) se obtuvo una media de resistencia en el Grupo 1° menor (4 Mpa.).

Los resultados obtenidos en el Grupo 1° del presente trabajo no coinciden con similares estudios consultados, son llamativamente menores. La cantidad de muestras y las diferentes marcas comerciales de los aditamentos y materiales adhesivos utilizados, pueden variar los resultados finales.

Con respecto al Grupo 2° del presente trabajo, no se encontraron antecedentes de trabajos que hayan estudiado sobre la resistencia adhesiva de aditamentos ortodóncicos con primer adhesivo colocado en su malla.

Ésta es una maniobra clínica derivada, posiblemente, de una deformación de la técnica adhesiva estudiada, probada y recomendada por los fabricantes de los materiales de fotopolimerización utilizados para la adhesión en ortodoncia, y por esta razón no fue posible recabar datos teóricos sobre esta práctica.

La media de resistencia obtenida para el Grupo 2° del presente trabajo es de 8 Mpa, valor que supera al de los resultados obtenidos en los estudios citados anteriormente ⁽²⁶⁾⁽²⁷⁾⁽²⁸⁾.

Se puede inferir entonces, que al colocar primer/adhesivo en la malla de los brackets los valores de resistencia adhesiva mejoran, acercándose a los obtenidos en los estudios citados y alejándose de los obtenidos en el Grupo 1° del presente trabajo de investigación.

Recordemos los resultados de la encuesta utilizada en este trabajo y desarrollada en detalle en las páginas 72 a 78, el 35% de los ortodoncistas consultados aplican la maniobra clínica de colocar primer adhesivo en la malla del aditamento a adherir cuando usan sistemas adhesivos de fotopolimerización. Esta maniobra les permite tener, entonces, buena adhesión en sus tratamientos ya que los resultados obtenidos en el presente trabajo así lo manifiestan, concluyendo que los valores de resistencia del Grupo 2º, 8 Mpa, superan a los de Reynolds que sugiere que la fuerza mínima de adhesión para los brackets oscila entre 5,9 Mpa y 7,8 Mpa.

Se deja una ventana abierta a continuar investigando sobre una maniobra clínica bastante utilizada por los ortodoncistas de colocar primer/adhesivo en la malla de los brackets, una manera diferente de realizar la técnica adhesiva.

Teniendo en cuenta el gran abanico de resultados encontrados en el presente trabajo y en los consultados, es necesario seguir estudiando y trabajando en el tema, protocolizando los estudios en cuanto a materiales utilizados y técnica de adhesión.

La clínica es mandataria y lograr el éxito clínico en adhesión es una necesidad y un desafío para la práctica diaria del ortodoncista.

10-Conclusiones

10-Conclusiones

Según los objetivos planteados en el presente trabajo de investigación, pudo arribarse a las siguientes conclusiones:

- La resistencia adhesiva al esmalte dentario de brackets metálicos cementados con sistema adhesivo de fotopolimerización, fue mayor cuando se colocó primer adhesivo en la malla del aditamento que cuando no se lo colocó.
- Los brackets cementados al esmalte dentario con acondicionamiento previo de su malla utilizando primer adhesivo de fotopolimerización, presentaron mayormente (50% de los casos) medidas de resistencia de entre 5 Mpa y 10 Mpa, con una resistencia adhesiva promedio de 8 ± 4 Mpa.
- Los brackets cementados al esmalte dentario sin acondicionamiento previo de su malla con primer adhesivo de fotopolimerización, presentaron mayormente (38% de los casos) medidas de resistencia entre 2 Mpa y 4 Mpa; con una resistencia adhesiva promedio de 4 ± 2 Mpa.
- Los brackets cementados al esmalte dentario con acondicionamiento previo de su malla utilizando primer adhesivo de fotopolimerización presentaron una resistencia adhesiva 100% superior a los brackets cementados al esmalte dentario sin acondicionamiento previo de su malla con primer adhesivo de fotopolimerización, resultado estadísticamente significativo.

11-Bibliografía

11-Bibliografía

- 1- Canut Brusola, J.A. (2000). Ortodoncia clínica y terapéutica. 2º Edición. Editorial Masson-Elsevier. Barcelona.
- 2- Nanda, R. (1998). Biomecánica en ortodóncica clínica. Editorial médica Panamericana. Buenos Aires. Argentina.
- 3- Rodríguez, E. (2008) Ortodoncia Contemporánea diagnóstico y tratamiento. 2º Edición. Amolca. Colombia.
- 4- Graber, L. (2013). Ortodoncia, principios y técnicas actuales. Editorial Elsevier. Barcelona. España.
- 5- Phillips, R.W. (2004). Ciencia de los materiales dentales. 11º Edición. Editorial S.A. Elsevier. España.
- 6- Abramovich, A. (1999). Histología y embriología dentaria. 2º edición. Cap.6. Editorial Médica Panamericana S.A. Buenos Aires. Argentina.
- 7- Gómez de Ferraris, M.E., Campos Muñoz, A. (2002). Histología y embriología bucodental. 2º Edición. Editorial Médica Panamericana. Madrid. España.
- 8- Macchi, R.L. (2007). Materiales dentales. Editorial Médica Panamericana S.A. Argentina.
- 9- Peñarrocha Diago, M.A. (2009). Análisis comparativo de dos bases de bracket. Un estudio in vitro. Revista Gaceta dental.
- 10- Barrancos, M. (1999). Operatoria dental. Editorial Médica Panamericana. Buenos Aires. Argentina.
- 11- Barrancos, J., Barrancos, P. (2006). Operatoria Dental. Integración Clínica. 4º Edición. Editorial Panamericana. Buenos Aires .Argentina.
- 12- Henostroza, G. (2003). Adhesión en odontología restauradora. Editorial Ripano. Curitiba. Brasil.
- 13- García Barbero, J., Kessler Nieto, F. (1997). Adhesión en patología y terapéutica dental. Editorial Síntesis. Madrid. España.
- 14- Brenna, F. (2010). Odontología restauradora procedimientos terapéuticos y perspectiva de futuro. Barcelona, España.
- 15- Singh, G. (2009). Ortodoncia diagnóstico y tratamiento. Editorial Amolca. Medellín. Colombia.
- 16- Nocchi, C. (2008). Odontología restauradora salud y estética. Editorial Médica Panamericana. Argentina.
- 17- Baratieri, L.N. (2004). Restauraciones adhesivas directas en dientes anteriores fracturados. 2º Edición. Editorial Amolca. Sao Paulo. Brasil.
- 18- Reynolds, I. (1975). A review of direct orthodontic bonding. British Journal of Orthodontics. 171-178.
- 19- Keiser, S. (1976). Direct bonding of orthodontic brackets. American Journal Orthodontic and Dentofacial Orthopedic. 69: 318-327.

- 20- Pickett, K.L. (2001). Orthodontic in vivo bond strength: comparison with in vitro results. *Angle Orthodontic*. 71: 141-148.
- 21- Proffit, W. (2008). *Ortodoncia contemporánea*. Editorial Elsevier. España.
- 22- Lanata, E. J. (2003). *Operatoria dental: estética y adhesión*. Editorial Grupo Guía. Argentina.
- 23- Fox, N.A., McCabe, J.F. y Buckey, J.G. (1994). Critique of bond strength testing in Orthodontics. *British Journal of Orthodontics*. 21:1, 33-43.
- 24- *Bonding Technique Guide Orthodontic Products 3M*. (2013).
- 25- Caballero Pachón, A. M., Bincos Uribe, C. A., Fernández Izquierdo, J.A., Rivera Barrero, J.R., Tanaka Lozano, E.M., (2011). Comparación de la fuerza de adhesión y el tipo de falla entre dos cementos de resina para ortodoncia. *Univ. Odontol*. 30(65): 31-39.
- 26- Rodríguez Chávez, J.A., Barceló Santana, F.H., Borges Yáñez, S.A., Arenas Alatorre, J.A. (2013). Comparación de la resistencia al desprendimiento de brackets entre dos sistemas adhesivos (SEP y MIP Transbond) a 60 minutos y 24 horas. *Rev. Mexicana de Ortodoncia*. Vol. 1. Núm. 1. 38-44.
- 27- Aguilar, A., Ferreto, E., Laura, R. (2013). Fuerza de adhesión de un sistema adhesivo de uso de Ortodoncia. *Revista Científica Facultad de Odontología. UCR*, 7-12.
- 28- Sigüencia Cruz, V., García Pacheco, A., Bravo Calderón, E. (2014). Estudio in vitro de la resistencia a la tracción de tres tipos de resinas fotopolimerizables para ortodoncia, en brackets metálicos a esmalte dental humano. *Revista latinoamericana de ortodoncia y Odontopediatría*. Caracas. Venezuela.
- 29- García López, J.A. (2015). Adhesión de brackets metálicos: estudio comparativo In Vitro entre resinas de fotopolimerización y autopolimerización aplicando fuerzas de cizallamiento. Universidad Central del Ecuador. Quito. Ecuador.

Otra Bibliografía consultada

- 1- Bhaskar, S. (1993). Histología y embriología bucal. 11º Edición. Editorial Prado. México.
- 2- Craig, R.G. (1998). Materiales de odontología restauradora. 10º Edición. Editorial Harcourt Brace. Madrid. España.
- 3- Davis, W.L. (1988). Histología y embriología bucal. 1º Edición. Editorial Interamericana. México.
- 4- Jablonski, S. (1995). Diccionario ilustrado de odontología. 1º Edición. Editorial Panamericana. Buenos Aires. Argentina.
- 5- Joubert, H.R. (2010). Odontología adhesiva y estética. Editorial Ripano. España.
- 6- López Fernández, S., Palma Calero, J. M., Guerrero Ibarra, J., Ballesteros Lozano, M., Elorza Pérez, H. (2004). Fuerza de retención al esmalte con adhesivos usados en ortodoncia, utilizando dos tipos de base de brackets (estudio comparativo in vitro). Revista odontológica mexicana. Vol.8 Num.4 pp 122-126. México.
- 7- Luque Luque, H. J., Pérez Vargas, L. F., Carhuamaca León, G. J., Coronado Tamaríz, M. A. (2008). Fuerza de adhesión de brackets reacondicionados con diferentes técnicas adheridos repetidas veces en la misma superficie del esmalte. Odontol. Sanmarquina. 11(2): 60-65
- 8- Padros, E., Padros, J. (2000). Los fastidiosos enigmas de la adhesión dentinaria (nuevas reflexiones). Ideas y trabajos Odontoestomatológicos.
- 9- Ross Michael, P.W. (2007). Histología: texto atlas color con biología celular y molecular. Editorial Panamericana. Buenos Aires. Argentina.
- 10- Sturdevant, C., Roberson, T. (1996). Operatoria Dental. 3º Edición. Editorial Mosby. Madrid. España.
- 11- Vega del Barrio, J.M. (1996). Materiales en odontología. Fundamentos biológicos, clínicos, biofísicos y físico-químicos. Madrid.