

1. Adhesivos dentales -- Tesis y disertaciones académicas
2. Prótesis dentales.
3. Odontología

i

Tesis
RK
652-8
-L89
2009

UNIVERSIDAD SAN FRANCISCO DE QUITO

**Comparación de resistencia al empuje de un poste de fibra de cuarzo
utilizando tres sistemas adhesivos diferentes**

Ma. Paulina Luzuriaga Jácome

90049

Tesis de Grado Presentada como Requisito
para la Obtención del Título de Odontóloga

Quito, enero de 2009

**Biblioteca
U.S.F.Q.**

Universidad San Francisco de Quito
Colegio de Ciencias de la Salud

HOJA DE APROBACIÓN DE TESIS

Comparación de resistencia al empuje de
un poste de fibra de cuarzo utilizando tres diferentes sistemas adhesivos

Ma. Paulina Luzuriaga Jácome

Dr. Francisco Buenaño, Especialista en Odontología (Prótesis Bucal)
Director de Tesis

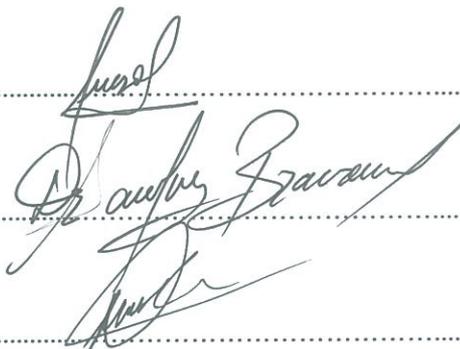


Dra. Soledad Peñaherrera, Rehabilitadora Oral
Miembro del Comité de Tesis

Dr. Santiago Bravomalo, Rehabilitador Oral
Miembro del Comité de Tesis

Dr. Nicolás Castrillon, Endodoncista
Miembro del Comité de Tesis

Dr. Enrique Noboa, Neumólogo
Decano del Colegio de Ciencias de la Salud



Quito, enero de 2009

© Derechos de autor:

Según la actual Ley de Propiedad Intelectual de la República del Ecuador, Art. 5:

“el derecho de autor nace y se protege por el solo hecho de la creación de la obra, independientemente de su mérito, destino o modo de expresión... El reconocimiento de los derechos de autor y de los derechos conexos no está sometido a registro, depósito, ni al cumplimiento de formalidad alguna.”
(Ecuador. Ley de Propiedad Intelectual, Art. 5)

Ma. Paulina Luzuriaga Jácome

2008-2009

USFQ - BIBLIOTECA	
d. Autor	
09-01	
06 ABR. 2009	0 1351

DEDICATORIA

A Patricio Luzuriaga, Paulina Jácome y Sebastian Luzuriaga que han sido: el motor, la esperanza y el amor de mi vida en buenos y malos momentos. Por su valiosa amistad y apoyo incondicional; sabiendo siempre sacar lo mejor de mí.

AGRADECIMIENTOS

A Dios por ser mi guía a través de las dificultades; porque todo tiene su momento y su lugar para ser creado.

A mi familia creer siempre en mi y apoyarme económica y emocionalmente para culminar éste proyecto.

Dra. Irene Vela, por sus consejos, valiosa amistad y colaboración incondicionales.

Dr. Francisco Buenaño por sus enseñanzas, tiempo y amistad brindadas en este largo camino.

Dra. Anita Armas por sus conocimientos y disposición de ayudarme a toda hora.

Dr. Juan Carlos Izquierdo, Dra. Andrea Ponce, Ingeniero Hugo Bonifaz, Dr. Enrique Terán, Dra. Irene Vela, Economista Alfredo Stornaiolo; por su colaboración para la elaboración de esta tesis.

A todo el cuerpo de profesores y alumnos y exalumnos de la U.S.F.Q. que de una u otra forma colaboraron con enseñanzas personales y académicas durante los cinco años de carrera.

A la Dra. Paulina Aliaga, por comprensión y consejos brindados.

Mi más especial agradecimiento al Dr. Fernando Sandoval, por su apoyo, paciencia y el haberme permitido pertenecer a tan prestigiosa facultad; la cual no sólo me ha dejado grandes amigos sino que me ha enseñado valores y conocimientos trascendentales para mi vida profesional.

RESUMEN.-

Propósito. Evaluar la adhesión de un poste de fibra de cuarzo utilizando tres sistemas adhesivos y un cemento de curado dual; por medio de resistencia al empuje en tres regiones diferentes del poste.

Materiales y Métodos. 24 premolares fueron seleccionados y sus coronas seccionadas. Los conductos se trataron endodóncicamente. A las veinte y cuatro horas, realizaron las preparaciones para los postes. Se dividió en tres grupos experimentales (n=8); y los trataron con uno de los tres sistemas adhesivos: All Bond 3, Single Bond y All Bond 2. Los postes de fibra de cuarzo (DT Light Post) se cementaron con un cemento resinoso dual (DuoLink). Con un conformador se embebieron las raíces en acrílico y fabricó cilindros. De cada espécimen, obtuvieron tres secciones (cervical, medio y apical) de 3mm de altura; con cortes perpendiculares al eje longitudinal del poste. Sometieron los especímenes a pruebas de resistencia al empuje (0.5mm/min). Los valores de fuerza de adhesión(MPa) fueron obtenidos al dividir la fuerza de desalojo para el área del poste. Los resultados se sometieron a análisis estadístico de ANOVA, Barlett, Tukey-Kramer y Kolmogorov y Smirnov.

Resultados. All Bond 3 fue muy significativo ($p=0.0076$) entre sus tercios; donde el más resistente fue el tercio coronal (29.519 ± 4.929). Single Bond resultó extremadamente significativo ($p=0.0001$) y el tercio medio fue el más resistente (27.586 ± 4.797). En All Bond 2 no hubo diferencias significativas ($p=0.53$) entre sus tercios pero, el tercio coronal demostró mayor resistencia (21.774 ± 4.634).

Además, en el tercio coronal All Bond 3 obtuvo diferencias muy significativas ($p<0.01$) al compararlo con All Bond 2, mientras no se obtuvo diferencias significativas entre los otros sistemas adhesivos.

Conclusiones. All Bond 3 es el adhesivo de mayor resistencia. Para cada sistema adhesivo sí existe diferencias significativas en las resistencias de las tres regiones radiculares, donde en todos el tercio apical fue el que demostró menor resistencia al empuje.

ABSTRACT.-

Purpose. Evaluate the compatibility of bonding between a quartz fiber post and three bonding systems luted with a dual-polymerized resin luting agent; with push-out tests on the apical, cervical and middle regions of the post space.

Material and methods. 24 premolars were selected. The crowns were sectioned and the roots were endodontically treated. Twenty four hours later the post spaces were prepared. The roots were divided into 3 groups (n=8) and the post spaces were treated with one of the three bonding agents: All Bond 3, Single Bond y All Bond 2; according to the manufacturer's guidelines. The quartz fiber posts (DT Light Post) were luted with a dual-polymerized resin luting agent (DuoLink). With a fixator cylinders were conformed by embedding the root surfaces in autopolymerizing acrylic. From each specimen, 3 post/dentin sections (cervical, middle and apical) perpendicular to the long-axis were obtained, each 3mm thick. Push-out tests were performed with a universal testing machine at a crosshead speed of 0.5mm/min, and bond strength values (MPa) were calculated by dividing the force at which bond failure occurred by the bonded area of the post. The data were analyzed with ANOVA, Barlett, Tukey-Kramer y Kolmogorov y Smirnov tests.

Results. All Bond 3 was significant ($p=0.0076$) between the regional bond strength values were the most resistant was the coronal post space dentin (29.519 ± 4.929). Single Bond showed extremely significant ($p=0.0001$) between the regional bond strength values were the most resistant was the media post space dentin (27.586 ± 4.797). On the other hand, All Bond 2 do not have significant differences ($p=0.53$) but according to strength the coronal post space dentin had the highest values (21.774 ± 4.634).

Also in the coronal post space dentin it was seen that All Bond 3 was significant different ($p<0.01$) than All Bond 2 while there was no significant differences between the other bonding agents.

Conclusion. All Bond 3 is the best bonding agent for fibre quartz posts cemented with a dual resin agent cement. In all adhesive systems the apical post space dentin was the weakest of all the three regions as it demonstrates the lowest values of strength in push-out and high deviation standards.

TABLA DE CONTENIDO

1.Introducción.....	1
2.Objetivos.....	5
3.Hipótesis.....	5
4.Marco Teórico.....	6
PARTE I: Tratamiento endodóncico previo a la restauración	
4.1. Diagnóstico inicial	6
4.2. Debridamiento	8
4.2.1. Elección de limas	8
4.2.2. Técnicas de instrumentación	10
4.1.3. Irrigantes y quelantes	14
4.3. Obturación	17
4.3.1. Materiales de obturación	17
4.3.2. Técnicas de condensación	18
PARTE II: Rehabilitación del diente endodonciado	
4.4. Dentina	21
4.4.1. Clasificación de dentina por su localización	23
4.4.2. Dentina de un diente con tratamiento de conducto	24
4.5. Acondicionamiento ácido de la dentina	25
4.5.1. Tiempo de acondicionamiento ácido	25
4.5.2. Inconvenientes del acondicionamiento total ácido	26
4.6. Sistemas adhesivos de cuarta y quinta generación	27
4.6.1. Composición y estructura del Primer y Bond.....	27
4.6.2. Información de los sistemas adhesivos a utilizar en este estudio	29
4.6.3. Propiedades deseables de los sistemas adhesivos	35
4.7. Mecanismos de las fallas producidas en la adhesión a dentina	36
4.7.1. Falla cohesiva	36
4.7.2. Falla adhesiva	36
4.7.3. Fallas marginales	36
4.7.4. Por el solvente del primer	37
4.7.5. Por el número de capas del adhesivo	38
4.7.6. Por el secado para eliminar el solvente	38
4.7.7. Por la fotoactivación del adhesivo	38
4.7.8. Otros factores que influyen	39
4.8. Postes Prefabricados	39
4.8.1. Función	39
4.8.2. Características que los hacen superiores	39
4.8.3. Composición postes de fibra	40

4.8.4. Distribución del estrés de las fibras	40
4.8.5. Variables que afectan a la retención de un poste	40
4.8.5.1. Cantidad de estructura coronaria y forma del conducto	41
4.8.5.2. Longitud	41
4.8.5.3. Diámetro	41
4.8.5.4. Diseño del poste y características de su superficie	42
4.8.6. Resistencia a la fractura de los postes de fibra	43
4.8.7. Postes de fibra de cuarzo	44
4.8.7.1. DT-Light Post	44
4.9. Cementos	45
4.9.1. Función	45
4.9.2. Cementación adhesiva	45
4.9.3. Cementos resinosos	45
4.9.3.1. Composición	45
4.9.3.2. Clasificación	46
4.9.4. Presión hidrostática durante la cementación	47
4.9.5. Duo-Link	48
4.9.6. Etapas para la cementación de postes no metálicos	48
5. METODOLOGÍA	51
5.1. Diseño del estudio	51
5.2. Materiales y Métodos	51
6. RESULTADOS	59
7. DISCUSIÓN	66
8. CONCLUSIONES	73
9. RECOMENDACIONES	73
10. BIBLIOGRAFÍA	74
11. ANEXOS	78

4.8.4. Distribución del estrés de las fibras	40
4.8.5. Variables que afectan a la retención de un poste	40
4.8.5.1. Cantidad de estructura coronaria y forma del conducto	41
4.8.5.2. Longitud	41
4.8.5.3. Diámetro	41
4.8.5.4. Diseño del poste y características de su superficie	42
4.8.6. Resistencia a la fractura de los postes de fibra	43
4.8.7. Postes de fibra de cuarzo	44
4.8.7.1. DT-Light Post	44
4.9. Cementos	45
4.9.1. Función	45
4.9.2. Cementación adhesiva	45
4.9.3. Cementos resinosos	45
4.9.3.1. Composición	45
4.9.3.2. Clasificación	46
4.9.4. Presión hidrostática durante la cementación	47
4.9.5. Duo-Link	48
4.9.6. Etapas para la cementación de postes no metálicos	48
5. METODOLOGÍA	51
5.1. Diseño del estudio	51
5.2. Materiales y Métodos	51
6. RESULTADOS	59
7. DISCUSIÓN	66
8. CONCLUSIONES	73
9. RECOMENDACIONES	73
10. BIBLIOGRAFÍA	74
11. ANEXOS	78

Lista de figuras

Gráficos

• Gráfico 1. Radiografía: a) Inicial, b)Medición de conductos curvos por la técnica de Schneider -----	6
• Gráfico 2. Lima K sobrepasando el foramen apical -----	7
• Gráfico 3. Esquema de una lima tipo K estandarizada de acuerdo con las normas ISO	8
• Gráfico 4. Gates Glidden -----	9
• Gráfico 5. Técnica de Step Back -----	11
• Gráfico 6. Fuerzas balanceadas -----	11
• Gráfico 7. Técnica de Crown Down -----	12
• Gráfico 8. Fórmula del hipoclorito de sodio: NaClO -----	14
• Gráfico 9. EDTA unido a un ión metálico -----	15
• Gráfico 10. Tipos de condensación endodóncica: a)Condensación lateral, b)cantidad de cemento empleado en condensación lateral y c)condensación vertical -	19
• Gráfico 11. Túbulos dentinarios y su trayecto a)Ramificaciones Arboriformes de la corona b)Ramificaciones Dicotómicas de la raíz -----	22
• Gráfico 12. Dentina peritubular e intertubular -----	22
• Gráfico 13. Cantidad y tamaño de tubulos dentinarios presentes en la dentina -----	23
• Gráfico 14. Smear layer, smear plugs, resin tags y capa híbrida -----	24
• Gráfico 15. Primer y Tensión superficial -----	28
• Gráfico 16. a) Capilaridad, b) Humectancia y ángulo de contacto -----	28
• Gráfico 17. Capa híbrida con dentina desmineralizada sin cubrir por el adhesivo ----	35
• Gráfico 18. Fallas de los sistemas adhesivos: a)cohesivas y b)adhesivas -----	36
• Gráfico 19. DT Light Post -----	42
• Gráfico 20. Promedios de resistencia a la fractura en kg para Filpost(titanio), DT Light Post (cuarzo), Parapost (fibra de vidrio) y CosmoPost (Zirconia) -----	43
• Gráfico 21. Etapas para la cementación de DT-Light -----	46
• Gráfico 22. Especímenes seleccionados para este estudio -----	51
• Gráfico 23. Control radiográfico de la Obturación -----	52
• Gráfico 24. All Bond 2 -----	54
• Gráfico 25. Single Bond -----	54
• Gráfico 26. All Bond 3 -----	54
• Gráfico 27. Cementación de DT Light -----	55
• Gráfico 28. Cilindros de acrílico con los especímenes -----	56
• Gráfico 29. Conformador de muestras -----	56
• Gráfico 30. Muestras porción cervical, media y apical -----	57
• Gráfico 31. Diagrama de una sección del poste para aplicación de fórmula -----	57
• Gráfico 32. Máquina adaptada para las pruebas de resistencia al empuje -----	58
• Gráfico 33. Especímen y Pistón -----	58
• Gráfico 34. Resultados estadísticos de éste estudio -----	65

Tablas

• Tabla 1: Estandarización de limas manuales, Cálculo de sus diámetros y codificación de colores -----	9
• Tabla 2: Equivalencia de tamaño entre instrumentos rotatorias Gates Glidden y limas manuales -----	9
• Tabla 3: Fuerzas de resistencia del cemento a la dentina radicular con sistemas adhesivos de Wet Bonding y Self etch según estudios de Hayashi y colaboradores -----	17
• Tabla 4: pH y composición de All Bond 2 y Single Bond, sistemas adhesivos a utilizar en el estudio -----	31
• Tabla 5: Solventes, etapas y relleno de Single Bond, All Bond 2 y All Bond -----	31
• Tabla 6: Ventajas y Desventajas de los solventes -----	37
• Tabla 7: Tiempo de trabajo y fraguado de Duo-Link -----	48
• Tabla 8: Resultados de ANOVA de 2-vías -----	59
• Tabla 9: Valores regionales de la <i>resistencia al empuje</i> (media \pm DE) en MPa obtenidas por pruebas de ANOVA de 1-vía realizadas independientemente para cada sistema adhesivo -----	59
• Tabla 10: Significado del <i>valor p</i> según ANOVA de 1-vía para cada adhesivo y región -----	60
• Tabla 11: Resultados de las Pruebas estadísticas de <i>All Bond 3</i> en los diferentes tercios dentarios -----	60
• Tabla 12: Resultados de las Pruebas estadísticas de <i>Single Bond</i> en los diferentes tercios dentarios -----	61
• Tabla 13: Resultados de las Pruebas estadísticas de <i>All Bond 2</i> en los diferentes tercios dentarios -----	62
• Tabla 14: Resultados de las Pruebas estadísticas en el <i>Tercio Coronal</i> con los tres diferentes adhesivos -----	63
• Tabla 15: Resultados de las Pruebas estadísticas en el <i>Tercio Medio</i> con los tres diferentes adhesivos -----	64
• Tabla 16: Resultados de las Pruebas estadísticas en el <i>Tercio Apical</i> con los tres diferentes adhesivos -----	64

ANEXOS

• Anexo 1: Conversión lectura dial, a fuerza de desalojo en KN y luego a N -----	78
• Anexo 2: Base de datos -----	79
• Anexo 3: Resultados estadísticos originales -----	82

1. INTRODUCCIÓN

Los dientes con tratamientos de endodoncia tienen un mayor riesgo de fallas biomecánicas que un diente vital¹, ya que tienen un 69% menos de resistencia a la fractura por su alteración arquitectónica². Por ello, la mayoría de dientes con tratamiento de endodoncia requieren de un sistema de restauración con poste y muñón para recuperar su función y salud óptimas³. El mejor concepto de restauración es preservar la integridad del diente reconstruido, así como su raíz principalmente, que es el único componente del sistema poste-núcleo-corona que no puede ser reemplazado².

Entonces, la aplicación de un poste debe ser considerada solo cuando el tejido dentario remanente en cervical ya no puede proveer un adecuado soporte y retención para una restauración que preserve la estructura dentaria para proveer al diente de fuerza y resistencia a la fractura⁴. Si la mejor elección es un sistema de poste y muñón, éste debe cumplir con ciertos requerimientos como satisfacer factores biológicos, mecánicos y estéticos³.

Tradicionalmente, los postes prefabricados disponibles eran fabricados a base de metal y su uso resultaba en una compleja combinación de materiales⁵. Actualmente son más utilizados materiales con características mecánicas parecidas⁶ a la dentina como son los postes de fibra⁷, que fueron introducidos en 1990 y rápidamente fueron aceptados⁸. Estos postes están compuestos por fibras unidireccionales⁹ de diversos materiales como: carbón, cuarzo, vidrio¹⁰; embebidas en una matriz de resina¹¹. Dicha matriz comúnmente se compone de polímeros epóxicos con un alto grado de conversión monomérica y una estructura altamente entrelazada¹. La matriz y las fibras se unen entre sí a través de agentes de silano¹².

Debido a su composición, los postes de fibra tienen la propiedad de poder ser cementados por medio de una técnica adhesiva¹⁰ ya que son químicamente compatibles con el Bis-GMA (bisfenol glicidil metacrilato), compuesto básico de los agentes resinosos cementantes que son comúnmente usados en el proceso de adhesión^{11,12}.

Por otro lado, los postes de fibra tienen un comportamiento mecánico igual al de una viga, y su rigidez se da por su combinación de diámetro y el material de elección¹³. Distribuyen el stress a lo largo de casi toda la superficie, incrementando el umbral de resistencia antes de poder evidenciar microfracturas¹. Consecuentemente, los postes de fibra han reportado la reducción del riesgo de fracturas dentales^{8,14}, que es la complicación

que más daño causa en este tipo de tratamiento, y muestran un rango de supervivencia más alto que el de otros postes¹⁵.

En un intento por mejorar la estética de dichos postes de fibra, se promovió la fabricación de postes de fibra translúcidos¹². Este tipo de poste translúcido además de sus buenas características físicas, permite el paso de luz a través del mismo, permitiendo la fotopolimerización de los materiales adhesivos que lo rodean¹⁰. Akkayan et al.⁵, en el 2002 muestra que los postes de fibra de cuarzo tienen una resistencia a la fractura significativamente superior (91,20kg) a postes de titanio, zirconio y vidrio.

Estudios clínicos demuestran la eficacia del uso de postes de fibra translúcidos, pero también identifican que la causa más frecuente de fracasos es una adhesión inadecuada¹². Concluyen que, la retención de los postes de fibra en los conductos radiculares depende de la fuerza de adhesión entre el material del poste y el agente resinoso cementante, así como entre el agente resinoso cementante y la dentina¹².

Para mejorar la adhesión de los cementos resinosos con los postes de fibra, diferentes tipos de acondicionamientos, como el uso de aire abrasivo, silano, aire abrasivo con un recubrimiento de partículas de aluminio y silicio, han sido aplicados a la superficie del poste^{16,17}. Sin embargo Akgungor et al.¹², citan un estudio de Sahafi et al. en el 2004, en el cual se indica que un inefectivo acondicionamiento con estos métodos en un poste de fibra limita la adhesión entre un agente resinoso cementante y la dentina intraconducto¹². De la misma forma Boschian Pest et al.¹⁴ en el 2002, compararon las fuerzas de adhesión entre la dentina intraconducto y el cemento resinoso, y el cemento resinoso y los postes de fibra por pruebas de push-out o también denominadas de resistencia al empuje y, reportaron una disminución significativa de los valores de fuerzas de adhesión entre la dentina intraconducto y el cemento resinoso en los casos de falta de afinidad química. Concluyen que no se requiere de dichos acondicionamientos en un poste de fibra, ya que la mayoría de fracasos se deben a la falla adhesiva entre el cemento y la dentina¹⁴.

En la adhesión con postes se debe considerar que la de dentina coronaria no es igual a la de dentina intraconducto y que, ésta última sufre variaciones morfológicas en las distintas zonas del conducto radicular^{18,19}. La función principal de un sistema adhesivo es humectar e imprimir la superficie. Los postes pueden adherirse a la estructura dentaria por medio de agentes bonding para mejorar el pronóstico del diente²⁰ y crear un sistema diente-poste-núcleo-corona que funcione como una sola unidad³. Originalmente se recomendaba el uso de un sistema adhesivo de tres pasos que requería de: acondicionamiento ácido, un

primer y adhesivo por separado. Con la finalidad de lograr un proceso más rápido, se simplificó el sistema adhesivo al de una sola botella con primer adhesivo, éstos se introdujeron rápidamente y fueron indicados para su uso clínico con postes de fibra. Los dos sistemas requieren de un acondicionamiento ácido para lograr una capa híbrida óptima y así mejorar la resistencia de adhesión a dentina. Se dice que, la dificultad de controlar los niveles de humedad y la falta de visibilidad de la dentina intraconducto, disminuye las posibilidades de lograr una adhesión perfecta con estos sistemas, al no lograrse una completa aplicación y polimerización¹². Sin embargo, en un estudio de Akgungor et al.¹² en el 2006, se utilizó postes de fibra de cuarzo (D.T.-Light) en las tres regiones del conducto, utilizando dos adhesivos *single-bottle* y se observó que la capa híbrida de este tipo de sistema adhesivo dejaba un grosor de 4-5 μ m¹².

Ya que es crítico que todos los componentes del sistema adhesivo no alcancen su polimerización máxima para asegurar una óptima adhesión¹¹, los agentes resinosos cementantes, como los adhesivos, pueden ser: con fórmulas fotopolimerizables, autopolimerizables o duales¹¹. Akgungor et al.¹² mencionan que, debido a la dificultad del poste de transmitir luz a la región apical del espacio intraconducto, es recomendable el uso de cementos y adhesivos duales que provean una adhesión más fiable a la dentina intraconducto¹². La polimerización dual es la combinación de dos mecanismos: una reacción química de los sistemas de autocurado y la exposición de luz para iniciar la reacción como en los sistemas de fotocurado¹¹.

Una vez preparada la superficie dentinaria con un adhesivo, se puede cementar el poste. En el momento de cementar, se espera tener un sellado fuerte debido a las recientes mejoras en la habilidad de sellar con los sistemas adhesivos y cementos resinosos¹⁴. Kalkan et al.¹, cita un estudio de Bachicha et al. en 1998, en el cual realizaron un estudio para observar la filtración en postes de fibra de carbón cementados con un adhesivo y un cemento resinoso y, mostraron que estos tenían menos filtración que aquellos cementados con ionómeros de vidrio o cementos de fosfato de zinc. Akgungor et al. en el 2006, citan estudios previos de Ferrari et al., Mannocci et al. y Vichi et al., con SEM que demuestran ausencia de burbujas en la interfase entre el agente resinoso cementante y el poste de fibra translúcido, indicando una buena adhesión entre la matriz resinosa del poste y el agente resinoso cementante¹².

La fuerza de adhesión entre el poste y el diente ha sido medida por medio de pruebas convencionales de tracción en la dentina externa de la raíz o en la superficie intraconducto con métodos de tracción (*pull-out*) y resistencia al empuje (*push-out*)¹⁴. Aunque se ha sugerido que, debido al pequeño tamaño de los especímenes, las pruebas de microtracción con microtensiómetro⁸ permiten una distribución más uniforme a lo largo de la interfase de adhesión; Kalkan et al. nombran a Sudsangiam et al. (1999), quienes luego de un estudio concluyen que el método de resistencia al empuje tiene el beneficio de ser clínicamente más relevante¹. La técnica de resistencia al empuje produce un alto stress uniforme en la interfase adhesiva tanto en pruebas realizadas en todo el poste como en segmentos delgados de la raíz¹.

Incluso Guido Goracci et al.²¹ en el 2004, compararon una técnica de microtracción con una prueba de “*micro push-out*”, también denominada “micro resistencia al empuje” para comparar su habilidad de dar mediciones precisas en las fuerzas de adhesión de postes de fibra cementados en el interior del espacio intraconducto. Al medir las fuerzas de adhesión de los postes cementados, los autores concluyeron que las pruebas de micro resistencia al empuje son más fiables que la técnica de microtracción. Además, que con la técnica de resistencia al empuje, cada espécimen preparado provee una medida útil y la variación en la información recopilada es pequeña. Por el contrario, la técnica de microtracción registró un alto número de fracasos prematuros y una amplia variación entre la información recopilada²¹.

Por todo lo anteriormente mencionado y luego de revisar la literatura, en este estudio se utilizará la técnica de microresistencia al empuje ya que ha demostrado ser la más confiable y sensible para evaluar la compatibilidad de adhesión de un poste de fibra de cuarzo, en cortes transversales de las regiones apical, media y coronal, utilizando tres sistemas adhesivos diferentes y un cemento de curado dual.

2. OBJETIVOS

2.1. General:

Evaluar la fuerza de adhesión de un poste de fibra de cuarzo utilizando tres sistemas adhesivos y un cemento de curado dual, por medio de micro resistencia al empuje en tres regiones diferentes del poste.

2.2. Específicos:

- Comparar a través de pruebas de resistencia de empuje tres sistemas adhesivos (All Bond 3 - Bisco; Adper Single Bond 2 - 3M; All Bond 2 – Bisco) y determinar el más indicado en la adhesión de un poste de fibra de cuarzo (DT Light Post # 2 – Bisco).
- Establecer si existe diferencia entre las resistencias de adhesión de las tres diferentes regiones del poste (apical, media y coronal).
- Identificar cuál de las tres regiones es la más resistente en cada sistema adhesivo

3. HIPÓTESIS

- Existe diferencia en cuanto a la resistencia adhesiva obtenida entre los sistemas adhesivos, donde el adhesivo de cuarta generación All Bond 3 permite conseguir valores de resistencia al empuje más altos.
- Si existe diferencia entre las resistencias de adhesión en cada tercio, ya que la fuerza de adhesión de un poste a dentina es diferente en las tres regiones del poste debido a la variada morfología de la dentina intraconducto, donde la región coronal será la más resistente.

4. MARCO TEÓRICO

PARTE I: Tratamiento Endodóncico Previo a la Restauración

El tratamiento endodóncico tiene como objetivo “la restauración de la forma y la función del diente tratado del aparato masticatorio”²². Éste comprende tres fases fundamentales que incluyen varios factores. La primera es el diagnóstico, en la que se identifica el trastorno a tratar y se desarrolla un plan de tratamiento. La siguiente fase es la preparación, en la que se elimina el contenido del conducto y los tejidos adyacentes, y se lo conforma para facilitar el ingreso del material de obturación. La última fase es el sellado apical y coronal. El selle apical se da por medio de la obturación en la que se crea un sello hermético con gutapercha²². El sellado coronal, se lo realiza con un material que evite la contaminación de las bacterias y sus productos, desde la porción coronal hacia los tejidos periapicales. Puede ser con una restauración temporal durante el tratamiento de endodoncia y al finalizar el mismo por medio de una restauración definitiva.

Cada fase es independiente de la otra; sin embargo, para conseguir resultados globales satisfactorios hay que completar correctamente cada una o fracasa el tratamiento y se refleja en la respuesta de las estructuras adyacentes²².

4.1. Diagnóstico Inicial

Son muchos los pasos que en la ejecución de un tratamiento de endodoncia definen el éxito o fracaso del mismo. La radiografía inicial (**Gráfico 1a**) es importante para determinar el diámetro, curvatura o número de conductos y patología periapical o reabsorciones²².

Para determinar cuan curvo es un conducto, únicamente en sentido mesiodistal, Schneider propuso un método que consiste en trazar dos líneas (**Gráfico 1b**), una que desciende desde el suelo de la cámara siguiendo el eje longitudinal del conducto a lo largo de la mayor parte de los dos tercios coronarios de la raíz, y otra que va desde el ápice en dirección oclusal atravesando el tercio apical de la raíz. Estas dos líneas se cruzan y forman cuatro ángulos. El ángulo interno equivale aproximadamente a la curvatura del conducto; por lo que si éste es mayor a los 30°, se denomina una curvatura de riesgo o severa, la cual dificulta el caso notablemente²².

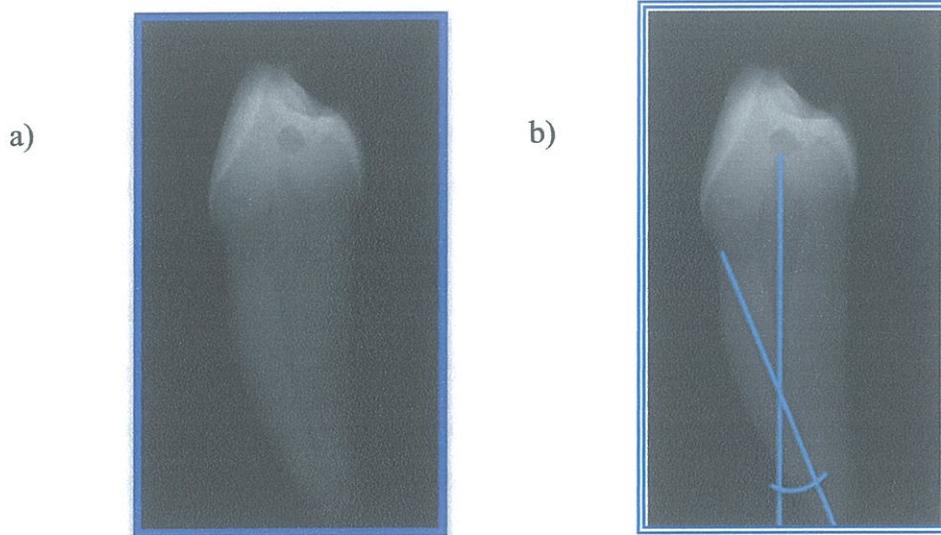


Gráfico 1. Radiografía: a) RX inicial, b) Medición de conductos curvos por la técnica de Schneider
Por: Paulina Luzuriaga Jácome

Posterior al acceso a la cámara, se debe verificar la permeabilidad de los conductos, para lo cual se inserta pasivamente una lima 10K (Mayleffer) sobrepasando 1mm el agujero apical (**Gráfico 2**), para verificar ausencia de bloqueos, salientes y perforaciones del conducto además de permitir que la solución irrigadora circule por las paredes laterales del conducto²³.

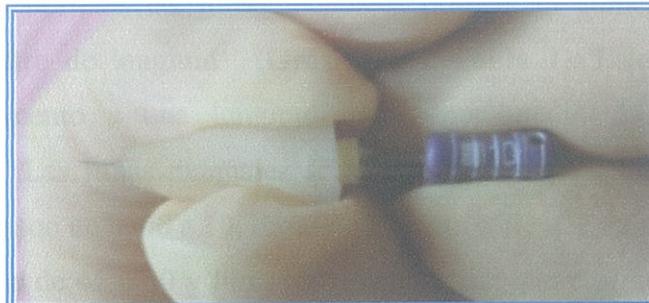


Gráfico 2. Lima K sobrepasando el foramen apical
Por: Paulina Luzuriaga Jácome

A continuación se determina la longitud de trabajo, conocida como la distancia desde un punto de referencia coronal estable hasta 0.5 a 1mm corto del foramen apical^{24,25}; que histológicamente coincide con la unión cemento-dentina²². Ésta zona se localiza mediante microscopía. Para determinar la longitud de trabajo puede ser mediante: 1) métodos radiográficos, 2) sensación táctil de dedos y 3) por medios electrónicos como localizadores de ápice.

Sin embargo, en estudios *in vitro* se puede sobrepasar el foramen (**Gráfico 2**) y reducir 0.5mm a la medida visual del conducto radicular para obtener una la longitud de trabajo exacta²³. De la exactitud de esta medida dependerá la profundidad de instrumentación y obturación, la presencia de dolor post-operatorio y la respuesta favorable o desfavorable del tratamiento²².

4.2. Debridamiento

El tratamiento endodónico consiste esencialmente en un proceso de debridamiento. El objetivo de este proceso es obtener una preparación totalmente limpia de tejido y de microorganismos irritantes²⁶, para que estos no puedan alcanzar el tejido periapical²⁷; así como lograr una conicidad uniforme y lisa²⁸ a lo largo del conducto.

Para lograr estos objetivos del debridamiento se debe elegir: los tipos de limas, técnicas de instrumentación, irrigante y quelante a utilizar en este proceso.

4.2.1. Elección de Limas

En cuanto al uso de limas, éstas pueden ser manuales o rotatorias, así como deben ser estandarizadas según las Normas ISO (*Internacional Standards Organization*) vigentes²².

Según dichas normas, las limas manuales poseen un aumento de 0.02mm^2 de diámetro por milímetro de longitud²³ (**Gráfico 3** y **Tabla 1**). Esto facilita calcular el diámetro del instrumento a una longitud dada²³ por medio de la fórmula: $D_0 + (0.02\text{mm}^2)(\text{longitud})$. Las limas manuales se dividen en cuatro series según su calibre: limas de preserie que son de la 06 a 10, limas de primera serie que van de 15 a 40, limas de segunda serie que van de 45 a 80 y limas de tercera serie, que casi no se utilizan²³. Éstas vienen codificadas con colores (**Tabla 1**) y símbolos en sus mangos²³.

Para un debridamiento apical manual, normalmente se utilizan limas K o K-Flex (**Gráfico 3**). Estas últimas poseen una punta Batt o inactiva no cortante. Al seccionarlas transversalmente tienen un perfil triangular. Son más flexibles y tienen mayor área de escape²⁷. En su mango poseen un símbolo □.

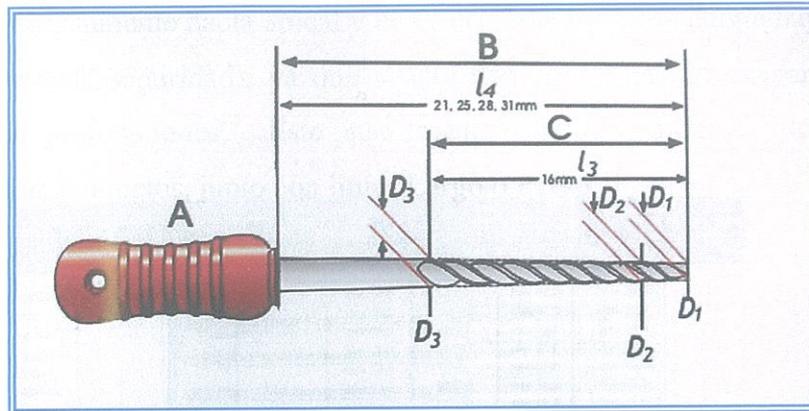


Gráfico 3. Esquema de una lima tipo K estandarizada de acuerdo con las normas ISO.

A: Mango de plástico en colores, B: Vástago metálico de acero inoxidable, C: Longitud de la parte activa (de trabajo) mínimo 16mm, D1: Diámetro de la proyección del final de la parte activa (# de instrumento), D2: Diámetro medido a 3mm del final de la parte activa, D3: Diámetro de la base de la parte activa, L3: longitud de la parte activa, L4: longitud total variable de 21, 25, 28 o 31mm)

Tomado de: Leonardo, 2005

TABLA 1: Estandarización de limas manuales, cálculo con fórmulas de tres diámetros (punta activa, a 3mm y a 16mm) y código de colores

SERIE	CALIBRE (ISO)	DIAMETRO D1 (de la Punta activa) mm.	DIAMETRO D2 (3mm de la punta) mm.	DIAMETRO D3 (Base parte activa) mm.	CODIGO DE COLORES
PRE	8	0,08	0,14	0,40	Morado
	10	0,10	0,16	0,42	Rosado
PRIMERA	15	0,15	0,21	0,47	Blanco
	20	0,20	0,26	0,52	Amarillo
	25	0,25	0,31	0,57	Rojo
	30	0,30	0,36	0,62	Azul
	35	0,35	0,41	0,67	Verde
	40	0,40	0,46	0,72	Negro
FORMULAS		# del mango / 100	$D1+(0.02\text{mm}^2)(3)$	$D1+(0.02\text{mm}^2)(16)$	

Para un debridamiento del tercio medio y coronal, se utilizan instrumentos rotatorios denominados Gates Glidden (**Gráfico 4**); ya que el uso de este tipo de instrumentos rotatorios provee espacio suficiente para poner postes en los casos necesarios²⁵. Este instrumento rotatorio posee un vástago largo y fino con su zona más frágil junto al mandril, es decir en coronal. Tienen una parte activa de 3mm en forma de flama. Pueden ser de 28mm ó 32mm de largo y vienen en 6 tamaños, que tienen un valor equivalente a las limas normales²³, como se puede ver en la **Tabla 2**.

Las Gates Glidden deben usarse pasivamente con una pieza de baja velocidad a 20.000rpm²³. Se las debe mantener siempre activadas durante los movimientos de entrada y salida para cortar y conformar las paredes del conducto²⁵. En su uso se necesita una

presión ligera directamente hacia apical y en dirección a las áreas donde hay mayor grosor de dentina (zona de seguridad), ya que si hay una conformación exagerada debilita al diente o causa perforaciones²⁴. Este instrumento rotatorio también puede servir para desobturación de conductos, junto con limas Largo o Peeso.

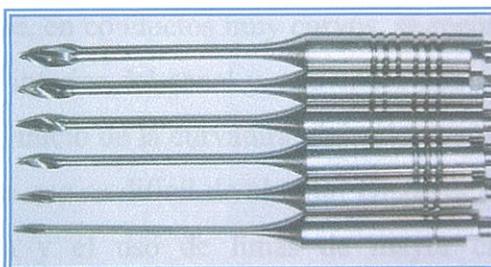


Gráfico 4. Gates Glidden
Por: Paulina Luzuriaga Jácome

TABLA 2. Equivalencia de tamaño entre instrumentos rotatorios Gates-Glidden y limas manuales

# de Gates Glidden	Valor de Lima manual
1	0.50
2	0.70
3	0.90
4	1.10
5	1.30
6	1.50

4.2.2. Técnicas de Instrumentación

Se han descrito varias técnicas de instrumentación que logren un debridamiento efectivo y una buena configuración del conducto radicular minimizando el porcentaje de accidentes²⁴.

La técnica de Step Back o paso atrás, fue descrita por Clem en 1969²⁹ (**Gráfico 5**). Es una técnica ápico-coronal que se basa en el uso secuencial de instrumentos de menor a mayor calibre²³. Es recomendado el uso de limas manuales ISO²³. La técnica describe: permeabilizar el conducto, elegir la lima inicial apical que se ajuste en la constricción y se procede a ensanchar de 3 a 4 calibres más. El calibre de la última lima que prepara apical, se denomina lima maestra apical. A continuación, se realiza un aumento progresivo del calibre de las limas mediante retrocesos de 1mm de la longitud anterior por cada nuevo calibre; con la finalidad de lograr una morfología cónica. Tras cada nueva lima, se recapitula con la lima maestra apical para mantener permeabilidad²⁹.

La ventaja de dicha técnica es que produce menos transportaciones, por utilizarse en apical limas de menor diámetro que tienen mayor flexibilidad²⁹ y se pueden colocar inicialmente con más facilidad y a mayor profundidad²³. Roane et al., citan un estudio realizado por Allison et al.(1979), quienes indican que se logró una mejor obturación al preparar el conducto con la técnica de step-back²⁷.

La desventaja es que, en conductos muy curvos, se recomienda precurvar las limas para que ingresen recto al interior del canal y esto causa una transportación del conducto en la parte más externa del inicio de la curvatura; dejando una preparación apical en forma de reloj de arena endentada que es difícil de obturar. Dicho defecto se incrementa por una exagerada instrumentación y el uso de limas de mayor calibre que poseen menor flexibilidad. Por esta razón, para minimizar los daños, se limita la instrumentación hasta máximo una lima 25²⁸.

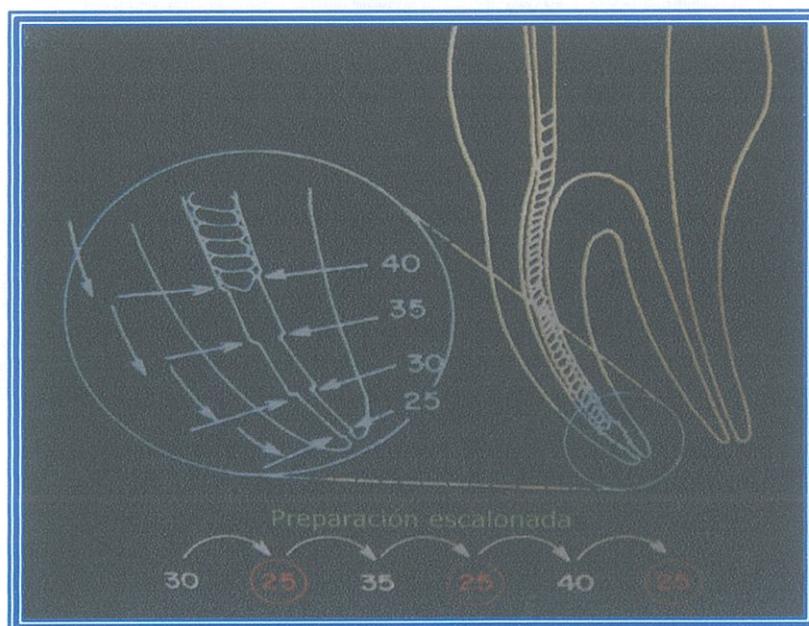


Gráfico 5. Técnica de Step Back
Tomado de: Leonardo, 2005

Otra técnica se denomina fuerzas balanceadas o equilibradas (**Gráfico 6**), descrita por James Roane en 1985²⁷. Él definió una secuencia de movimientos horarios y antihorarios que puedan controlar los instrumentos endodóncicos a ser utilizados en la instrumentación del conducto, sin ignorar la curvatura del conducto²⁷. La rotación horaria da potencia y la lima se mueve hacia apical; mientras que, la rotación antihoraria es de control ya que el instrumento se centra en el eje radicular y posee un movimiento coronal.

Por lo que en la rotación antihoraria, se requiere ejecutar una ligera presión para impedir su extrusión²⁹ y que se logre el corte de dentina²⁷.

La técnica describe la repetición de $\frac{1}{4}$ de rotación en sentido de las manecillas del reloj y $\frac{1}{2}$ a $\frac{1}{4}$ de vuelta en sentido antihorario hasta llegar a la longitud deseada²⁷.

El objetivo es lograr una superficie regular sin escalones con el uso de limas con los mismos principios de las Flex-R (Union Broach), elaboradas por Roane, como son las actuales K-Flex (Mayleffer); ya que tienen mayor resistencia a la fractura²⁷. En un estudio realizado por Roane y Sabala, se concluyó que en la rotación de una lima K hay menos probabilidad de provocar daño físico a dicho instrumento si se lo rota en sentido antihorario³⁰.

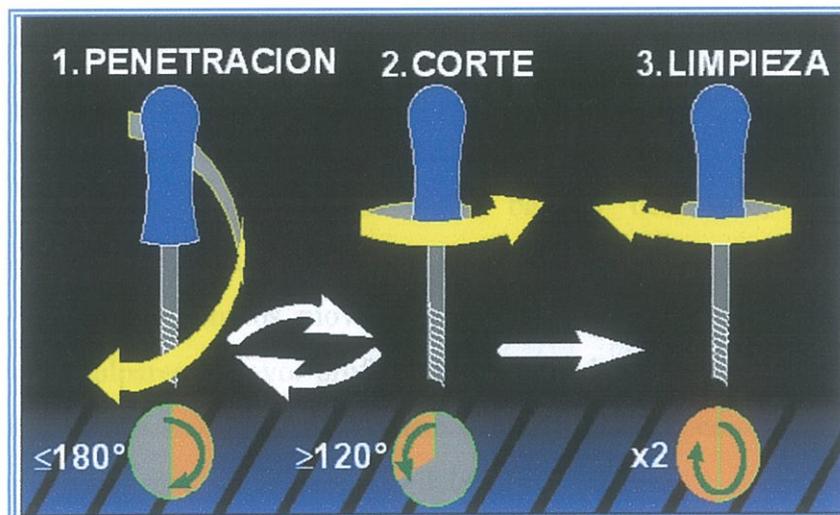


Gráfico 6. Técnica de Fuerzas balanceadas: movimientos horarios y antihorarios de poder y control
Tomado de: www.iztacala.unam.mx

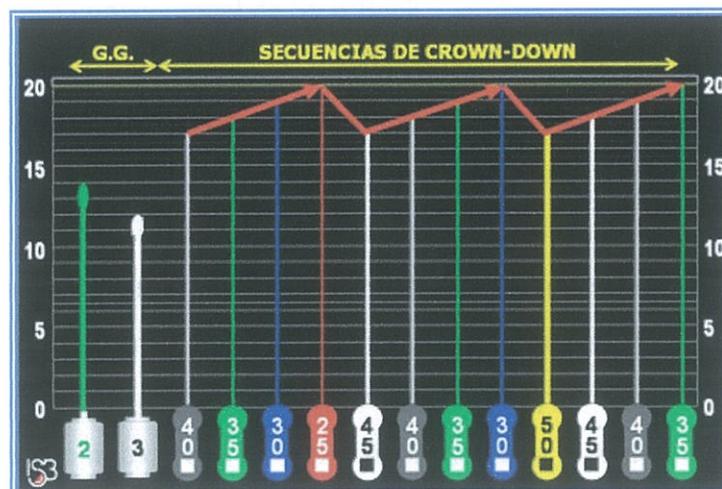


Gráfico 7. Técnica de Crown Down
Tomado de: www.carlosboveda.com

La técnica de Crown Down también denominada *coronal descendente* (**Gráfico 7**), fue descrita por Marshall y Pappin en 1982, pero fue publicada por Morgan y Montgomery²⁸. Es una técnica corono-apical y consiste en el empleo secuencial de instrumentos, comenzando con los de mayor calibre para luego progresar hacia los más pequeños^{23,28}. Se utiliza Gates Glidden, que son introducidas en el canal, empezando con la de menor calibre hasta el calibre deseado.

Las ventajas de su uso son:

- Eliminar interferencias de dentina, constricciones o curvaturas encontradas en el tercio coronal y medio del conducto, previo a determinar la longitud de trabajo (por lo que ésta es menos cambiante) y además permite mayor penetración de soluciones irrigantes a mayor profundidad, logrando así una instrumentación apical más rápida y eficiente^{24, 29}
- Reducir la cantidad de contaminantes que pueden ser introducidos por accidente a la región periapical²⁴; al remover el tejido pulpar, barrillo dentinario²⁹, microorganismos y endotoxinas²³ previo a la instrumentación apical
- Reducir el riesgo de empaquetamiento de barrillo dentinario, transportaciones, perforaciones o fracturas de instrumentos²⁹

Como desventajas en los movimientos de empuje, se puede inadvertidamente impulsar cálculos pulpares a mayor profundidad del conducto; por ello es imprescindible asegurarse de que no existan²³. Además el uso de Gates Glidden en un calibre mayor a la #3, producen una conformación exagerada y debilitan el diente²⁴.

En un estudio de Morgan y Montgomery²⁸ en 1984, se comparó las técnicas de instrumentación de Crown Down y Step Back; demostrando que la primera técnica fue superior a la técnica convencional de Step Back.

Ya que hay una gran variedad de conceptos y todas las técnicas tienen sus fallas, la mejor opción es unificar en una técnica todas las ventajas de cada una de ellas en una Técnica manual rotatoria combinada. Ésta consiste en una técnica mixta de fuerzas balanceadas, step-back y crown down. La bibliografía indica el uso de una lima 15K para calcular con una radiografía la longitud de trabajo aparente y, con dicha medida introducir la lima por medio de fuerzas balanceadas para radiográficamente confirmar la longitud de trabajo real. Luego, se patentiza con una lima 10 a 15 para permeabilizar el foramen. Se divide la longitud de trabajo real en tres tercios y, con la medida de 2/3, se instrumenta el tercio medio y coronal utilizando Gates Glidden de la #1 a la #3. Se irriga e instrumenta el tercio apical con la longitud de trabajo real, por medio de fuerzas balanceadas, hasta lograr

el ensanchamiento apical deseado hasta la lima apical maestra. Por medio de step-back se incrementa el calibre de las limas, disminuyendo 1mm por cada cambio hasta la lima deseada. Se irriga, se patentiza y se comprueba la existencia de un tope a nivel de la longitud de trabajo.

Es importante recordar que después de cada instrumento se debe: irrigar, recapitular y confirmar la permeabilidad del conducto; volver a irrigar y continuar con el instrumento siguiente de la serie²³ para eliminar los residuos de la preparación²³.

4.2.3. Irrigantes y Quelantes

Cumplen funciones físicas y biológicas ya que, durante la instrumentación, es necesario mantener un entorno húmedo en el sistema. Así, los residuos de dentina producidos por el limado, salen hacia la cámara para ser extraídas por succión o con puntas de papel y evitar que estos se compacten en la zona apical²². Hay algunas sustancias utilizadas como irrigantes tales como: peróxido de hidrógeno, peróxido de carbamida, entre otros. Sin embargo, el más utilizado es el hipoclorito de sodio²³.

El hipoclorito sódico o NaClO (**Gráfico 8**) posee una eficacia comprobada a través de los años. Según estudios, una solución al 5,25% ejerce una acción disolvente excelente del tejido orgánico pero produce una severa irritación cuando entra en contacto con los tejidos periapicales. La lejía doméstica tiene un 5,25% de NaOCl²³.

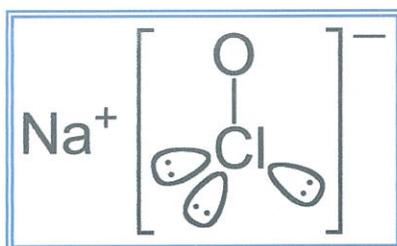


Gráfico 8. Fórmula del hipoclorito de sodio: NaClO
Tomado de: www.taringa.net

El hipoclorito de sodio tiene algunas ventajas como:

- Lubricar las paredes del conducto: por lo que las probabilidades de fractura de un instrumento disminuyen²²
- Degradar tejidos: por tener la propiedad de disolver los tejidos orgánicos de aquellos conductos accesorios a los cuales las limas no pueden llegar²²

-Debridamiento tosco: ya que desprende los residuos de tejido pulpar y microorganismos de las paredes irregulares de dentina²²

-Lisis de bacterias: ya que por ser bactericida produce lisis en la pared bacteriana, disminuyendo el sustrato del microorganismo y por tanto la probabilidad de supervivencia²².

Como desventaja, si se ejerce mucha presión en el momento de irrigar altas concentraciones de hipoclorito de sodio, se ocasiona la salida del irrigante a través del foramen apical y se inflamarán los tejidos periapicales²².

La bibliografía describe que, para irrigar los conductos se deben usar jeringas de plástico desechables de 5ml con agujas romas (con salida lateral) del calibre 25 y doblar la aguja a unos 30° para un mejor acceso. La solución se debe introducir suavemente en el conducto. Luego, las limas serán las encargadas de transportar el irrigante al interior del conducto y el escaso diámetro de los conductos retendrá la mayor parte de la solución por efecto capilar. Posteriormente, se debe aspirar el exceso con la misma jeringa²².

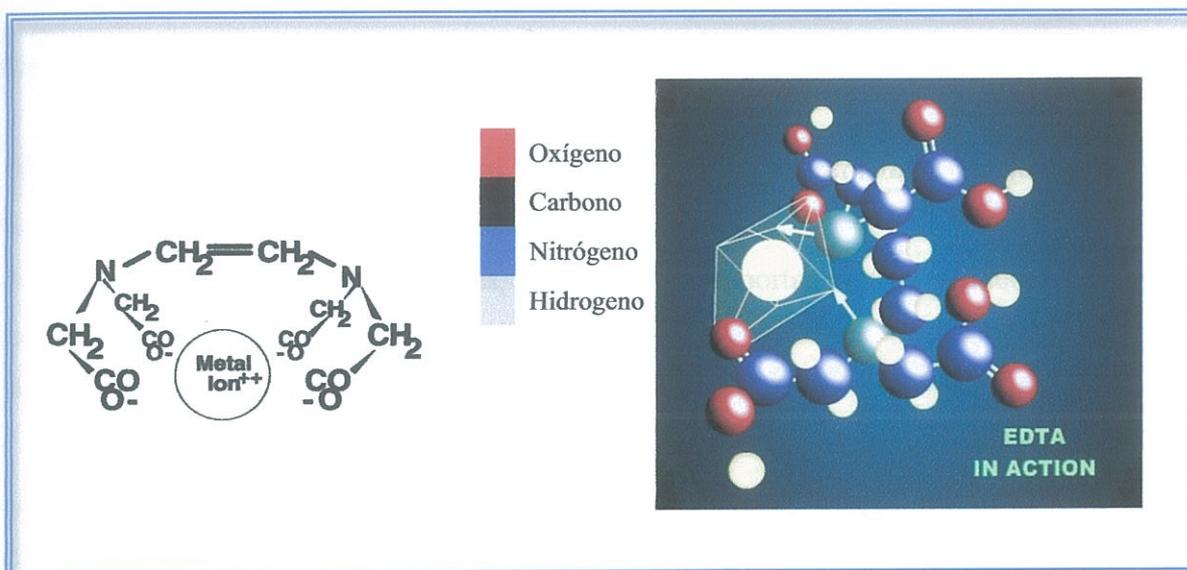


Gráfico 9. EDTA ($C_{10}H_{16}N_2O_8$) unido a un ión metálico
Tomado de: www.healthyhealinggoa.com

El quelante más utilizado es el EDTA o sal disódica del ácido etilendiaminatetraacético con su fórmula $C_{10}H_{16}N_2O_8$, la cual viene en dos presentaciones: como gel o líquido. Además, puede encontrarse en diferentes concentraciones siendo las más comunes al 15% o 17% con un PH básico de 7.3 y 18, respectivamente²³.

Su acción es la eliminación de barrillo dentinario por quelación. La quelación reemplaza los iones de calcio (que forman con la dentina sales poco solubles) por iones de sodio, que al combinarse con la dentina forman sales más solubles (**Gráfico 9**). De ese modo, reblandecen las paredes del conducto, facilitando su ensanchamiento. También aumentan la permeabilidad de los túbulos dentinarios y por consiguiente de los conductos accesorios y agujeros apicales²³.

Puede combinarse con peróxido de carbamida, como en el gel Glyde File Prep, que es un acondicionador de conductos desarrollado por Dentsply que combina los efectos quelantes del EDTA con el peróxido de carbamida en una solución acuosa. En su composición contiene un 10% de peróxido de urea. Esta solución espumosa tiene efervescencia natural que aumenta con la irrigación de hipoclorito sódico, por lo que potencia la eliminación de residuos²³.

Se aplican sobre el orificio del conducto con una lima, si el producto es en gel, o una jeringa de plástico para irrigación, si el producto es líquido²³.

Como ventaja, actúa únicamente sobre los tejidos inorgánicos y apenas afectan el tejido periapical²³.

Tiene tres contraindicaciones como:

- No utilizar exceso de fuerza durante la rotación de los instrumentos, ya que podemos transportar el conducto o producir una perforación²³.
- No usar en: conductos con escalones, perforados, transportados o en conductos con una curvatura mayor a los 35° según Schneider²³
- No sirve como solución irrigadora²³

Según varios estudios, para el éxito endodóncico es necesaria la completa remoción de barrillo dentinario ya que éste contiene microorganismos y dentina infectada²⁰. Por esta razón, se han investigado varios métodos efectivos para removerlo. Weine, cita a Svec y Harrison²², quienes recomiendan una combinación de hipoclorito sódico al 5.25% y EDTA al 15%. También citan a Daughenbaugh y Schilder²², quienes compararon que esta combinación deja paredes con mayor número de túbulos abiertos a diferencia de utilizar solo el irrigante.

En los últimos años se han evidenciado efectos negativos en la adhesión de materiales resinosos a la dentina luego de utilizar irrigantes en el tratamiento de endodoncia²⁰. Hayashi et al.²⁰ en el 2005, analizan los efectos en la adhesión intraconducto de dos sistemas adhesivos de all etch y self-etch con un cemento de resina (Duo-Link),

luego que los especímenes fueron irrigados durante 15 segundos con 10ml. de hipoclorito de sodio al 5% y 60 segundos de EDTA al 17%, ya sea en conjunto o por separado. Al analizar los tags de resina con SEM, observaron que la combinación EDTA/NaOCl permite la formación de tags de resina uniformes con un diámetro de 40µm. Sin embargo, cuando se usaron en conjunto con el sistema adhesivo all etch, presentaron mejor fuerza de adhesión que el self etch, en todos los casos²⁰. Por tanto, se concluye que la combinación de hipoclorito de sodio y EDTA potencia su acción de eliminar el barrillo dentinario²² y que, para una buena adhesión los adhesivos de wet bonding son la elección.

Endodontic Irrigation*	Wet-bonding system				Self-etching system					
	Shear bond strength (MPa) Mean ± SD	Mode of failure†				Shear bond strength (MPa) Mean ± SD	Mode of failure†			
		A	CD	CC	M		A	CD	CC	M
EDTA	21.4 ± 14.2	9	0	0	1	10.1 ± 3.8	10	0	0	0
EDTA/NaOCl	37.6 ± 11.6	8	0	0	2	11.9 ± 3.9	10	0	0	0
NaOCl	26.9 ± 12.4	9	0	0	1	16.4 ± 4.8	10	0	0	0
Control	15.6 ± 6.3	9	0	0	1	15.4 ± 3.5	10	0	0	0

The groups connected by lines showed significant differences in the shear bond strength by means of the two-factor factorial ANOVA and Scheffe's *F*-test at a 95% level of confidence. Significantly greater shear bond strengths were found in all the groups with the wet-bonding system compared with those with the self-etching system, except for the control group, when comparing the shear bond strengths between the groups with the same endodontic irrigation and with the different dentin bonding systems. *n* = 10.

*EDTA, ethylenediaminetetraacetic acid; NaOCl, sodium hypochlorite.
†A, adhesive; CD, cohesive in dentin; CC, cohesive in composite; M, mixed.

Tabla 3: Fuerzas de resistencia del cemento a la dentina radicular con sistemas adhesivos de Wet Bonding y Self etch
Tomado de: Hayashi et al., 2005

Aparentemente, para el éxito en los tratamientos adhesivos se considera conveniente la existencia de túbulos abiertos puesto que: estos facilitan la penetración de los medicamentos, favorecen el contacto superficial entre el material de obturación y las paredes dentinarias y la penetración de los selladores y sistemas adhesivos. Sin embargo, no se pueden sobrepasar los tiempos ni cantidad de hipoclorito porque éste permanece en los túbulos y esto impide la polimerización de los monómeros, comprometiendo así la adhesión²⁰.

4.3. Obturación

Es el último paso de la endodoncia. Requiere del dominio de una técnica de condensación y disponibilidad del instrumental pertinente, según la técnica a utilizar.

4.3.1. Materiales de Obturación

Entre los materiales a utilizar para realizar un tratamiento de conducto se requiere de gutapercha y cemento de obturación.

La gutapercha ha sido y es el material de elección para obturar el espacio pulpar ya que puede asociarse a varios tipos de cementos selladores²⁶. Tiene una toxicidad mínima al compararla con otros materiales que pueden permanecer en el sistema canalicular²³. Para el tratamiento endodóncico la gutapercha es fabricada en forma de conos, con tamaños estandarizados (ISO) o no estandarizados²³.

Químicamente la gutapercha puede tener dos formas cristalinas: alfa y beta, que son formas intercambiables dependiendo de la temperatura a la que se exponga al material²³. La fase beta se encuentra hasta los 37°C y ésta pasa a fase alfa al someterla a una temperatura de 42° a 44°C. Cabe recalcar que este material experimenta una retracción significativa durante la fase de vuelta al estado beta, lo que hace necesaria una compactación durante el enfriamiento²³.

El segundo material indispensable para la obturación del canal radicular es el cemento obturador. Éste puede o no contener eugenol en su composición. Sin embargo, al hablar de adhesión, el cemento obturador no debe tener eugenol en su composición, ya que éste inhibe la polimerización del cemento de resina a utilizarse para la adhesión del poste¹⁷. En todo caso, lo importante de utilizarlo en la técnica de condensación vertical es que la cantidad de cemento obturador (Sealapex) que se coloca en el conducto sea mínima, ya que su objetivo es que tanto el relleno como el sellado se hagan a expensas de la gutapercha y no de un material que pueda disolverse³¹.

4.3.2. Técnicas de Condensación

Existen dos técnicas de obturación clásicas como son: la técnica de condensación lateral y la técnica de condensación vertical³¹.

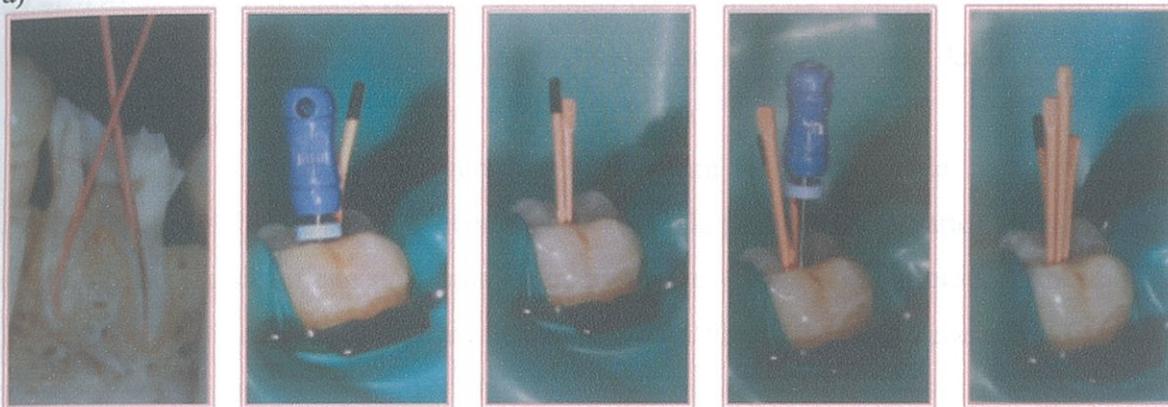
La técnica de condensación lateral (**Gráfico 10a**) es la más empleada en la actualidad y su eficacia viene avalada por numerosos éxitos clínicos. Consiste en colocar un cono principal hasta la longitud de trabajo y, mediante espaciadores, ir condensando la gutapercha lateralmente y añadiendo en el espacio creado las puntas accesorias²².

Esta técnica tiene dos inconvenientes: 1) al condensar la gutapercha en frío no se consigue la deformación suficiente para que ésta se adapte de forma estrecha a las paredes del conducto y rellene las irregularidades y ramificaciones existentes³¹; 2) para lograr el

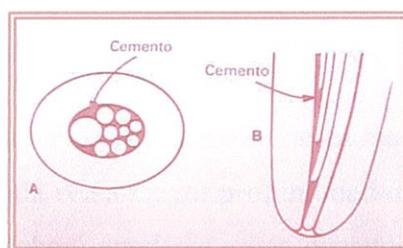
relleno de estas irregularidades se utiliza una mayor cantidad de cemento sellador³¹, como se aprecia en el **Gráfico 10b**.

Aunque la condensación lateral es la más común, cuando se planea restaurar utilizando un poste, se recomienda la condensación vertical para ahorrar tiempo al conformar el espacio para el poste, e impedir que el cemento de obturación ingrese a los túbulos dentinarios disminuyendo la adhesión.

a)



b)



c)



Gráfico 10. Tipos de condensación

a) Condensación lateral, b) cantidad de cemento empleado en la condensación lateral y c) condensación vertical

Tomado de: Cohen, 2007 y www.iztacala.unam.mx

Hacia finales de los años 60, Shilder describe la técnica de condensación vertical (**Gráfico 10c**) con el objetivo de conseguir un relleno tridimensional denso del diente tratado³¹. La técnica se basa en la utilización de calor para conseguir una plasticidad suficiente de la gutapercha que permita su adaptación a las paredes, y en la aplicación de fuerzas de condensación de tipo vertical, de manera que la obturación suponga un colado de la configuración interna del conducto³¹. El ensanchamiento apical para formar un tope, facilita el asentamiento del cono maestro en el momento de obturar²⁴. Para poder realizarla, se necesitan: condensadores de Shilder, conos de gutapercha, cemento, y una fuente de calor. Los condensadores de Shilder son ocho instrumentos numerados desde el 8 al 12 y con un aumento gradual del diámetro de 0.4 a 1.5 mm.³¹

Para la compactación vertical se utilizan los conos de gutapercha no estandarizados, debido a su mayor conicidad²² desde la punta hasta la parte superior²³. Este tipo de conos se clasifican por tamaño en: FineFine - Fine - FineMedium - Medium - MediumLarge - Large^{23,31}. En esta misma técnica, la fuente de calor tiene como finalidad reblandecer la gutapercha para llevarla a fase alfa y así aumentar su plasticidad; de manera que pueda ser condensada verticalmente adaptándose a la configuración interna del conducto³¹.

Los pasos para la obturación vertical son:

- 1) Selección de los condensadores.- se utilizarán de forma alterna con la fuente de calor y deberán ir introduciéndose cada vez a mayor profundidad dentro del conducto, sin tocar las paredes. El último atacador deberá quedarse a una distancia de entre 5 mm de la longitud de trabajo establecida³¹.
- 2) Selección del cono principal.- la gutapercha maestra deberá llegar hasta la longitud de trabajo determinada o bien podrá dejarse 0.5 mm intencionalmente corta. Se obtura el tercio apical hasta 5-7 mm del ápice³¹.

De ser necesaria una obturación del resto del conducto, Shilder recomienda la obturación de los tercios medio y coronal del conducto, utilizando pequeñas porciones de gutapercha que se introducen, calientan y condensan verticalmente³¹.

PARTE II: REHABILITACIÓN DEL DIENTE ENDODONCIADO

Al finalizar el tratamiento, el diente sin pulpa y con un tejido calcificado, contiene mucha menos humedad que los dientes vitales²². Aunque muchos artículos mencionan que como consecuencia del tratamiento los dientes son más frágiles, Weine²² afirma que hay pocos estudios *in vivo* o *in vitro* sobre la desecación y la consiguiente reducción de elasticidad y aumento de fragilidad. Añade que, a la hora de valorar las necesidades de restauración, son más importante otras variables como: lo que queda de la estructura dental, morfología radicular y pulpar, soporte periodontal y la oclusión; para conseguir la mayor longevidad y rendimiento funcional del diente²².

Se debe preservar al máximo la estructura dental para proveer fuerza y resistencia a la fractura en dientes sin pulpa⁴. Se pierden más dientes endodonciados debido a fracturas secundarias o restauraciones incorrectas que por la misma técnica endodóncica; por ello, se debe restaurar la pieza lo antes posible²².

En la actualidad, la restauración de dientes con tratamientos de endodoncia se basa en el uso de materiales con un módulo de elasticidad similar al de la dentina², que es de 18.6GPa^{14,32}. Todos los materiales a ser utilizados deben formar una sola unidad (*monoblock*), e idealmente deben poseer módulos de elasticidad similares. Así, los postes de fibra deben tener un módulo de elasticidad de 16-40GPa, el cemento de resina 6.8-10.8GPa y, de usarse el composite de resina será de 5.7-25GPa¹⁴.

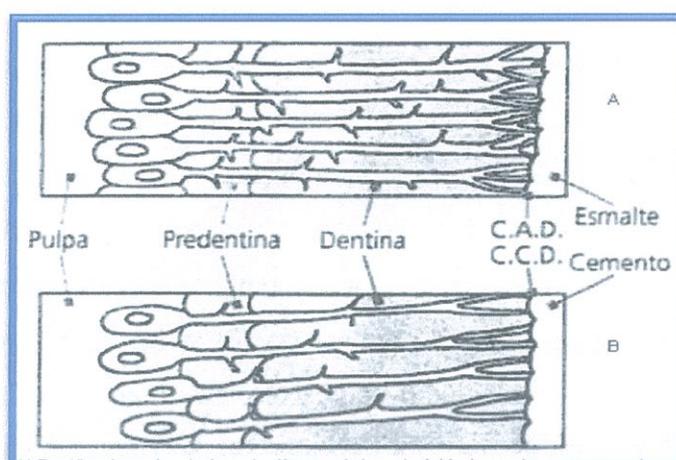
4.4. Dentina

La dentina (**Gráfico 11**) es un tejido conectivo mineralizado de origen mesodérmico producto de la secreción de los odontoblastos y sus procesos. Es la encargada de proveer la función de protección a la pulpa, dar soporte elástico y resiliente al esmalte y cemento¹¹.

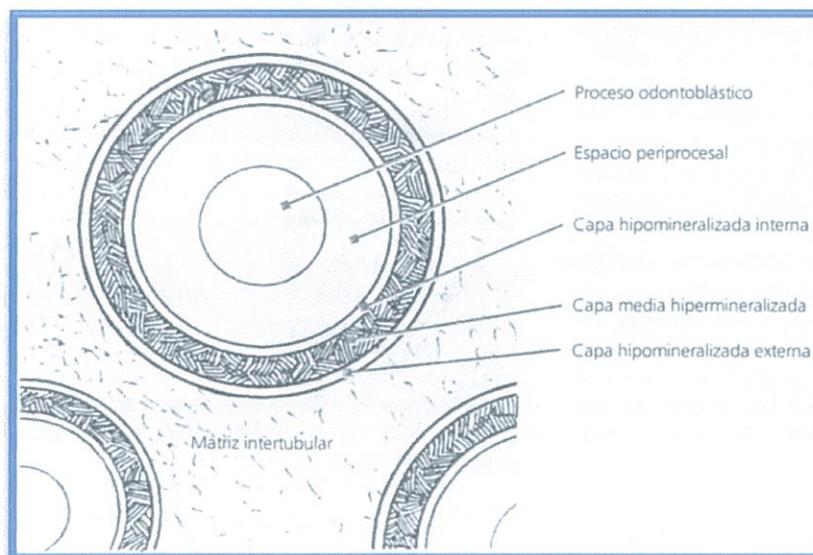
La dentina normal tiene un 18% de fibras colágenas³³, glicosaminoglicanos, proteoglicanos y factores de crecimiento; un 70% de cristales de hidroxiapatita y 12% de agua¹¹.

Morfológicamente, ésta constituida por *túbulos dentinarios* que se extienden desde la unión amelocementaria hasta la pulpa; ya que los odontoblastos tienen que migrar hacia

la pulpa mientras se da la aposición³⁴. Estos participan en la función sensitiva, por lo que presentan numerosas ramificaciones colaterales denominadas canalículos dentinarios¹¹. En la corona poseen forma de trayecto de S, desde la unión dentino-esmalte a la pulpa, donde terminan en ramificaciones arboriformes³⁴ (**Gráfico 11a**). En la raíz poseen un trayecto más recto y terminan en ramificaciones dicotómicas³⁴ (**Gráfico 11b**). Además, hay mayor número de túbulos hacia la pulpa que hacia la periferia³⁴. Así pues luego del acondicionamiento ácido, estos se permeabilizan y permiten el paso del material¹¹.



**Gráfico 11. Túbulo dentinario y su trayecto a) Ramificaciones Arboriformes de la corona
b) Ramificaciones Dicotómicas de la raíz
Tomado de: Gómez & Campos, 2002.**



**Gráfico 12. Dentina peritubular e intertubular
Tomado de: Gómez & Campos, 2002**

Las paredes de los túbulos están constituidas por una dentina más mineralizada y sin fibras colágenas que se denomina dentina peritubular (**Gráfico 12**). Esta dentina es un anillo hipermineralizado porque es rico en cristales de hidroxiapatita. El resto de dentina es llamada intertubular (**Gráfico 12**), ya que se encuentra entre los túbulos; es menos mineralizada y rica en fibras colágenas¹¹. Los túbulos, la dentina intertubular y peritubular son las áreas de adhesión³³.

4.4.1. Clasificación de Dentina por su Localización

La Dentina superficial (**Gráfico 13**) se forma antes y durante la erupción activa. En esta zona los túbulos carecen de procesos odontoblásticos. Se encuentran 18.000 túbulos/mm² con un diámetro de 0.9µm; lo cual logra un sustrato adhesivo más eficiente porque la dentina intertubular posee: una gran cantidad de fibras colágenas y de hidroxiapatita, con una mínima cantidad de agua¹¹.

La Dentina media (**Gráfico 13**) es dentina primaria que posee túbulos con o sin procesos odontoblásticos y, se encuentran 25.000 túbulos/mm² con un diámetro de 1.5 a 1.8µm, lo que hace de ésta un sustrato adhesivo efectivo ya que, la dentina intertubular posee: fibras colágenas, hidroxiapatita y agua en cantidades medias¹¹.

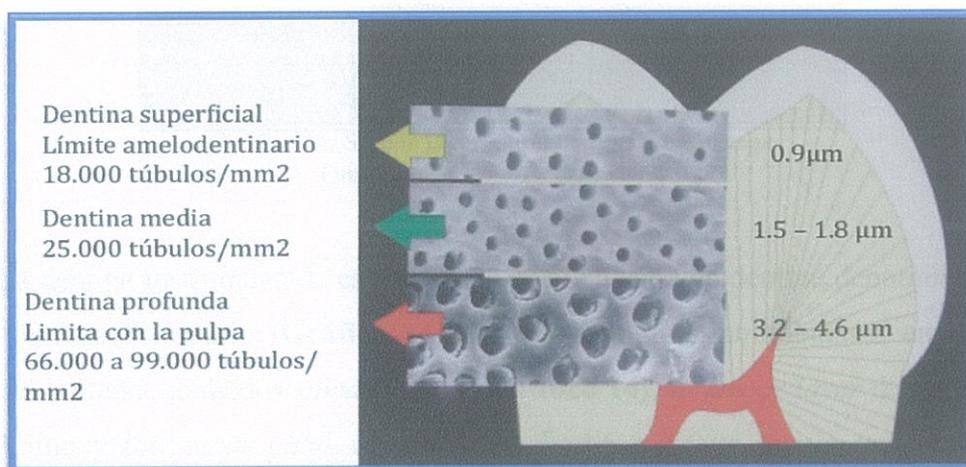


Gráfico 13. Cantidad y tamaño de tubulos dentinarios presentes en la dentina desde el límite amelodentinario hacia la pulpa
Tomado de: Henostroza, 2003.

La Dentina profunda (**Gráfico 13**) es la dentina que protege a la pulpa dentaria. La luz de los túbulos es ocupada por procesos odontoblásticos primarios, alcanzando un diámetro de 3.2 a 4.6µm en una cantidad de 66.000 a 90.000 túbulos/mm². Por lo que, es un sustrato adhesivo deficiente ya que el diámetro y cantidad de túbulos presentes

disminuye la superficie de dentina intertubular, aumentando la cantidad de agua y disminuyendo la cantidad de colágeno e hidroxiapatita¹¹.

4.4.2. Dentina de un Diente con Tratamiento de Conducto

La dentina de un diente tratado endodómicamente es un sustrato imperfecto para la adhesión porque las fibras colágenas están en diferentes grados de desnaturalización y microfracturación, debido a la disminución de la humedad relativa del tejido. Sin embargo, la adhesión resinosa es posible por medio de la hidratación previa del tejido con soluciones acuosas y un acondicionamiento ácido de alta concentración que activen, desmineralicen la superficie y expongan la luz de los túbulos dentinarios para permitir la entrada de *resin tags*¹¹, como se aprecia en el **Gráfico 14**.

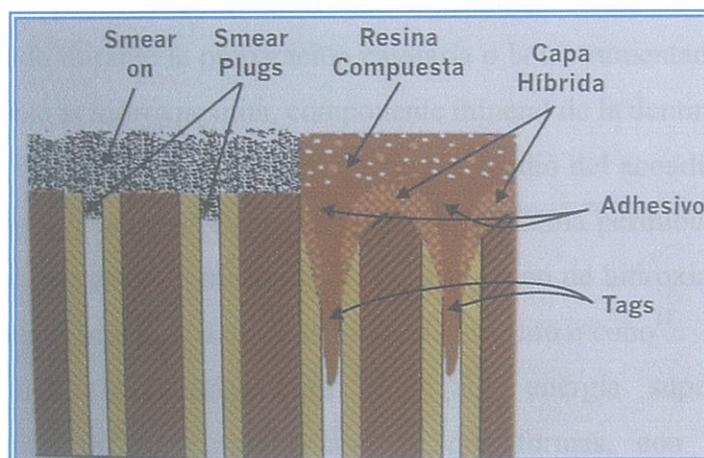


Gráfico 14. Smear layer, smear plugs y resin tags
Tomado de: Henostroza, 2003.

La dentina instrumentada está cubierta por una capa de dentina denominada *smear layer* o barrillo dentinario (**Gráfico 14**) con proyecciones intratubulares en la dentina superficial y media, llamados *smear plugs*¹¹ (**Gráfico 14**). El *smear layer* tiene un espesor de 0.5-5.5 μm y los *smear plugs* una longitud de 4.5 a 8.6 μm por lo que obliteran los túbulos y reducen su permeabilidad en un 86%⁴⁷. Hay varios factores por los que aumenta o disminuye su grosor, como por ejemplo: la profundidad de la preparación y si está en la dentina superficial, media o profunda¹¹.

El barrillo dentinario (*smear layer*) está constituido por dos capas bien diferenciadas¹¹. Una capa superficial de partículas grandes y sueltas mayores a 5 μm , que no se adhieren a las paredes de la preparación. Por lo tanto, ésta no se encontrará presente al utilizar instrumentos de alta velocidad con refrigeración acuosa, porque el agua de

irrigación arrastra hacia el exterior estas sustancias sueltas¹¹. Otra capa profunda de dentina deformada en partículas pequeñas de 0.3 a 2 μ m que se adhieren fuertemente a las paredes de la preparación por atracción electrostática¹¹. Esta última capa puede ser disuelta por quelantes, ácidos en alta o baja concentración y monómeros acídicos. Por tanto, el EDTA junto con un irrigante eliminan las partículas inorgánicas sueltas, las proteínas desnaturalizadas, humectan y actúan como agentes bactericidas y bacteriostáticos, facilitando la adhesión¹¹.

4.5. ACONDICIONAMIENTO ÁCIDO DE LA DENTINA

En 1979, Fusayama promovió el acondicionamiento ácido a la dentina. Sin embargo, tuvieron que transcurrir 10 años para que los occidentales aceptaran su técnica¹¹.

El acondicionamiento ácido tiene como finalidad retirar totalmente el barrillo dentinario, producido durante la preparación cavitaria o la instrumentación endodóncica y, disolver parcialmente la hidroxiapatita, componente mineral de la dentina.

Durante la disolución de la hidroxiapatita por medio del acondicionamiento ácido, la dentina intertubular expone fibras colágenas. En la dentina peritubular que rodea a los túbulos dentinarios, por ser más mineralizada, la disolución de hidroxiapatita promueve la apertura de los túbulos dejándolos con una forma de embudo o cono¹¹.

Las superficies dentinarias para tener alta energía superficial deben ser acondicionadas. Este proceso puede darse de dos formas, con un ácido de alta concentración o por medio de ácidos débiles en baja concentración y monómeros acídicos¹¹.

El acondicionamiento total de esmalte y dentina con ácido fosfórico en alta concentración y aplicación de monómeros hidrófilos a continuación, permite obtener una adhesión mediante la formación de una capa híbrida¹¹. La dentina acondicionada posee una pérdida de fósforo y calcio. Además un gran aumento de agua.

4.5.1. Tiempo de Acondicionamiento Ácido

El tiempo de acondicionamiento ácido de la dentina varía en función del ácido empleado. Lopes et al.⁴⁷ en el 2003, compararon la efectividad del acondicionamiento con ácido fosfórico al 35% durante 15 y 30 segundos, en dentina normal y esclerótica, y concluyeron que en dentina normal 15 segundos son suficientes para producir numerosos

tags de resina para lograr una capa híbrida⁴⁷. Henostroza¹¹ cita un estudio realizado por Pashley en 1992, en el cual observó que un grabado con un gel de ácido fosfórico entre 30-37% por 15 segundos consigue porosidades de 0.05 a 1.0µm de diámetro en la dentina intertubular y, de 1 a 3 µm en la dentina peritubular. Estas porosidades son más pequeñas de las que se crean en el esmalte, que son de 5 a 7 µm. En otro estudio de Nakabayashi (1982), mencionado por Hinostroza¹¹, la profundidad de desmineralización en la dentina intertubular es de 4 a 5 µm y la penetración del adhesivo es de 3 µm; debido a ello por debajo de la capa híbrida queda una capa de colágeno desprotegida por no haber sido impregnada por esos monómeros.

4.5.2. Inconvenientes del Acondicionamiento Total Ácido

Por estudios como el de Nakabayashi, se empezó a cuestionar el acondicionamiento ácido total ya que producía dos inconvenientes en la técnica. El primero sería el posible colapso de las fibras colágenas, en caso de un exceso de secado a la dentina desmineralizada, dejándola desprovista de agua que provee soporte a la red de colágeno. El segundo estaría representado por la diferencia entre la profundidad de desmineralización por el ácido y la capacidad de penetración del adhesivo¹¹.

En cuanto a los niveles de humedad que se dejan a lo largo de la superficie dentinaria luego de este acondicionamiento ácido son difíciles de determinar y, este factor influenciaría significativamente en la fuerza de adhesión¹¹. Por tanto, los fracasos de adhesión se atribuyen a que el espacio intraconducto no puede ser visualizado y es difícil controlar la humedad porque el agua se retiene en las estrechas paredes debido a la tensión superficial, haciendo difícil desplazar el agua con un agente adhesivo¹².

La capacidad de penetración de los actuales adhesivos es buena ya que tienen la capacidad de ingresar en la red de fibras colágenas luego de la desmineralización de la dentina formando una capa híbrida conformada por colágeno, hidroxiapatita y resina. Esta capa provee la retención de la resina en la dentina por micro-imbricamiento mecánico²⁰.

Pero, ya que el acondicionamiento ácido del esmalte y dentina disuelve los cristales de hidroxiapatita dejando a la dentina intertubular expuesta, si ocurre alguna falla en el sistema por exceso o falta de humedad las fibras colágenas quedan desprotegidas y esto produce dolor postoperatorio¹¹.

4.6. SISTEMAS ADHESIVOS DE CUARTA Y QUINTA GENERACIÓN

Los sistemas adhesivos a lo largo del tiempo han evolucionado con el apareamiento de nueva tecnología y nuevos descubrimientos¹¹.

En la década de los 70, el barrillo dentinario no se retiraba ya que los adhesivos de aquella época eran incompatibles con un sustrato húmedo. Se producía una unión muy frágil que fracasaba en el momento de la contracción por polimerización¹¹.

Luego, apareció el acondicionamiento ácido que fue un éxito en la adhesión a esmalte. Sin embargo no sucedió lo mismo en dentina ya que al retirar el barrillo dentinario y aumentar el diámetro de los túbulos dentinarios, el ácido producía un nivel de humedad incompatible con las características hidrófobas de los adhesivos utilizados¹¹.

Entonces, se creó un sistema adhesivo de cuarta generación en el cual se dividió el adhesivo en dos componentes. El primer componente llamado primer, que era más fluido e hidrófilo y tenía la función de penetrar en las irregularidades húmedas de la dentina desmineralizada. El segundo componente denominado bond o adhesivo, que era una resina fluida hidrofóbica que cubría al primer y lo unía con la resina; a la vez evitando que se manche con colorantes. Para el empleo de este tipo de adhesivo de tres etapas se emplea un acondicionamiento ácido total¹¹.

En un esfuerzo por simplificar dichos procedimientos, se combinó el primer con el adhesivo en un solo componente y se los denominó adhesivos de *single-bottle*¹⁸ o Quinta Generación³³. Este sistema adhesivo necesita de un acondicionamiento ácido previo a su aplicación, por lo que asegura una efectiva remoción de barrillo dentinario y permite la exposición de los túbulos dentinarios y fibras colágenas^{20,12}. Gracias a ello, se produce una retención micromecánica con las estructuras del diente por ser factible que el adhesivo penetre completamente en la superficie de la dentina desmineralizada y cree una capa híbrida¹¹. La capa híbrida es el espacio en el que confluyen el adhesivo y la red de fibras colágenas que fueron expuestas durante el acondicionamiento²⁰.

4.6.1. Composición y Estructura del Primer y Bond

4.6.1.1. Primer

Son monómeros disueltos en un solvente tipo acetona, alcohol o agua. Promueven la adhesión ya que tienen dos terminaciones: hidrófila e hidrófoba, que se comportan como una molécula bifuncional. Por su lado hidrófilo presenta radicales -OH y -COOH que se unen al colágeno dentinario por traba micromecánica. Así, gracias a su afinidad por el

agua, se facilita la penetración en la dentina húmeda (**Gráfico 15**) por su pequeño ángulo de contacto, lo cual favorece la humectancia¹² (**Gráfico 16b**).

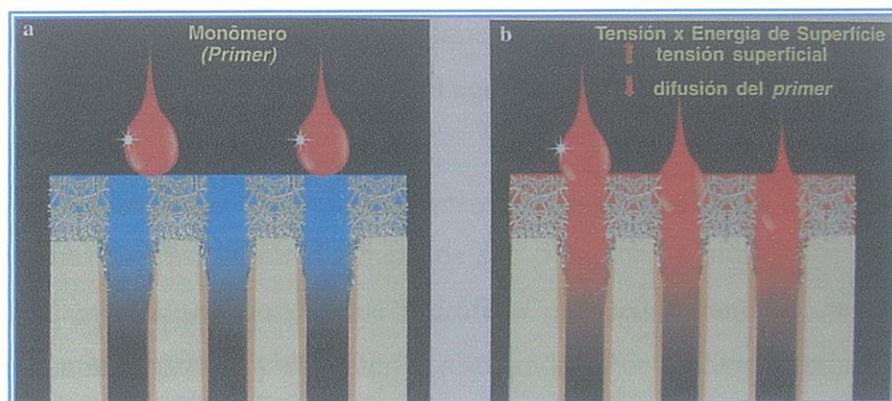


Gráfico 15. Primer y Tensión superficial
Tomado de: Henostroza, 2003.

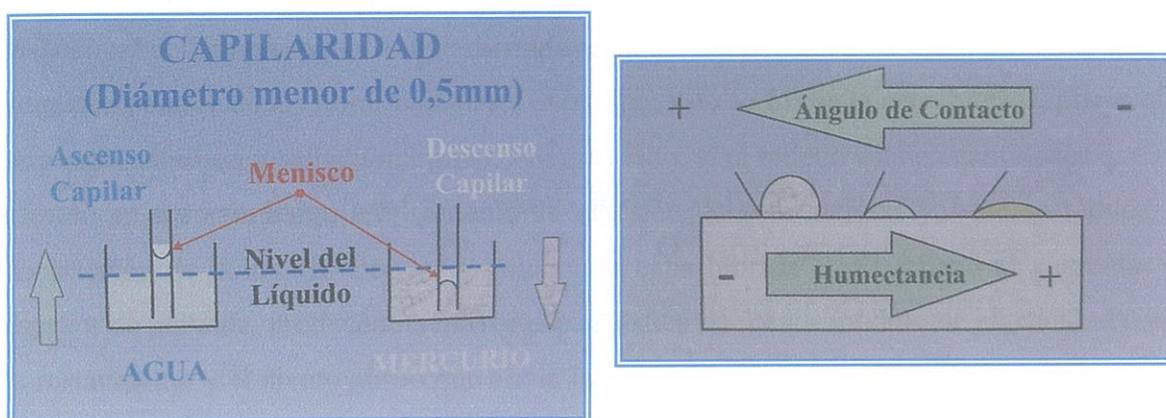


Gráfico 16. a) Capilaridad, b) Humectancia y ángulo de contacto
Tomado de: Henostroza, 2003.

Las estrechas paredes de los túbulos dentinarios tienen una alta tensión superficial (**Gráfico 15**) de la superficie por la capilaridad existente en los túbulos dentinarios (**Gráfico 16a**). A menor ángulo de contacto, mayor humectancia (**Gráfico 16b**) y por tanto menor tensión superficial en la superficie dentinaria, facilitando el desplazamiento del agua por medio del primer¹².

Por su extremo hidrófobo presenta terminaciones del tipo $-HC=CH_2$ que se incorporan al sistema resinoso a través de una reacción química al romperse el doble enlace para unirse al adhesivo¹¹.

Un primer debe activar o autoactivar, con ácidos débiles de baja concentración o monómeros ácidos, la superficie de dentina e imprimir la dentina intertubular. Estas sustancias son capaces de recubrir y reforzar la dentina dependiendo de: su viscosidad, uniformidad de penetración, grado de polimerización, tiempo de conversión de los radicales libres e hidrólisis del adhesivo por el agua del fluido dentinario.

4.6.1.2. Adhesivo o Bond

Las resinas fluidas, bonds o adhesivos son monómeros hidrófobos como el Bis-GMA que, pudiendo tener monómeros hidrófilos en menor cantidad, actuarán como intermediarios entre el primer y el material restaurador. Por ser un material hidrófugo o hidrofóbico, no posee afinidad con líquidos que contienen sustancias colorantes, impidiendo la alteración de color de la restauración estética¹¹.

Algunos adhesivos presentan un incremento en su relleno, lo cual aumenta la viscosidad del adhesivo por lo que disminuye su escurrimiento. Este exceso impide que el adhesivo penetre en las fibras colágenas expuestas y no se forme la capa híbrida, por lo que se pierde adhesión y sellado marginal. Por otro lado, si el relleno está en cantidades que no afecten su escurrimiento, teóricamente la adhesión debería mejorar ya que se reduce la contracción de polimerización y se refuerza la capa híbrida¹¹. El relleno al aumentar el espesor de película, produce una mayor capa elástica de menor módulo de elasticidad entre la restauración y el diente por lo que alivia las tensiones de contracción de la resina ya que puede distenderse impidiendo la deformación o resquebrajaduras de la estructura dental¹¹. El relleno también transforma al adhesivo en un material compuesto y así mejora sus propiedades mecánicas. En adhesivos con relleno (**ver Tabla 4 y 5**) una capa es suficiente, pero una segunda corrige las irregularidades de la primera.

4.6.2. Información de los sistemas adhesivos a utilizar en este estudio

4.6.2.1. Sistemas adhesivos de Cuarta Generación: All Bond 3 y All Bond 2

Los adhesivos de cuarta generación ofrecen predicción y estabilidad ya que siguen probando su eficacia en estudios actuales^{48,49}. El deseo de ahorrar tiempo es universal pero la conciencia sobre los costos clínicos de ahorrar tiempo deben ser por pleno conocimiento del material empleado⁴⁹. Diferentes sustratos requieren de diferentes procesos para lograr

una buena adhesión e incluso los resultados de adhesión serán diferentes según el tipo de tejido⁴⁹.

El esmalte es seco porque contiene sólo 2-5% de agua, sin embargo, la dentina es muy húmeda ya que contiene 30-50% de agua. La habilidad de un sistema adhesivo para adherirse a tan diferentes sustratos siempre está en cuestionamiento. Un adhesivo hidrofílico puede no adherirse bien a la resina de reconstrucción que es hidrofóbica. En contraste, un sistema adhesivo hidrofóbico puede no ser exitoso en la adhesión a dentina húmeda. Idealmente debe haber un grado de movimiento entre lo hidrofílico a lo hidrofóbico para garantizar una adhesión exitosa. Esto sería fácilmente logrado mediante un incremento de pasos para la adhesión, sin embargo, un sistema multipasos no es del agrado de muchos dentistas⁴⁹.

El minimizar los pasos requiere el uso de solventes y ácidos que son potencialmente problemáticos porque hacen que los sistemas adhesivos sean altamente hidrofílicos; convirtiéndolos en membranas permeables. Esto haría al sistema adhesivo incompatible con resinas de autocurado o curado dual además de ser más degradables a través del tiempo⁴⁹.

La interfase adhesiva debe tener durabilidad, resistencia, ser retentiva y estar bien sellada⁴⁹.

En su composición BisGMA-E es la resina más hidrofóbica luego de BisGMA. TEGMA y HEMA son más hidrofílicas que BisGMA. Las resinas más hidrofílicas del mercado son los monómeros acídicos, que usualmente se utilizan en primers autoacondicionadores. Byoung cita a Yiu y cols., quienes en el 2004, probaron la degradación de los sistemas adhesivos utilizando resinas desde la más hidrofílica a la más hidrofóbica en períodos de 1, 3 y 6 meses sumergidas en agua. Encontraron que las resinas hidrofílicas tuvieron valores de resistencia a la tracción del 50% a los originales luego de un mes; mientras BisGMA-E+TEGDMA tuvieron valores del 80% a los originales luego de un año⁴⁸.

Por ello, un adhesivo ideal debe ser hidrofílico durante su aplicación y hidrofóbico en su polimerización para mantenerse en el medio húmedo de la cavidad oral. Ya que esto no es factible con los conocimientos actuales de química, algunos monómeros hidrofílicos son necesarios. Sin embargo, los nuevos sistemas adhesivos deberían ser elaborados con la menor cantidad de resinas hidrofílicas como sea posible⁴⁸.

Estos conceptos del adhesivo ideal fue tomado por la Bisco para la fabricación de All Bond 3 que es un sistema de tres pasos con acondicionamiento total similar a All Bond 2 pero más hidrofóbico en sus primers y resina adhesiva.

TABLA 4. Composición por agente (sin su relleno) y pH de los sistemas adhesivos: All Bond 2, All Bond 3 y Single Bond 2

Sist. Adhesivo	Agente	Composición	pH
All Bond 2	Primer A	Na-NTGGMA en acetona	5.7
	Primer B	BPDM (Difenil dimetacrilato) en acetona; etanol y fotoiniciador	
	Dentin/Enamel Bonding Resin	BIS-GMA, TEGMA Y HEMA	7.5
	Pre-Bond	BIS-GMA, TEGMA (Trietilenoglicol dimetacrilato) , HEMA, peroxido benzoílo	4.4
Single Bond 2	Primer	HEMA, Ácido polialkenóico, Acido Politacónico y poliacrílico (copolímero funcional), Agua y Etanol	4.0
	Adhesivo	BIS-GMA, HEMA, fotoiniciador	8.2
All Bond 3	Parte A	Mg-NTGGMA en etanol	>4.0
	Parte B	BPDM, BIS-GMA en etanol	>4.0
	Resina Adhesiva de la parte B	BIS-GMA-E, TEGMA	>4.0

TABLA 5. Solventes, etapas de los sistemas adhesivos y relleno

Adhesivo	Etapas	Solvente	Relleno
Single Bond 2	1-Ac 2-Pr/B	Etanol/ Agua	Nanopartículas de Sílice
All Bond 2	1-Ac 2-(PrA)(PrB) 3-(BdA)(BdB)	Acetona/ Etanol	No
All Bond 3	1-Ac 2-(Pr)(Bd)	Etanol	Nano partículas de “ytterbium fluoride” con relleno de estroncio y vidrio de bario

All Bond 3 es un sistema adhesivo de tres pasos de curado dual con adhesivo de relleno⁴⁵ (Tabla 4 y 5). Su fórmula es a base de etanol que requiere menos capas para su aplicación y es más biocompatible. Requiere de la aplicación de 1-2 capas en la superficie dentaria para conseguir que la capa de adhesivo sea uniforme y se reduce su tiempo de aplicación⁴⁵.

Es más hidrofóbico para una mayor durabilidad a través del tiempo ya que al no poseer HEMA se previene la degradación del mismo. El que no tenga HEMA hace a este

sistema menos probable de absorber agua que es la principal causa de degradación del adhesivo así como provocar filtraciones y caries⁴⁵.

Es Radiopaco para su fácil identificación a través de RX permitiendo identificar la capa de adhesivo y reduce el riesgo de equivocarse con el diagnóstico de caries⁴⁵.

Tiene la habilidad de adherirse a dentina, amalgamas y resinas viejas o nuevas, porcelana con tratamiento de silano y metales preciosos, semipreciosos o no preciosos. All Bond 3 es una fórmula que no es tan sensible a la técnica utilizada ya que es la misma para todas las superficies dentarias⁴⁵.

All Bond 2 es un sistema adhesivo de tres pasos y curado dual. Su primer contiene monómeros hidrofílicos en un solvente de acetona lo cual provee la habilidad de desplazar lo restante de agua (**Tabla 4 y 5**). Es decir al ser aplicado a una superficie húmeda el primer desplaza el agua presente permitiendo que el adhesivo tenga una penetración profunda en los túbulos dentinarios y toda la superficie. Produce una capa híbrida que sella a la superficie dentaria eliminando virtualmente las microfiltraciones y dolor o sensibilidad posoperatoria⁴⁵. Es compatible con materiales de fotocurado o autocurado⁴³.

El primer B posee Bifenil dimetacrilato (BPDM) que posee en su estructura dos anillos de Benceno que provee una mayor libertad de rotación para obtener mayores rangos de conversión monomérica y uniones bidireccionales. El primer A posee NTG-GMA en un solvente de acetona. Al unirse con Primer B se convierte en un primer de curado dual⁴³.

Las diferencias entre All Bond 2 versus All Bond 3 dependen de su composición (**Tabla 4**):

- La parte A de All Bond 3 contiene sal de magnesio (Mg) de NTGGMA en etanol, mientras que el Primer A de All Bond 2 contiene sal de sodio (Na) NTGGMA en acetona. Mg-NTGGMA es un activador y cross-linker mejor que Na-NTGGMA⁴⁸.
- La parte B de All Bond 3 contiene BPDM y BisGMA en etanol, mientras en All Bond 2 el Primer B contiene sólo BPDM en acetona. La adición de Bis-GMA a la parte B hace que la mezcla de primers sea más hidrofóbica, por ello se: facilita la aplicación del mismo al requerir varias capas y es más compatible con la resina de restauración (que es hidrofóbica). Una o dos capas son requeridas para All Bond 3 mientras que de cinco a diez capas son necesarias para All Bond 2⁴⁸.
- En cuanto a la resina adhesiva: el D/E resin de All Bond 2 tiene BisGMA, TEGDMA y HEMA. La resina adhesiva de All Bond 3 no contiene HEMA, sino, BisGMA, TEGDMA y nano partículas de "ytterbium fluoride" con relleno de estroncio y vidrio de bario para

hacerla radiopaca. La ausencia de HEMA hace al sistema adhesivo más hidrofóbico ya su naturaleza es hidrofílica. Por otro lado, All Bond 2 requiere de Pre-Bond o una mezcla de Pre-Bond y D/E Resin, antes de cementar una restauración indirecta porque la naturaleza hidrofílica de los Prime A y B; en tanto, All Bond 3 no requiere de esto porque su Parte A y B son más hidrofóbicas⁴⁸.

Byoung⁴⁸ elaboró un estudio para ver la compatibilidad de diferentes sistemas adhesivos en sus dos versiones de fotocurado y autocurado (One-Step, Prime N Bond+Activador, Optibond Solo+Activador, All Bond 2 y All Bond 3), con cementos de curado dual (Duo-Link, Calibra, Variolink, RelyX Arc, Nexus 2). Sus resultados promovieron el uso de All Bond 3 y All Bond 2 con Duo-Link obteniendo altos valores de adhesión a dentina en comparación con los otros sistemas adhesivos incluso utilizando el resto de cementos duales analizados en este estudio.

4.6.2.2. Sistema adhesivo de Quinta Generación: Single Bond 2

El Adhesivo Adper™ Single Bond 2, cuya fórmula se basa en el clínicamente comprobado Adhesivo Adper™ Single Bond, es un agente adhesivo dental de grabado total, activado por luz visible⁴⁴. Es un adhesivo de Quinta Generación que contiene nanorelleno de 3M ESPE (Tabla 5) por lo que ofrece una mayor fuerza de adhesión a la dentina. Además contiene el copolímero tolerante a la humedad (como Vitrebond) en un solvente de agua/etanol. Empleando una tecnología de nanorelleno de alta dispersión que contribuye a un desempeño todavía mejor. En un estudio de Jorge Perdigao para 3M ESPE, la evaluación de la resistencia a la micro-tensión, el adhesivo muestra una mejoría significativa en la fuerza de adhesión a la dentina⁴⁴.

En su composición incorpora relleno de partículas esféricas de sílice con diámetro de 5 nanómetros de diámetro (Tabla 5); este relleno representa 10% del peso total del adhesivo. Las partículas silanizadas son estables y se mantienen distribuidas de forma homogénea durante la dispersión. Se dispersa de tal manera que las partículas no se aglomeran. Como partículas diferenciadas, su tamaño extraordinariamente minúsculo las mantiene en suspensión coloidal. Esto significa que el adhesivo Adper Single Bond 2 nunca se tendrá que agitar antes de usarse y su consistencia es segura en cada gota. En contraste, las partículas de relleno más grandes que usualmente incorporan algunos adhesivos corren el riesgo de sedimentarse y separarse de la solución. Tales adhesivos requieren que se les agite antes de usarse⁴⁴.

Con excepción del nanorelleno de sílice, el adhesivo Adper Single Bond 2 contiene los mismos componentes que el adhesivo original. Posee: BisGMA, HEMA, dimetacrilatos, etanol, agua, un novedoso sistema fotoiniciador y un copolímero funcional de metacrilato de ácido poliacrílico y ácido politacónico que se introdujo por primera vez con Vitrebond™ Ionómero de Vidrio y también se lo utiliza en el cemento RelyX™ y ionómero Vitremer⁴⁴.

Se ha demostrado que la incorporación de ácido polialkenóico en el primer (acondicionador) ayuda a la resistencia contra el efecto deteriorante de la humedad en un ambiente con una elevada humedad relativa (Fundingsland y cols. 1992). El sistema fotoiniciador patentado permite una fotopolimerización rápida en tan sólo 10 segundos⁴⁴.

En su mecanismo de adhesión, al ser resinas polimerizables de baja viscosidad penetran en las porosidades expuestas por el procedimiento de grabado ácido formando una unión mecánica entrecruzada después de polimerizadas formando tags de resina y una capa híbrida⁴⁴.

Tiene un pH inferior a 4.50 es capaz de actuar sobre la dentina como autoacondicionador, por medio de ácidos en baja concentración y sus monómeros ácidos; de lo contrario es necesario un acondicionamiento ácido previo al sistema adhesivo¹¹ (Tabla 4).

Adper Single Bond 2 está indicado para: restauraciones directas con materiales fotopolimerizables, tratamiento de sensibilidad cervical, adhesión de carillas de resina o porcelana, cementación de amalgamas, coronas, puentes, inlays, onlays y postes endodóncicos. En un estudio conducido por la Dra. Patricia N. R. Pereira, para la 3M ESPE, el grosor de la película midió menos de 10 micrones en microscopio electrónico de barrido. Las imágenes del microscopio electrónico de barrido revelan una excelente adaptación del adhesivo a las superficies grabadas del esmalte y la dentina⁴⁴.

Está disponible en dos presentaciones: botella o monodosis. La presentación en botella de dosis múltiples integra una tapa con un diseño denominado “pinch & flip” que además de ser fácil de abrir y cerrar, minimiza el desperdicio y evita el desorden que normalmente ocurre con las típicas tapas de rosca. Para proteger al fotoiniciador de la luz ambiental, la botella (vial) del adhesivo Adper Single Bond 2 fue diseñada para bloquear principalmente la luz visible que es absorbida por el fotoiniciador del adhesivo. Pero a la vez es una exclusiva botella traslúcida que permite la inspección visual del contenido⁴⁴.

4.6.3. Propiedades Deseables de los Sistemas Adhesivos

La función principal de un sistema adhesivo es humectar e imprimir la superficie (Gráfico 17). Henostroza¹¹ cita que, según varios autores (Chohayed 1992; Leinfelder 1992; Degrance y Francois Roulet 1997; Carvalho 1998; Prati et al., 1994; Millar et al., 1999; Millar et al., 2002) un sistema adhesivo dentinario debería:

- Promover inmediata y permanentemente una adhesión a la dentina
- Permitir que la resistencia adhesiva de la dentina sea comparable a la del esmalte
- Imprimir las fibras de colágeno dentinario
- Reaccionar químicamente para formar sales de fosfato de calcio por reacción ácido-base
- Obliterar los túbulos dentinarios y mantener el medio interno
- Inhibir o limitar la desmineralización dentinaria
- No ser citotóxicos con el sistema dentinopulpar
- Ser compatible con otros sistemas resinosos
- Poseer efecto bactericida y bacteriostático
- Estabilizar el módulo elástico dentinario
- Reducir la sensibilidad postoperatoria
- Aumentar la adaptación a las paredes cavitarias
- Disminuir la filtración y percolación marginal, evitando el riesgo de caries secundaria
- Preservar una técnica de fácil aplicación clínica

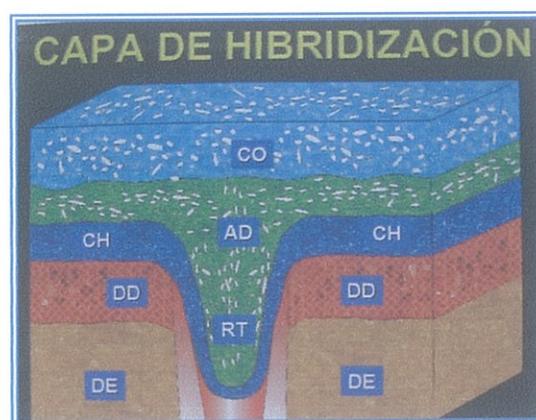


Gráfico 17. Capa híbrida con dentina desmineralizada sin cubrir por el sistema adhesivo (CH: capa híbrida, DD: Dentina desmineralizada sin cubrir, AD: Adhesivo, DE: Dentina, RT: Resin tags y CO: Resina) Tomado de: Henostroza, 2003.

4.7. Mecanismos de las Posibles Fallas en la Adhesión a Dentina

4.7.1. Falla Cohesiva

Se refiere a la fractura de fibras colágenas (**Gráfico 18a**). Al medir la unión de un adhesivo a la dentina, en realidad se mide la unión de diferentes estructuras como son: adhesivo, capa híbrida, fibras colágenas no cubiertas y dentina íntegra. De éstas estructuras, las fibras colágenas tienen el menor valor de resistencia siendo de 30MPa. Por lo tanto, el integrante más débil de la cadena se fractura¹¹.

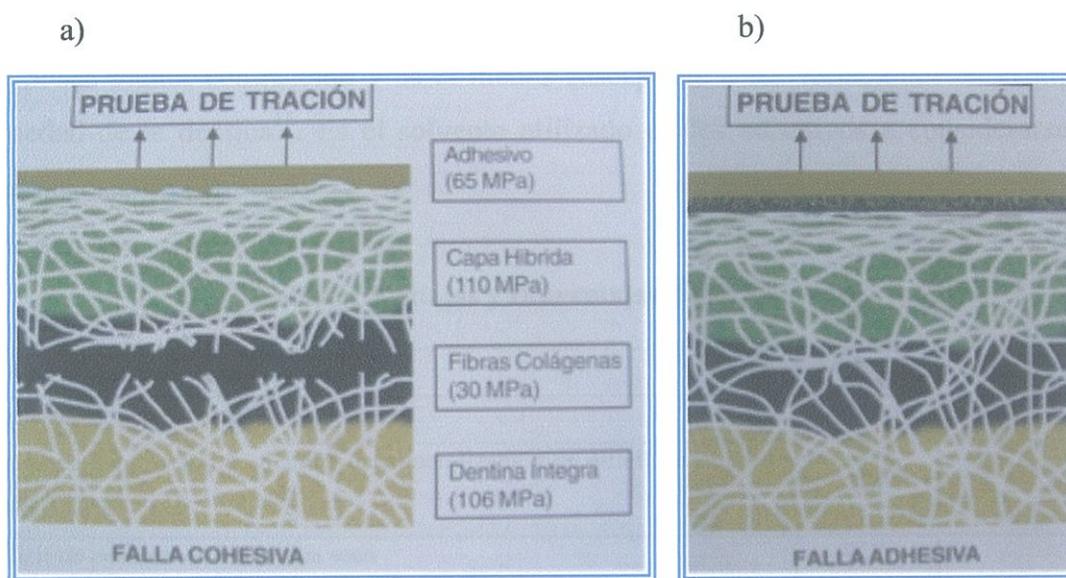


Gráfico 18. Fallas de los sistemas adhesivos: a) Fallas cohesivas y b) Fallas adhesivas
Tomado de: Henostroza, 2003.

4.7.2. Falla Adhesiva

No se produce una fractura del adhesivo mismo en la interfase adhesivo/dentina (**Gráfico 18b**), ya que hubo una excesiva remoción de agua en la dentina acondicionada y el adhesivo no penetró bien dejando una resistencia a la tracción mucho menor que 30MPa; es decir menor a la resistencia de fibras colágenas¹¹.

4.7.3. Fallas Marginales

Al usar sistemas adhesivos, se supone que esto no ocurriría. Sin embargo, puede suceder por un mínimo descuido en los procedimientos, que desencadene un fracaso a corto plazo. Es decir, dependerá más del operador que del adhesivo¹¹.

4.7.4. Por el Solvente del Primer

La función de un solvente es disolver los monómeros hidrófilos del primer facilitando su penetración en los intersticios húmedos de la dentina desmineralizada. Estos solventes hidrófilos pueden ser: acetona, alcohol etílico y agua. Cada uno tiene diferente volatilidad y contracción (25 a 30%), como se aprecia en la **Tabla 6**. La acetona es muy volátil por lo que debe mantenerse el frasco bien cerrado y la aplicación debe ser inmediata; además, es el que tiene mayor contracción y es muy susceptible a la falta de humedad. Sin embargo, en presencia de humedad su comportamiento es muy bueno. El alcohol es menos volátil pero se debe tomar las mismas precauciones; sin embargo, es el que posee menor contracción y es el menos susceptible a las variaciones en el grado de humedad de la dentina¹¹. Es el solvente utilizado en los adhesivos a considerarse en el presente estudio (**Tabla 5**).

Tabla 6: Ventajas y Desventajas de los solventes

Problemas con el solvente	Acetona	Alcohol	Agua
Evaporación antes de su aplicación	XX	X	
Ocasiona contracción de dentina desmineralizada y es difícil penetrar en dentina seca	XX		
Difícil de penetrar en la dentina seca	XX		
Difícil eliminar el exceso por evaporación			XX
Total de problemas	6X	1X	2X

El agua es otro solvente que, además de promover la rehidratación de la dentina, actúa como vehículo de los monómeros transportándolos hacia los espacios creados en la red colágena. Es más difícil de evaporar que los otros dos solventes. Mejora la capacidad autoacondicionadora de los monómeros ácidos¹¹.

En la **Tabla 6** se compara las ventajas y desventajas de cada uno de los solventes. Según estos problemas los adhesivos con etanol como solvente son superiores a aquellos de agua o alcohol¹¹.

Perdigao et al.³⁵ en el 2002, evaluaron con microtracción las fuerzas de adhesión de tres adhesivos de una sola botella con diferentes solventes (Single Bond, Prime&Bond NT, Excite), aplicados en dentina humectada y dentina secada por 5 segundos y vieron que no hubo diferencias significativas. Sin embargo, Single Bond fue el más resistente y obtuvo

38.4MPa con una superficie húmeda y 30.9MPa con una superficie seca. La causa de falla adhesiva más común sobre el 70% se dio entre el adhesivo y dentina³⁵.

4.7.5. Por el Número de Capas del Adhesivo

El adhesivo se aplica con un pincel descartable con la cantidad suficiente para frotarlo y cubrir toda la superficie. Se espera veinte segundos para que el primer o primer/bond penetre en la dentina hasta alcanzar la profundidad que abarcó la desmineralización.

Generalmente se aplican dos capas, aún cuando el fabricante recomienda una sola; sin embargo no se debe exagerar. Productos como All Bond 2 necesitan de 3 a 5 capas³⁶.

Para decidir el número ideal de capas se debe tener en cuenta dos factores:

- El espesor de la capa no polimerizada en presencia del oxígeno o capa inhibida. Cuando ésta es gruesa, los fabricantes recomiendan el uso de capas múltiples.
- Los adhesivos sin relleno también requieren de mayor número de capas.

En todo caso, el mejor parámetro para observar a simple vista que la superficie tenga el suficiente número de capas, es que ésta presenta un brillo característico³⁶.

4.7.6. Por el Secado Para Eliminar el Solvente del Adhesivo

Una vez que se facilita la penetración del primer en la dentina húmeda, se debe propiciar la eliminación completa del solvente mediante su evaporación por medio de chorros de aire, cuidando de tener una separación aproximada de tres milímetros entre la punta de la jeringa triple y la superficie. Si el desplazamiento del adhesivo es intenso, entonces se debe incrementar la distancia del chorro de aire. La evaporación del solvente no requiere de un chorro fuerte, ya que podría eliminar el adhesivo de algunas zonas. Si el solvente no hubiese sido totalmente evaporado, se nota un desplazamiento del adhesivo en la superficie dentinaria por efecto del chorro de aire, el cese de este movimiento indicará la completa evaporación del mismo¹¹.

4.7.7. Por la Fotoactivación del Adhesivo

Aunque el fabricante no haga esta recomendación, se debe polimerizar el adhesivo antes de colocar el producto resinoso. Cuando el adhesivo presenta el primer separado del adhesivo, generalmente el primer no requiere de fotopolimerización, en tal caso, luego de

evaporar el solvente se aplica el bond y, sin esperar se elimina el exceso con un pincel seco y se procede a la fotoactivación¹¹.

4.7.8. Otros Factores que Influyen

Un descuido del operador en las precauciones que se deben tener, causan la falla del sistema sin importar el adhesivo utilizado¹¹.

4.8. POSTES PREFABRICADOS

Henostroza cita que según Mondelli et al. en el 2001, un poste radicular se define como “el segmento de la reconstrucción y/o restauración dentaria que se inserta dentro del conducto para retener y estabilizar un componente coronario”¹¹. La elección de un poste y muñón debe cumplir con satisfacer factores biológicos, mecánicos y estéticos, para recuperar la homeostasis y preservar el diente^{3,11}.

Para devolver la función de un gran número de dientes se utilizaban diversos dispositivos intraradiculares, como los postes muñones colados, que en la actualidad se usan cada vez con menor frecuencia debido a las tensiones que generan sobre las paredes radiculares²; y ya que por su rigidez producen fracturas oblicuas o verticales que clínicamente terminan en extracciones³⁷, esta situación ha generado la fabricación de postes prefabricados³⁸.

4.8.1. Función

Desde el punto de vista endodóncico, Weine²² afirma que el objetivo de un poste es “soportar un muñón para restablecer la estructura dental perdida, para retener una restauración y no proporcionar fortaleza o resistencia a las fracturas”.

En contraparte, los rehabilitadores como Hinostroza¹¹, mencionan que la función del poste, además de retener el segmento coronario, es prevenir la fractura del diente después del tratamiento de endodoncia proporcionando apoyo y resistencia interna; principalmente mediante postes adhesivos no metálicos como los de fibra.

4.8.2. Características que los Hacen Superiores

- Dan resultados satisfactorios, en menor tiempo y reduciendo costos^{17,32,39}.
- Por no ser metálicos no están sujetos a disminuir su resistencia e incluso no manchan los dientes y se ha eliminado la corrosión³⁸ o alergias por hipersensibilidad¹⁷.
- Se ha mejorado la estética¹ y disminuido la rigidez¹⁴.
- Bajo módulo de elasticidad y alta resistencia a la fractura; por sus características semejantes a la dentina permiten una reducida y uniforme transmisión de tensiones a la estructura radicular. Por lo tanto, han disminuido fracturas indeseadas por un estrés no homogéneo a la dentina^{2,8,11,14,17}.
- Forma similar al volumen dental perdido⁴⁰, por lo que deben adaptarse adecuadamente al conducto tratado endodóncicamente¹⁷.
- Propiedades mecánicas similares a la dentina⁴⁰.

4.8.3. Composición de los Postes de Fibra

Pueden estar reforzados con fibras de carbón, vidrio o cuarzo en cantidades entre 35-65%¹⁰. Estos postes están compuestos con fibras unidireccionales embebidas en una matriz de resina. La matriz de polímeros está comúnmente compuesta por polímeros epóxicos (y/o Bis-GMA) con un alto grado de conversión monomérica y una estructura altamente entrecruzada¹. Por su naturaleza parcialmente polimérica permiten una cementación adhesiva, ya que generan uniones de tipo cohesivo-adhesivo¹¹.

4.8.4. Distribución del Estrés de las Fibras

Al poseer fibras como parte de su composición, tienen la ventaja de distribuir el estrés en una superficie más amplia, además de poseer propiedades como: alta resistencia al impacto, disminuir y atenuar las vibraciones, absorber el shock y aumentar la resistencia a la fractura¹⁴.

Garoushi et al.⁹ en el 2006, investigaron si el volumen y tamaño de fibras tiene un efecto significativo en la fuerza de flexibilidad (*flexural strength*) y la capacidad de resistencia a la fractura, observaron que hay una correlación directamente proporcional entre éstas pero que, las fibras son efectivas solo si el estrés es transferido de la matriz polimérica a las fibras. Esto solo ocurriría si las fibras tienen una longitud igual o mayor que el largo crítico que reportó ser de 6mm⁹.

4.8.5. Variables que Afectan a la Retención de un Poste

La retención de un poste y la distribución de las tensiones generadas a la raíz circundante dependen de: la longitud, diseño, diámetro y textura superficial de dicho poste¹⁷; la cantidad de estructura dentinaria y la forma del conducto^{22,39}.

Para una correcta selección de la longitud, grosor y diseño de un poste se necesita de una radiografía para evaluar la longitud y grosor de la raíz, los cambios anatómicos, la forma del conducto y la conservación de los tejidos duros que conforman y rodean el diente³.

4.8.5.1. Cantidad de Estructura Coronaria y Forma del Conducto

El grosor del diente sobre el margen de restauración debe ser al menos de 1.5 a 2mm para lograr resistencia. Es importante ya que el uso de postes prefabricados se limita a cuando existe un remanente de dentina y la corona está bien soportada por estructura dentaria³.

El poste debe caber y adaptarse perfectamente en la forma y tamaño del conducto³⁹, promoviendo una mayor resistencia a la fractura y retención del poste³. Cada diente posee una anatomía y morfología diferente, incluso de un individuo a otro, y esto puede afectar la colocación del poste³. Fernández et al.³, citan un estudio anatómico realizado por Gutmann en 1992, en el que concluyó que las raíces de los premolares mandibulares tienen suficiente grosor para alojar en sus conductos a la mayoría de los sistemas de poste.

4.8.5.2. Longitud

Al aumentar la longitud del poste, también aumenta proporcionalmente su retención, independientemente del sistema utilizado²². Se ha demostrado que a mayor longitud del poste, mejor retención³⁹ y distribución de stress³ (compresión y cizallamiento) y aumenta la resistencia a la fractura²². Como mínimo, el poste debe medir lo mismo que la corona clínica²², y de preferencia al menos $\frac{3}{4}$ de la longitud de la raíz, ya que mientras más pequeño sea el poste, tiene un mayor rango de falla o fractura³⁹. Cabe recalcar que aunque el poste debe ser lo más largo posible es importante conservar de 3 a 5 mm de gutapercha para el sellado apical^{3,39}.

4.8.5.3. Diámetro

Las preparaciones intraconducto deben ser conservadoras y el diámetro del poste debe ser compatible con el diámetro del conducto³. Aunque existen discrepancias en cuanto al diámetro indicado para un poste, se debe conservar la mayor cantidad de estructura dental, no tener riesgo de perforar y permitir que el diente restaurado resista a las fracturas^{3,39,41}. Esto se debe a que el incremento de diámetro en un poste no causa un efecto significativo en la retención. Sin embargo, se dice que postes de mayor diámetro al requerido aumentan el riesgo a la fractura, porque son menos elásticos y comprometen a la raíz debido al mínimo grosor de dentina en las paredes intraconducto^{5,39}. Un estudio de Pest et al.² en el 2005, realizado para evaluar la variación en la distribución del estrés de postes con diferentes diámetros apicales, concluyeron que: no hay diferencias significativas entre el stress producido al agente cementante y dentina a pesar de la variación de diámetros.

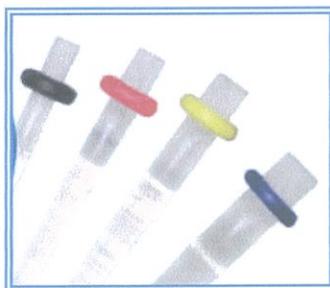


Gráfico 19: DT Light Post
Tomado de: Reality 2005

4.8.5.4. Diseño del Poste y Características de su Superficie

Pueden ser clasificados según su forma y características de su superficie:

Por su superficie pueden ser activos o pasivos³. Los postes activos engranan o se unen mecánicamente con la dentina por medio de roscas, mientras que los postes pasivos como DT-Light (**Gráfico 19**), para su retención dependen del cemento y su estrecha adaptación con las paredes del conducto. Se dice que el diseño de un poste activo es una causa del fracaso del sistema postes-núcleo restaurador³.

Aunque la mayor retención es dada por postes activos (como los postes en rosca de tornillo) y, la menor retención se da con los pasivos (como los postes lisos)^{22,39}; los postes en rosca engranan en la dentina y pueden llevar a incrementar un estrés indeseado en la raíz causando fracturas irreparables³. Por ello, se prefiere postes pasivos.

Por su forma pueden ser paralelos, cónicos o paralelos con punta cónica^{3,39}.

Los postes cónicos tienen la forma original de la raíz y el conducto radicular, por lo tanto permiten la óptima preservación de la estructura dentaria en el ápice del poste¹. Sin embargo, producen un efecto de cuña, ya que hay una concentración de stress en la porción coronal de la raíz, que disminuye su fuerza de retención^{3,22}.

Los postes paralelos, también denominados cilíndricos, han demostrado incrementar la retención y producir una distribución uniforme a lo largo de todo el poste^{3,39}. La concentración de estrés o tensión máxima se da en el ápice, por lo que resisten mejor las fuerzas de cizallamiento y torsión porque las fuerzas se distribuyen uniformemente a lo largo del poste; de ahí que están menos expuestos al fracaso dentinario. Sin embargo, en raíces cónicas como la de premolares, pueden perforar y debilitar la pared dentinaria²².

Los postes paralelos con punta cónica, son aquellos en los que el poste es paralelo o tiene mínimos incrementos a todo lo largo, menos en la porción apical que es cónica. Éste diseño permite preservar la dentina a nivel apical y da suficiente retención por su diseño paralelo en tercio medio y coronal^{3,39}. Este es el caso de DT-Light Post de la Bisco (**Gráfico 19**). Un poste de punta cónica bien adaptado aumenta la resistencia a la fractura, pero si llega a fracturarse, causa mayor pérdida de tejido dentario en comparación con postes paralelos bien adaptados y pasivos^{3,46}.

4.8.6. Resistencia a la Fractura de los Postes

Los postes prefabricados se refieren principalmente a: postes de fibra (vidrio, carbón, cuarzo)¹⁴; así como cerámica¹⁰, acero quirúrgico o titanio¹¹.

Boschian et al.² en el 2005, realizaron un estudio tridimensional con FEM (*finite element analysis*) con primeros premolares inferiores para comparar la rigidez de postes de acero quirúrgico, titanio y fibra de vidrio; concluyeron que los postes de fibra de vidrio distribuyen el estrés mejor que los otros dos.

En otro estudio de Akkayan et al.⁵, en el que midieron la resistencia a la fractura de postes de titanio, cuarzo, vidrio y zirconio; los postes DT-Light obtuvieron la mayor resistencia a la fractura (91.20kg); como se aprecia en el **Gráfico 20**.

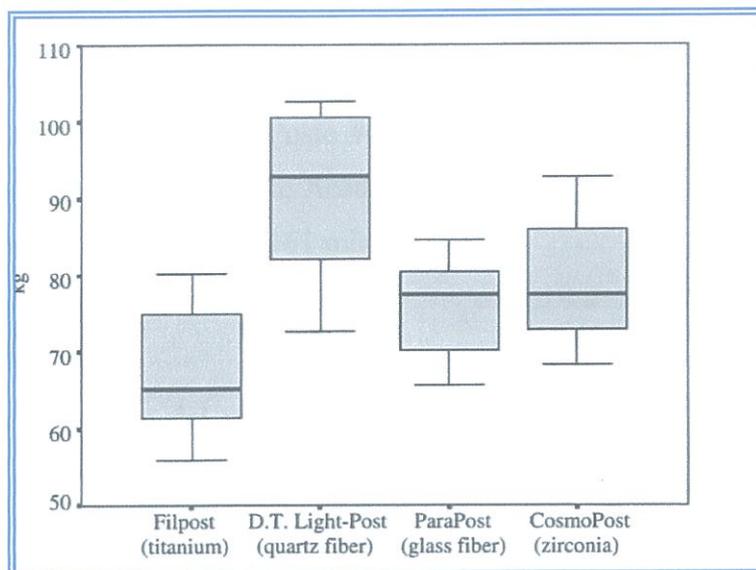


Gráfico 20. Promedios de resistencia a la fractura en kg para Filpost(titanio), DT Light Post (cuarzo), Parapost (fibra de vidrio) y CosmoPost (Zirconia)
Tomado de: Akkayan et al., 2002.

4.8.7. Postes de Fibra de Cuarzo

Los postes de fibra de cuarzo son blancos y pueden ser translúcidos u opacos, pero son más resistentes que los de fibra de vidrio. Es decir, poseen una resistencia a la compresión mayor a 440MPa, al cizallamiento mayor a 170MPa y a la tracción, mayor de 1600MPa¹¹. Las fibras translúcidas, además de mejorar la estética⁴¹, permiten una buena transmisión de luz a través del poste¹⁰; permitiendo la fotopolimerización de los materiales adhesivos que lo rodean⁴².

4.8.7.1. DT-Light Post

El sistema DT-Light Post, utilizado en este estudio ofrece un diseño de doble ahusamiento que proporciona una buena adaptación en un conducto preparado (**Gráfico 19**). Es un sistema conservador ya que tiene un ahusamiento apical para una preparación mínima del conducto y, un engrosamiento coronal para proveer máxima adaptación. Es un poste translúcido, radiográficamente radiopaco³⁶.

Está disponible en 4 diámetros, identificados por colores para facilitar su identificación de tamaño; así como el taladro, que debe ser usado para la colocación de cada poste. Así tiene 4 taladros o *drills* como son Pre-shaping (Negro), D.T. Drill #1 (Rojo), #2 (Amarillo), #3 (Azul); que concuerdan con los postes D.T. Light-Post # 0.5 (Negro), #1 (Rojo), #2 (Amarillo), #3 (Azul)³⁶. Kogan et al.⁴⁰ en el 2004, realizaron un estudio comparativo para

observar la flexibilidad y adaptación al conducto de 3 sistemas de postes prefabricados, los cuales a su vez se dividieron en subgrupos dependiendo del tamaño. Dentro de los postes medianos, el sistema DT-Light (Poste # 2) obtuvo el segundo lugar con 96.5 micras de adaptación entre el poste y dentina; Aesthetic-Post obtuvo el primer lugar con 84.1 micras y, Fiber White el tercer lugar con 161 micras.

4.9. CEMENTOS

Para la selección del material cementante se debe considerar el tipo de sustrato dentinario así como el material de las fibras¹¹.

4.9.1. Función

La función principal de los agentes cementantes es permitir la retención de las restauraciones indirectas, mediante el aumento del área de contacto entre ellas y las superficies dentarias, además de mejorar su sellado marginal¹¹.

4.9.2. Cementación Adhesiva

El cemento de resina a utilizarse en conjunto con un sistema adhesivo, más que simplemente “rellenar” el espacio entre diente y restauración, se integra subestructuralmente a los sustratos. Entonces, da una excelente retención, mejora la actividad mecánica del diente⁴ y el sellado de las interfaces y; muchas veces refuerza las estructuras dentarias y/o protege el órgano dentino-pulpar. Además son buenos estéticamente¹¹.

4.9.3. Cementos Resinosos

Los cementos de resina compuesta, como Duo Link , son ampliamente reconocidos y cada vez más utilizados en la odontología¹¹. La ventaja del uso de postes de fibra no tiene que ver con la distribución de estrés a la dentina, sino al del agente cementante. El valor máximo de estrés generado por el poste, debe ser menor que el límite de tolerancia a la fractura del cemento². La dentina tiene un módulo de elasticidad de 18.6GPa y el poste debe tener un módulo de Young o elasticidad de máximo 30GPa; entonces el agente cementante deberá ser igual o mayor a 30GPa².

4.9.3.1. Composición

Es semejante a la de una resina compuesta, es decir: una matriz orgánica y una inorgánica integradas por el silano como agente de unión¹¹.

La parte orgánica está constituida por: una base como Bis-GMA (producto de la reacción entre bisfenol y metacrilato de glicidilo) o UDMA (Uretano dimetacrilato), combinada en algunos casos con TEGDMA o con agregado de pequeñas cantidades de grupos funcionales hidrofílicos como HEMA o 4-META.

La otra parte está conformada por partículas inorgánicas de un tamaño reducido. A menor porcentaje volumétrico de partículas incorporadas en la resina, se adecua la viscosidad del material. La reducción de la viscosidad se deriva de su menor contenido de relleno y mayor porcentaje de solvente orgánico. Una menor viscosidad, facilita la manipulación y el asentamiento completo de la restauración en el diente preparado¹¹.

4.9.3.2. Clasificación

Por su Carga Inorgánica

Según el tamaño de sus partículas inorgánicas, pueden ser clasificados en: cementos resinosos de microrelleno o micro-híbridos.

En los cementos resinosos de microrelleno, las partículas tienen 46-48% en volumen de dióxido de silicio de tamaño promedio de 0.04 μ m.

Los cementos resinosos microhíbridos, constituyen la mayoría de los cementos que se encuentran en el mercado odontológico. Contienen partículas de relleno cerámico de tamaño promedio 0,6-2,4mm (52-60% total de carga de volumen). El tamaño promedio de sus partículas inorgánicas de relleno es alrededor de 0,04 μ m a 15 μ m; las cuales están incorporadas en un porcentaje de 60-80% en volumen. Henostroza¹¹ afirma que según datos de la literatura, se logra mejores resultados con cementos con partículas microhíbridas; ya que su contracción de polimerización es más baja y presenta una viscosidad media, lo cual permite un adecuado asentamiento en la preparación.

Por su Forma de Polimerización

Según su sistema de activación pueden ser: activados químicamente, fotoactivados o presentar doble activación o también denominada activación dual¹¹.

Los autopolimerizables, son químicamente activados al mezclar su base y catalizador. Inician una reacción peróxido-amina (peróxido de benzoilo y 2% amina

terciaria aromática) que inicia el endurecimiento. En su nivel de polimerización tiene un alto grado de conversión de monómeros en polímeros¹¹.

Los fotopolimerizables, presentan fotoiniciadores como la alcanforquinona que se activa por acción de un haz de luz con una longitud de onda de 460-470nm. Son sistemas de monopasta, de fácil manipulación y estables de color; pero solamente factibles de utilizarse en restauraciones delgadas o translúcidas de máximo 0.7mm, ya que su curado es dependiente de que llegue suficiente cantidad de luz desde la unidad de fotopolimerización¹¹.

Los de activación dual, tienen las dos formas de iniciación de polimerización. Poseen fotoiniciadores como la alcanforquinona y aminas, para su endurecimiento dual. La reacción química de polimerización se inicia con la mezcla de la pasta base con el catalizador y, tiene como complemento el sistema activado por luz halógena. Éste aumenta el grado de conversión de los monómeros en polímeros, mejorando las propiedades físicas del cemento; además de acelerar la reacción de endurecimiento. Son indicados para el cementado de restauraciones en las que, por el tipo y grosor de las mismas, no es predecible la cantidad de luz que pueda alcanzar las zonas más alejadas o profundas. Tiene la desventaja de poder incorporar burbujas de aire en el mezclado¹¹.

4.9.4. Presión Hidrostática Durante la Cementación

La cementación cumple un papel importante para realzar la retención, distribución de stress y sellamiento de las irregularidades entre el diente y el poste³. Durante la cementación, se da un incremento de estrés en el interior del conducto, debido al proceso de presión hidrostática³. Este acontecimiento impide el completo asentamiento del poste y también puede causar la fractura radicular. Para disminuir el estrés al colocar el poste, se debe ingresar lentamente y usando un diseño de poste que permita la salida del exceso de cemento y por tanto reduzca la presión hidrostática; como es el diseño de los postes cónicos³. El aumento de la presión también depende de la viscosidad del cemento, mientras más viscoso sea, se creará mayor presión hidrostática. Una polimerización suave con un cemento dual es recomendada para evitar la presión hidrostática³.

En cuanto a los beneficios encontramos que: son más resistentes, estéticos, compatibles con los agentes adhesivos y tienen baja solubilidad. En la actualidad a estos cementos de baja viscosidad se les puede exigir buenas cualidades en cuanto a: resistencia

a la solubilidad, tonalidad, viscosidad, radiopacidad adecuada y hasta potencial efecto anticariogénico¹¹.

Como desventajas están: el costo del producto y como todo procedimiento adhesivo en odontología, la sensibilidad de la técnica de manipulación de los cementos de resina¹¹, que tiene un tiempo de trabajo corto y se ven muy afectados por una mala preparación del conducto radicular³⁹. Una buena cementación está ligada a la destreza del odontólogo para dominar la técnica y tomar precauciones.

4.9.5. Duo-Link

DUO-LINK Base/Catalist de la BISCO es un cemento de resina de curado dual, radiolúcido, especialmente formulado para la cementación de restauraciones de cerámica-porcelana y postes de fibra translúcidos. Es un cemento microhíbrido, ya que posee relleno con partículas de un promedio de 1µm que realzan sus propiedades físicas. Debido a su translúcido color universal, tiene propiedades estéticas ideales. Puede ser utilizado con adhesivos de cuarta y quinta generación³⁶.

Está compuesto de: 5-30% de Bisphenol A diglycidyl methacrylate, 5-20% de Triethyleneglycol dimethacrylate, 50-80% de glass filler y 5-15% de una base como Urethane dimethacrylate³⁶.

Puede ser dispensado en jeringa individual o dual, por lo que varía su tiempo de trabajo como se aprecia en la **Tabla 7**. El tiempo de trabajo y fraguado se aceleran a temperaturas orales. También el cemento fraguará más rápido una vez que entre en contacto con los primers de All Bond 2. Se lo fotocura 40 segundos, colocando la punta de la lámpara sobre el poste³⁶.

Tabla 7: Tiempo de trabajo y fraguado de Duo-Link

DUO LINK CEMENTO RESINOSO DE CURADO DUAL	Jeringa individual (mezcla en un block de 10-15seg)	Jeringa dual (ya sale mezclado)
Tiempo de Trabajo	Mínimo 2 min. 30 sec. (incluyendo su mezclado)	Mínimo 2 min. 15 sec.
Tiempo de fraguado	Máximo 7 min. 30 sec.	Máximo 5 min. 30 sec.

4.9.6. Etapas para la Cementación de Postes no Metálicos

Los pasos a seguir para la cementación de este tipo de postes son: prueba de la restauración o poste, aislamiento absoluto, regirse rigurosamente por las instrucciones del fabricante, ejecutar una mezcla homogénea de base y catalizador, aplicar apropiadamente el sistema adhesivo seleccionado, no movilizar la pieza durante la cementación, realizar una eficiente fotopolimerización en el caso de cementos fotoactivados o duales¹¹.

4.9.6.1. Preparación del Espacio para el Poste

Para evitar que el remanente del cemento que se usó para obturar el conducto radicular interfiera en el mecanismo de adhesión de los materiales adhesivos (agentes adhesivos y cementos resinosos) se debe: preparar el espacio con las fresas del sistema utilizado (**Gráfico 27a y 27b**), para retirar las partículas orgánicas del conducto radicular, debe limpiarse con EDTA y completar la limpieza irrigando el conducto con hipoclorito de sodio¹¹.

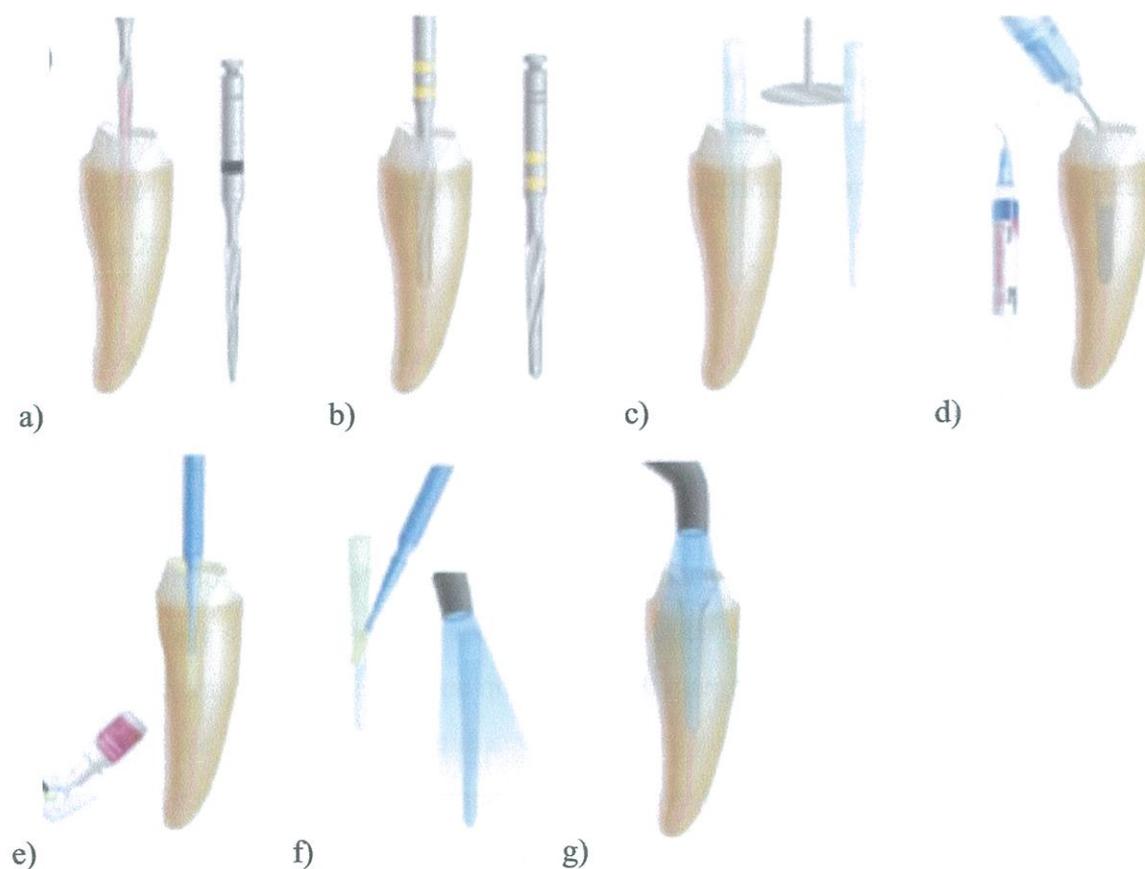


Gráfico 27. Etapas para la cementación de DT-Light
Tomado de: Reality 2005

Se utilizan 60 segundos de EDTA al 17% seguido por 10ml de NaOCl al 5% por 15 segundos²⁰; posteriormente se enjuaga con 10ml de suero fisiológico.

En casos que el operador lo requiera, con un disco de diamante, se deberá realizar el corte de la longitud del poste a la medida deseada (**Gráfico 27c**).

4.9.6.2. Tratamiento de las Estructuras Dentarias

Se debe grabar la superficie del conducto radicular y las estructuras dentarias remanentes con ácido fosfórico al 37% (**Gráfico 27d**), durante 15 segundos, y luego lavarse y secarse¹⁸. Es indispensable que siempre que se aplique una solución líquida dentro del conducto, se seque con conos de papel absorbente, para garantizar un ambiente seco adecuado pero no desecar¹¹.

4.9.6.3. Aplicación de los Sistemas Adhesivos

Es preferible el uso de sistemas adhesivos duales. Se debe aplicar el adhesivo, según las indicaciones del fabricante (**Gráfico 27d**). Luego, por medio de conos de papel, se debe remover los excesos de adhesivo presentes en el conducto radicular. Este paso es muy importante ya que evita que el sistema adhesivo interfiera en el asentamiento del poste. Si el fabricante lo solicita, se aplica en el poste una capa fina del sistema adhesivo. Finalmente se fotocura el adhesivo de las dos superficies, como indica el fabricante¹¹ (**Gráfico 27e**).

4.9.6.4. Aplicación del Cemento Resinoso

Luego de mezclarlo en partes iguales, se lo debe aplicar con puntas dispensadoras o mediante léntulos, limas o condensadores verticales con movimientos en sentido horario¹¹.

4.9.6.5. Inserción del Poste en el Conducto Radicular y Polimerización

El poste seleccionado se inserta lentamente en el conducto radicular hasta ubicarlo en su respectiva posición, en la que quedará fijado luego de la polimerización del cemento. Los excesos se retiran con espátulas y/o pinceles y se activa la polimerización con luz halógena (**Gráfico 27f**), por el tiempo que indique el fabricante¹¹.

5. METODOLOGÍA

5.1. Diseño del Estudio

Estudio experimental, *in vitro*, comparativo; ya que fue ejecutado en un laboratorio, fuera de boca y comparando tres sistemas adhesivos diferentes e conjunto a un poste de fibra de cuarzo y un cemento resinoso de curado dual.

5.2. Materiales y Métodos

Se seleccionaron clínica y radiográficamente 24 premolares: sin caries, de un solo conducto, extraídos por indicaciones terapéuticas, con formación radicular completa y longitudes radiculares similares (**Gráfico 22**). Fueron excluidos aquellos especímenes que poseían raíces con una curvatura mayor a 35° según la técnica de Schneider²². El material orgánico y cálculos fueron eliminados de las muestras por medio de ultrasonido (Scalex 800 – DENTAMERICA; U.S.A.)^{1,5}. Los especímenes se sumergieron en suero fisiológico a 37°C¹ –simulando la temperatura bucal- mientras no estaban bajo estudio⁵. Las coronas anatómicas de todos los dientes fueron seccionadas perpendicularmente a su eje longitudinal en la unión amelocementaria^{12,1}, en un corte limpio con disco de diamante³⁸ (Micro Diamond Technologies – Israel) y micromotor (NSK – Japón) con constante irrigación de agua a 20.000 rpm.

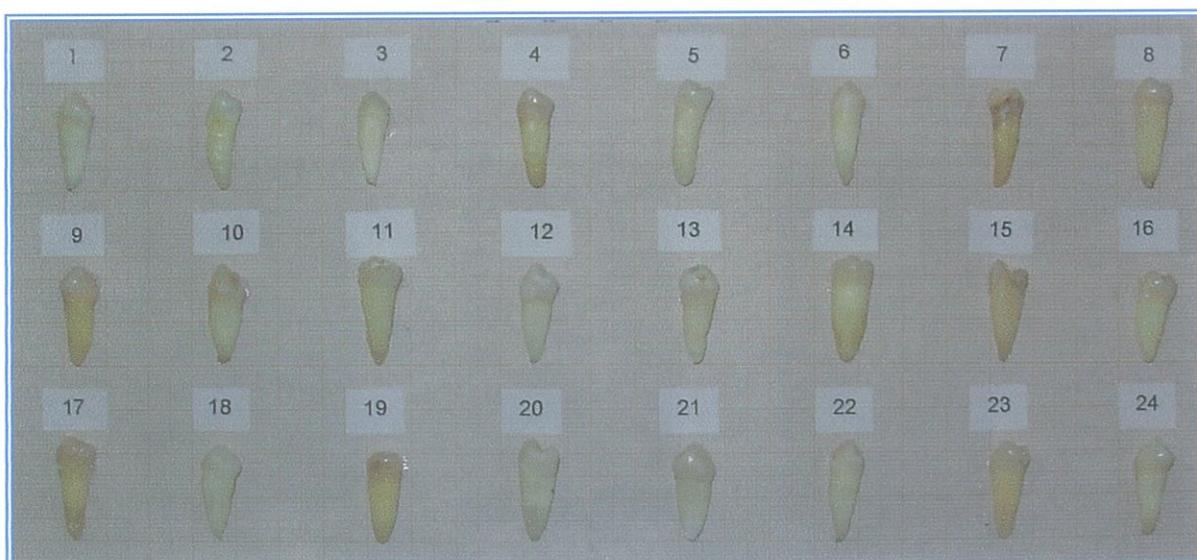


Gráfico 22. Especímenes seleccionados para éste estudio
Por: Paulina Luzuriaga Jácome

Todos los conductos fueron tratados endodóncicamente. Se obtuvieron las longitudes de trabajo de los 24 conductos, traspasando el foramen con una lima K #8 (Mayleffer-Dentsply; Suiza), para determinar visualmente la longitud del conducto y a esta medida se le restó 0,5mm. Los conductos fueron tratados química y mecánicamente durante su instrumentación con una técnica manual rotatoria mixta. Primero, por medio de la técnica *Crown Down*, se preparó el tercio coronal y medio con limas rotatorias Gates II y III utilizando un micromotor (NSK – Japón) a 20.000 rpm. Luego, el tercio apical se instrumentó manualmente con limas K pre-serie y K-flex de la primera y segunda serie (Mayleffer-Dentsply; Suiza) hasta una lima 50K en apical y; a continuación, por medio de la Técnica de Step Back se instrumentó hasta una 70K. Se irrigó con hipoclorito de sodio al 5,25%⁴ entre cada cambio de lima y tan solo de ser imprescindible, se utilizó quelante EDTA al 17% (Glyde File Prep – Dentsply Mayllefer; France)¹⁴.

Durante toda la instrumentación, se utilizaron topes en todas las limas para asegurar la longitud de trabajo y la precisión de las dimensiones internas del conducto⁵. Al finalizar la preparación del conducto, se irrigó con 10ml de hipoclorito de sodio al 5,25% acompañado de un quelante al 17% (Glyde File Prep – Dentsply Mayllefer; France), durante 15 segundos. Posteriormente, con una jeringa se lavó abundantemente con agua destilada² y se secó con conos de papel (Mayllefer-Dentsply; Suiza)^{4,5,12}. Después, se obturaron los conductos con puntas de gutapercha (Mayllefer-Dentsply; Suiza) y un cemento sellador de conductos sin eugenol (Sealapex-SybronEndo; U.S.A.). Este procedimiento fue realizado por medio de condensación vertical²², con condensadores de Shirley 8½ y 9½ para obturar el tercio apical del conducto. Se procedió a tomar un último control radiográfico (**Gráfico 23**).

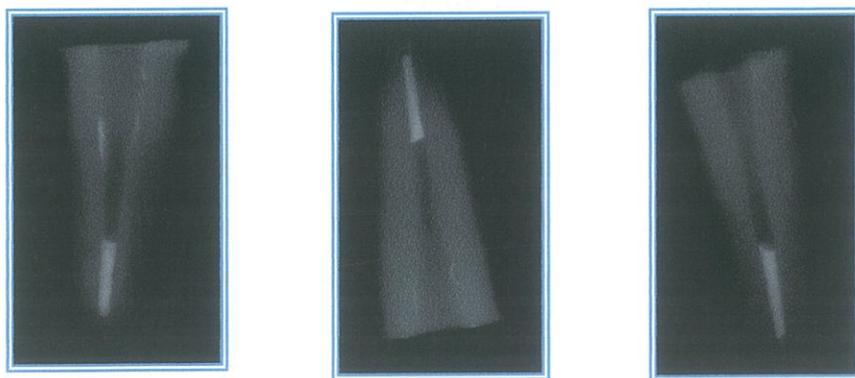


Gráfico 23. Control Radiográfico de la Obturación
Por: Paulina Luzuriaga Jácome

A continuación, se dejó una torunda de algodón en la entrada del conducto y se selló con ionómero de vidrio (Ionoseal-VOCO). Se mantuvieron los especímenes a 37°C en suero fisiológico^{12,14}.

Las preparaciones para los postes (DT-Light Post #2) fueron realizadas en todos los especímenes 24 horas después de completar los procedimientos endodónticos¹². Fueron removidos el ionómero de vidrio y la mota de algodón y; se prepararon los espacios para los postes con el kit de fresas del fabricante (drill #2 DT-Light Post). Estas fresas están diseñadas por el fabricante para dejar 30 µm de espacio alrededor del poste para el agente cementante resinoso; asegurando que durante la cementación el poste alcance el fondo de la preparación, tal como lo recomienda el fabricante¹². Se probó el poste y se observó que éste ingrese hasta los 11mm. A continuación, se grabó el espacio preparado para el poste durante 15 segundos con ácido en gel al 37% (Super Etch – SDI Australia) y se lavó con abundante agua por 20 segundos, hasta eliminar todo el ácido. En todos los grupos, el secado se realizó con puntas de papel para remover el exceso de agua pero sin secar el conducto.

Los especímenes fueron divididos en 3 grupos experimentales (n=8) y los espacios preparados fueron tratados con uno de los tres agentes de adhesión dentinaria, según las indicaciones del fabricante. Todos los sistemas adhesivos se aplicaron con un microbrush (Prehma - Medeco).

En el primer grupo del sistema adhesivo All Bond 2-Bisco (**Gráfico 24**), fueron agitadas las botellas de los Primers A y B. Se preparó una mezcla en proporción 1:1 y se la mezcló por 3 segundos con un aplicador. Se aplicaron dos capas consecutivas de la mezcla de Primer A&B en la superficie del conducto radicular. Se colocó aire durante 5-6 segundos, para asegurar la total evaporación de los solventes y, luego se seco con un cono de papel para eliminar excesos. La superficie debía presentar una apariencia brillante; si no era así se debía repetir la aplicación de la mezcla de primers. Posteriormente, en el conducto se aplicó una delgada capa del Pre-Bond Resin con un aplicador y no se la polimerizó. En el poste no se aplicó nada, siguiendo las instrucciones del fabricante⁴³.

En el segundo grupo, en donde se usó el sistema adhesivo Single Bond 2-3M (**Gráfico 25**), con un aplicador se colocaron dos capas uniformes en la dentina previamente grabada. Se retiró el exceso de adhesivo acumulado con una punta de papel absorbente. Se adelgazó la capa de adhesivo con un chorro de aire suave durante 5

segundos, a 2cm de distancia, para evaporar los solventes. Se fotopolimerizó durante 10 segundos. Se repitió el mismo proceso para el poste y se fotopolimerizó 10 segundos^{35,44}.



Gráfico 24: All Bond 2
Por: Paulina Luzuriaga Jácome



Gráfico 25: Single Bond
Por: Dr. Francisco Buenaño



Gráfico 26: All Bond 3
Por: Dr. Francisco Buenaño

En el tercer grupo del sistema adhesivo All Bond 3-Bisco (**Gráfico 26**), se agitaron brevemente las botellas y se aplicó una gota de cada uno de los frascos en un bloque de mezclar. Se mezcló los dos componentes durante 3 segundos con un aplicador. Se aplicó la mezcla en el poste, formando una capa delgada y uniforme y no se polimerizó con luz. Posteriormente, la mezcla fue colocada en el espacio preparado para el poste con una técnica de cepillado suave por todas las superficies de las paredes dentinarias del conducto, durante 15 segundos. En este grupo, por indicaciones del fabricante, no se polimerizó el adhesivo del poste ni del conducto, sino luego de aplicar el cemento de resina, donde se polimerizó durante 40 segundos⁴⁵.

Inmediatamente a seguir, los postes de fibra de cuarzo DT Light Post # 2-Bisco (**Gráfico 19**) de forma cónica, superficie lisa y longitud de 20mm, fueron medidos uno a uno y fueron marcados con un marcador a los 11mm para estandarizar su longitud y

confirmar que ingresen completamente durante su cementación. Por recomendaciones del fabricante³⁶, en un recipiente con alcohol (etanol) se dejó por un espacio de 5 minutos para que los postes se limpien. A continuación, se los colocó sobre una gasa, permitiendo que el sobrante se evapore^{16,36}. Además, se confirmó que las marcaciones a 11mm no se hayan borrado.

Para la cementación de los postes, se utilizó un papel milimetrado bajo una loseta de vidrio, para poder estandarizar las cantidades de 5mm del catalizador y 5mm de base del cemento resinoso dual (DuoLink-Bisco). Con una espátula específica para el efecto, se mezcló y se introdujo el cemento dual en los conductos, por medio de una lima K#20. Para evitar la formación de burbujas, se aplicó el cemento en el poste y se introdujo lentamente en el conducto por medio de presión digital y girando en sentido horario hasta sentir resistencia (**Gráfico 27**). Los excesos fueron removidos inmediatamente con una brocha¹² y se polimerizó por 40 segundos en contacto directo con la porción coronal del poste, mientras se mantenía presión digital sobre el mismo.

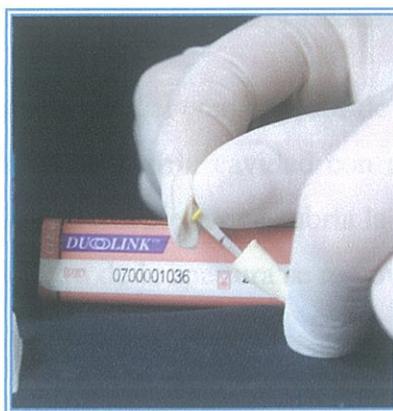


Gráfico 27. Cementación de DT Light
Por: Paulina Luzuriaga y Dr. Francisco Buenaño

Después de 20 minutos⁴⁰, al darse la completa polimerización del cemento, se fabricaron cilindros de acrílico transparente autopolimerizable (Jet Acrilic) sobre las raíces de todas las muestras; como se aprecia en el **Gráfico 28**. Para ello, se fabricó un conformador de muestras de forma cilíndrica con un diámetro de 15mm y profundidad variable (**Gráfico 29**). Éste poseía una abertura en su base para poder expulsar la muestra y se hallaba cubierto por otra pieza mientras el material polimerizaba.

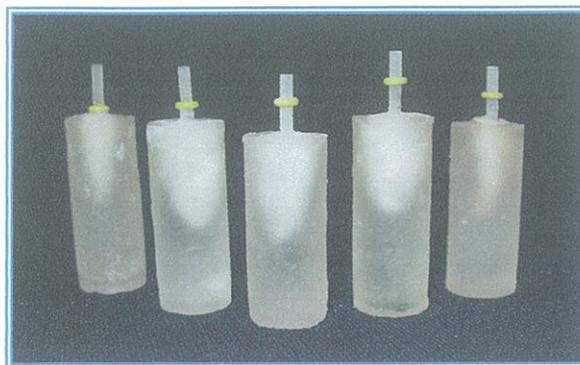


Gráfico 28. Cilindros de acrílico con los especímenes
Por: Paulina Luzuriaga Jácome

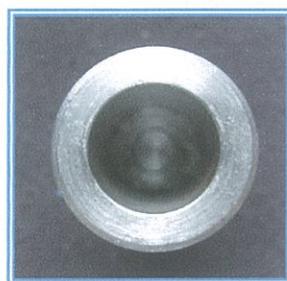


Gráfico 29. Conformador de muestras
Por: Paulina Luzuriaga Jácome

Con una brocha se aplicó vaselina en el conformador de muestras (**Gráfico 29**). En un paralelómetro se sujetó el poste, se llenó la cavidad con acrílico hasta el borde del espécimen y se dejó polimerizar. Se retiró la pieza que cubría la abertura inferior del molde y, con la ayuda de un metal del diámetro de la apertura se removió el bloque cilíndrico con la muestra.

El sobrante de poste fue cortado horizontalmente con un disco de diamante y micromotor con abundante irrigación, para evitar que las fibras se abran¹². Inmediatamente, se guardó el espécimen en frascos con agua destilada durante 5 días a 37°C, antes de ser estudiados^{12,16,14,20}.

Por medio de una pieza metálica adaptada para cortar especímenes de 3mm de altura y un micromotor con discos de diamante; se realizaron cortes transversales, perpendiculares al poste y diente, tomando de cada poste una muestra de la porción cervical, media y apical¹² (**Gráfico 30**). Se formaron grupos de 24 especímenes cada uno; es decir, 3 grupos y 3 subgrupos, en total 72 especímenes.

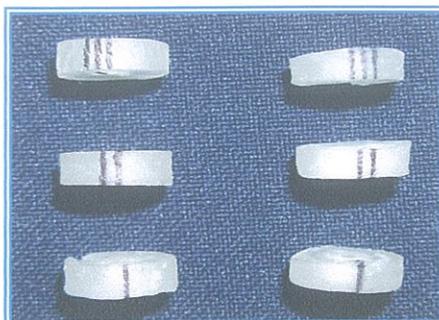


Gráfico 30. Muestras porción cervical, media y apical de dos especímenes
Por: Paulina Luzuriaga Jácome

Para obtener el área exacta del poste de fibra en cada uno de los 72 especímenes, se adquirieron varias medidas y aplicaron fórmulas. Con un calibrador digital se tomaron tres mediciones de la altura (h), diámetro cervical y apical de cada espécimen, para sacar una media de cada zona. La media cervical y apical de cada espécimen se dividió en la mitad para obtener el radio de cada una. Luego se realizó el cálculo de n por medio de la fórmula

$$\sqrt{(r_1 - r_2)^2 + h^2}$$

donde: h es la altura del poste que será la media de cada espécimen. Luego se obtiene el área de cada espécimen con la fórmula $A = \pi * n [r_1 + r_2]$; donde n , es la diagonal, r_1 , es el radio cervical y r_2 , es el radio apical¹² (Gráfico 31).

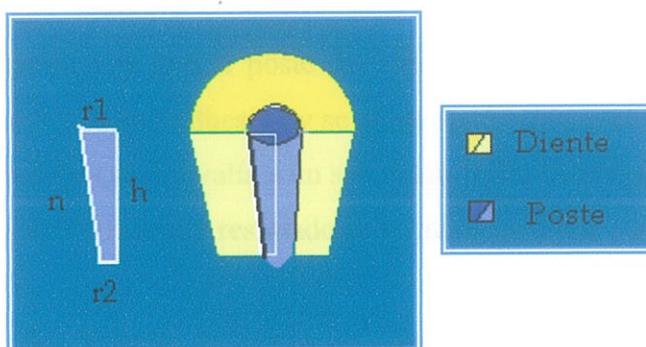


Gráfico 31. Diagrama de una sección del poste para aplicación de fórmula
Por: Paulina Luzuriaga Jácome

Al tener el área del poste en cada espécimen, debido a la forma cónica del poste y su distinto tamaño en cada zona, se aplicó una carga de empuje para desalojar el postcemento-adhesivo con una máquina universal de pruebas mecánicas (Gráfico 32). La velocidad de carga fue de 0.5mm/min. en dirección de la cara apical a la coronal^{14,16,20}.

La carga se aplicó empleando un pistón metálico de 0,8mm de diámetro, en contacto céntricamente con en el segmento del poste y evitando el contacto con la superficie dentinaria¹ (Gráfico 33).

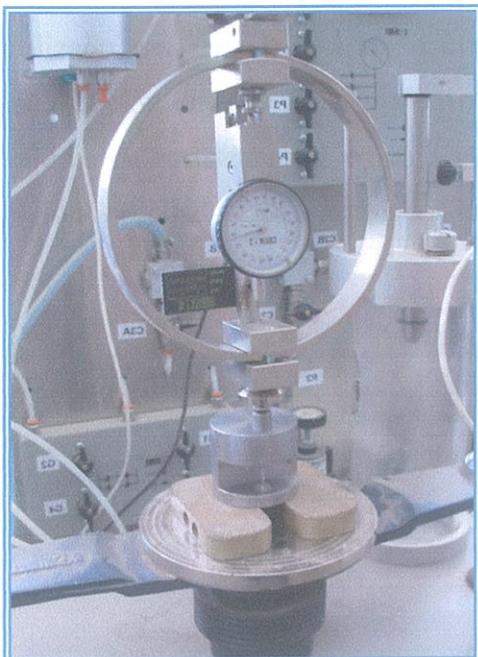


Gráfico 32: Máquina adaptada para las pruebas de Push out
Por: Paulina Luzuriaga Jácome

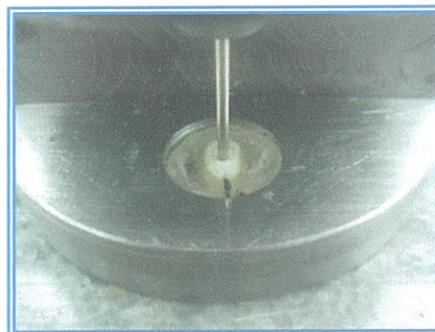


Gráfico 33. Especimen y pistón
Por: Paulina Luzuriaga Jácome

La fuerza máxima a la que el poste del espécimen se extruyó del segmento, fue tomada como el punto de fracaso adhesivo y se anotó según lo que el deformímetro marcó. Cada valor de deformación (x) equivalía a un semejante valor de carga (y) en KN al aplicar la fórmula $y=0.0009x-0.0001$, a este resultado se lo multiplicó por 1000 y se lo convirtió a Newton (N).

Para reportar, los valores de fuerza de adhesión fueron convertidos en MPa, al dividir esta fuerza en N para el área del poste en cada segmento calculado anteriormente¹².

Los resultados se sometieron a Prueba de Tukey-Kramer, análisis estadísticos de ANOVA, Método de Bartlett y Método de Kolmogorov y Smirnov.

Ya que ANOVA es una prueba paramétrica que asume que los datos recolectados tienen idénticas desviaciones estándar y la muestra tendrá una distribución Gaussiana; por el tamaño de la muestra, esto será comprobado por el Método de Barlett y el Método de Kolmogorov y Smirnov; para así sustentar la aplicación de la Prueba de Tukey-Kramer.

6. RESULTADOS

Como se aprecia en la **Tabla 8**, la prueba de ANOVA de 2 vías demostró que los valores de resistencia fueron muy significativamente afectados ($p < 0.001$) por: el adhesivo utilizado ($p = 0.00051529 \times 10^{-8}$), el área del tercio en la que se lo aplicó ($p = 0.004872$) y la intercepción entre el área y adhesivo ($p = 0.00068$). En la **Tabla 9** se puede apreciar los valores de resistencia al empuje y desviaciones estándar de cada adhesivo, en las tres regiones probadas; así como todos los valores p a ser analizados a continuación.

TABLA 8. Resultados de ANOVA de 2-vías

<i>Estadísticas de la regresión</i>						
Coefficiente de correlación múltiple					0,974622514	
Coefficiente de determinación R ²					0,949889046	
R ² ajustado					0,942372402	
Error típico					1,838830545	
Observaciones					24	

<i>ANÁLISIS DE VARIANZA</i>						
	<i>Grados de libertad</i>	<i>Suma de cuadrados</i>	<i>Promedio de los cuadrados</i>	<i>F</i>	<i>Valor crítico de F</i>	<i>p</i>
Regresión	3	1281,89844	427,2994799	126,3714433	3,60927E-13	** < 0.001
Residuos	20	67,62595545	3,381297772			
Total	23	1349,524395				

	<i>Coefficientes</i>	<i>Error típico</i>	<i>Estadístico t</i>	<i>Probabilidad</i>	<i>Inferior 95%</i>	<i>Superior 95%</i>
Intercepción	12,28750047	2,847499579	4,315189564	0,000336703	6,347720445	18,22728049
Área (Tercio)	-2,259403117	0,713933526	-3,164724776	0,004872748	-3,748642351	-0,770163883
Adhesivo	0,265894708	0,020981173	12,67301415	5,1529E-11	0,222128747	0,309660669
Área x Adhesivo	-0,014342806	0,003575408	-4,011515258	0,000684834	-0,021800977	-0,006884634

Donde ** representa que el valor p es estadísticamente muy significativo

TABLA 9. Valores regionales de la resistencia al empuje (media \pm DE) en MPa obtenidas por pruebas de ANOVA de 1-vía realizadas independientemente para cada sistema adhesivo

Adhesivo	Coronal	Medio	Apical	Valor p x adhesivo
All Bond 3	29.519 \pm 4.929	25.338 \pm 4.922	18.436 \pm 8.524	** 0,0076
Single Bond	26.196 \pm 4.152	27.586 \pm 4.797	13.632 \pm 6.799	*** 0,0001
All Bond 2	21.774 \pm 4.634	21.572 \pm 5.912	25.792 \pm 12.405	ns 0.534
Valor p x región	* 0,0102	ns 0,0907	* 0,0567	

Donde: ns representa que no es estadísticamente significativo, y * representa ser significativo, ** ser muy significativo y *** ser extremadamente significativo

En cuanto a los adhesivos utilizados; en la **Tabla 10** se aprecia que los resultados de ANOVA de 1-vía indicaron diferencias muy significativas en los adhesivos All Bond 3 ($p=0.0076$) y extremadamente significativas en Single Bond ($p=0.0001$); aunque no se encontraron diferencias significativas en All Bond 2 ($p>0.05$).

TABLA 10. Significado del *valor p* según ANOVA de 1-vía para cada adhesivo y región

Adhesivo	valor p	Significancia
All Bond 3	0,0076	muy significativo
Single Bond	0,0001	extremadamente significativo
All Bond 2	ns 0.534	no significativo

Región	valor p	Significancia
Coronal	0,0102	significativo
Medio	0,0907	no significativo
Apical	0,0567	poco significativo

TABLA 11. Resultados de las Pruebas estadísticas de All Bond 3 en los diferentes tercios dentarios

ANOVA 1-Vía		
valor de p	0,0076	muy significativo
Prueba de Barlett		
valor de p en Barlett		0,2407
Diferencias entre DE		no significativa
Prueba de Kolmogorov y Smirnov		
	KS	p value
c All Bond 3	0,1878	$p>0.10$ ñ
b All Bond 3	0,2223	$p>0.10$ ñ
a All Bond 3	0,1716	$p>0.10$ ñ
Prueba de Comparación de Tukey-Kramer		
Comparación de Tercios	q	p value
c vs b de All Bond 3	1,861	ns $p>0.05$
c vs a de All Bond 3	4,932	** $p<0.01$
b vs a de All Bond 3	3,071	ns $p>0.05$
Resumen de la información: Resistencia de los diferentes tercios con All Bond 3		
Adhesivo	Media \pm DE (MPa)	
c All Bond 3	29.519 \pm 4.929	
b All Bond 3	25.338 \pm 4.922	
a All Bond 3	18.436 \pm 8.524	

Donde: a es el tercio apical, b es el tercio medio y c es el tercio coronal. Además ns representa que no es estadísticamente significativo y ** ser estadísticamente muy significativo

En cuanto a All Bond 3, como se aprecia en la **Tabla 11** el ANOVA de 1-vía para All Bond 3, hubo diferencias muy significativas ($p=0.0076$) entre sus tercios. Con la prueba de comparación de Tukey-Kramer se observó una diferencia muy significativa

($p < 0.01$) entre el tercio apical y coronal de All Bond 3. Según su resistencia, se evidenció que el más resistente fue el tercio coronal (29.519 ± 4.929), seguido del tercio medio (25.338 ± 4.922) y finalmente el tercio apical (18.436 ± 8.524).

Con respecto a Single Bond, como se aprecia en la **Tabla 12**, el ANOVA de 1-vía para Single Bond expuso diferencias extremadamente significativas ($p = 0.0001$) entre sus tercios. Con la prueba de comparación de Tukey-Kramer se apreció una diferencia extremadamente significativa entre el tercio apical y coronal ($p < 0.001$) y medio y apical ($p < 0.001$) de Single Bond. Según su resistencia, se observó que el más resistente fue el tercio medio (27.586 ± 4.797), seguido del tercio coronal (26.196 ± 4.152) y finalmente, el tercio apical (13.632 ± 6.799).

TABLA 12. Resultados de las Pruebas estadísticas de *Single Bond* en los diferentes tercios dentarios

ANOVA 1-Vía		
valor de p	0,0001	extremadamente significativa
Prueba de Barlett		
valor de p en Barlett		0,4152
Diferencias entre DE		no significativa
Prueba de Kolmogorov y Smirnov		
	KS	p value
c Single Bond	0,2153	$p > 0.10$ ù
b Single Bond	0,1548	$p > 0.10$ ù
a Single Bond	0,2699	$p > 0.10$ ù
Prueba de Comparación de Tukey-Kramer		
Comparación de Tercios	q	p value
C vs b de Single Bond	0,7323	ns $p > 0.05$
C vs a de Single Bond	6,619	*** $p < 0.001$
B vs a de Single Bond	7,351	*** $p < 0.001$
Resumen de la información: Resistencia de los diferentes tercios con Single Bond		
Adhesivo	Media \pm DE (MPa)	
c Single Bond	26.196 ± 4.152	
b Single Bond	27.586 ± 4.797	
a Single Bond	13.632 ± 6.799	

Donde: a es el tercio apical, b es el tercio medio y c es el tercio coronal. Además ns representa que no es estadísticamente significativo y *** ser estadísticamente extremadamente significativo

Por otro lado, para All Bond 2 (**Tabla 13**) el ANOVA de 1-vía demostró que no existían diferencias significativas ($p=0.53$) entre sus tercios; ya que las diferencias entre desviaciones estándar por la prueba de Barlett eran significativas ($p=0.02$). Por lo tanto, como se ratificó con la prueba de Kolmogorov y Smirnov, en todos los casos no existieron diferencias significativas ($p>0.10$). Sin embargo, de acuerdo a la resistencia, se evidenció que el más resistente fue el tercio coronal (21.774 ± 4.634), seguido del tercio medio (21.572 ± 5.912) y finalmente, el tercio apical (25.792 ± 12.405).

TABLA 13. Resultados de las Pruebas estadísticas de All Bond 2 en los diferentes tercios dentarios

ANOVA 1-Vía		
valor de p	0,534	no significativo
Prueba de Barlett		
valor de p en Barlett		0,0274
Diferencias entre DE		significativa
Prueba de Kolmogorov y Smirnov		
	KS	p value
c All Bond 2	0,2888	$p>0.10$ ü
b All Bond 2	0,1421	$p>0.10$ ü
a All Bond 2	0,1971	$p>0.10$ ü
Resumen de la información: Resistencia de los diferentes tercios con All Bond 2		
Adhesivo	Media \pm DE (MPa)	
c All Bond 2	21.774 ± 4.634	
b All Bond 2	21.572 ± 5.912	
a All Bond 2	25.792 ± 12.405	

Donde: a es el tercio apical, b es el tercio medio y c es el tercio coronal

En cuanto a las tres regiones del tercio radicular, como se puede apreciar en la **Tabla 10**, se notó una diferencia significativa entre los adhesivos a nivel coronal ($p=0.01$) y apical ($p=0.05$); mientras a nivel medio no fueron significativas (0.09).

Como se aprecia en la **Tabla 14**, el ANOVA de 1-vía para el tercio coronal con los tres sistemas adhesivos demostró una diferencia significativa ($p=0.01$) y, al compararlos por medio de la Prueba de Tukey-Kramer, se encontró una diferencia muy significativa entre All Bond 3 y All Bond 2 ($p<0.01$). En un resumen del tercio coronal se vio que el de mayor resistencia fue All Bond 3 (29.519 ± 4.929), seguido de Single Bond (26.196 ± 4.152) y finalmente, All Bond 2 (21.774 ± 4.634)

TABLA 14. Resultados de las Pruebas estadísticas en el *Tercio Coronal* con los tres diferentes adhesivos

ANOVA 1-Vía		
valor de p	0,0102	significativo
Prueba de Barlett		
valor de p en Barlett		0,907
Diferencias entre DE		No significativa
Prueba de Kolmogorov y Smirnov		
	KS	P value
c All Bond 3	0,1878	p>0.10 ü
c Single Bond	0,2153	p>0.10 ü
c All Bond 2	0,2888	p>0.10 ü
Prueba de Comparación de Tukey-Kramer		
Comparación de Adhesivos	q	P value
c All Bond 3 vs c Single Bond	2,051	Ns p>0.05
c All Bond 3 vs c All Bond 2	4,781	** p<0.01
c Single Bond vs c All Bond 2	2,73	Ns p>0.05
Resumen de la información: Resistencia de los tercios coronales		
Adhesivo	Media ± DE (MPa)	
c All Bond 3	29.519 ± 4.929	
c Single Bond	26.196 ± 4.152	
c All Bond 2	21.774 ± 4.634	

Donde *c* representa el tercio coronal, *ns* representa que no es estadísticamente significativo, *** representa ser significativo, **** ser muy significativo y ***** ser extremadamente significativo

En el análisis del tercio medio de todos los adhesivos (**Tabla 15**), se evidenció que mediante ANOVA de 1-vía el valor de p es de 0.0907; considerado poco significativo por ser mayor a 0.05. Esto fue ratificado con la prueba de Barlett ($p=0.8374$) y Kolmogorov y Smirnov ($p>0.10$). Por lo tanto, como se puede apreciar en la Tabla V, no se encontró una diferencia significativa entre los adhesivos al ser utilizados en el tercio medio. Sin embargo, según las medidas de resistencia del tercio medio, se encontró que el de mayor resistencia fue Single Bond (27.586 ± 4.797), seguido de All Bond 3 (25.338 ± 4.922) y finalmente, All Bond 2 (21.572 ± 5.912).

TABLA 15. Resultados de las Pruebas estadísticas en el *Tercio Medio* con los tres diferentes adhesivos

ANOVA 1-Vía		
valor de p	0,0907	no significativa
Prueba de Barlett		
valor de p en Barlett	0,8374	
Diferencias entre DE	no significativa	
Prueba de Kolmogorov y Smirnov		
	KS	p value
b All Bond 3	0,2223	p>0.10 ü
b Single Bond	0,1548	p>0.10 ü
b All Bond 2	0,1421	p>0.10 ü
Resumen de la información: Resistencia de los tercios medios		
Adhesivo	Media ± DE (MPa)	
b All Bond 3	25.338 ± 4.922	
b Single Bond	27.586 ± 4.797	
b All Bond 2	21.572 ± 5.912	

Donde b representa el tercio medio

TABLA 16. Resultados de las Pruebas estadísticas en el *Tercio Apical* con los tres diferentes adhesivos

ANOVA 1-Vía		
valor de p	0,0567	no muy significativo
Prueba de Barlett		
valor de p en Barlett	0,2916	
Diferencias entre DE	no significativa	
Prueba de Kolmogorov y Smirnov		
	KS	p value
a All Bond 3	0,1716	p>0.10 ü
a Single Bond	0,2699	p>0.10 ü
a All Bond 2	0,1971	p>0.10 ü
Resumen de la información: Resistencia de los tercios apicales		
Adhesivo	Media ± DE (MPa)	
a All Bond 3	18.436 ± 8.524	
a Single Bond	13.632 ± 6.799	
a All Bond 2	25.792 ± 12.405	

Donde a representa el tercio apical

Como se puede apreciar en la **Tabla 16**, el ANOVA de 1-vía para el tercio apical con los tres sistemas adhesivos, demostró que no eran muy significativas ($p=0.05$). Esto se ratificó con la prueba de Barlett ($p=0.2916$) y Kolmogorov y Smirnov ($p>0.10$). Por lo tanto, no se encontró una diferencia significativa entre los adhesivos al ser utilizados en el tercio apical. Sin embargo, los promedios de resistencia se aprecian en la **Tabla 9**, donde numéricamente sí se evidenció diferencias en la resistencia de los tercios apicales; donde el de mayor resistencia fue All Bond 2 (25.792 ± 12.405), seguido de All Bond 3 (18.436 ± 8.524) y finalmente, Single Bond (13.632 ± 6.799).

Como se aprecia en el **Gráfico 34** y tomando en cuenta todos los resultados estadísticos de este estudio, se apreció que en el tercio coronal donde casi todos los sistemas adhesivos presentaron mayor resistencia; All Bond 3 tuvo diferencias muy significativas ($p < 0.01$) al compararlo con All Bond 2. Mientras que, en este estudio, no se obtuvieron diferencias significativas entre los otros adhesivos. Por lo tanto, a nivel general All Bond 3 es el adhesivo de mayor resistencia al ser el único significativamente diferente.

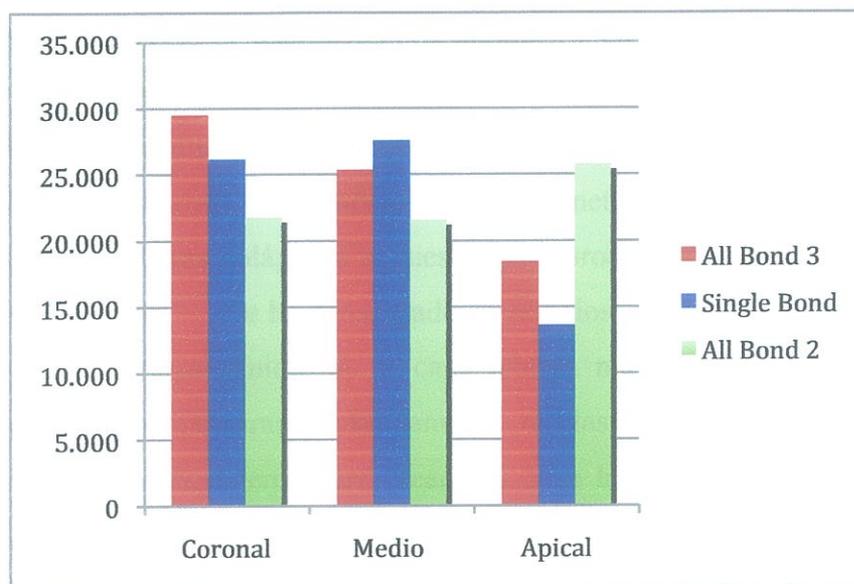


Gráfico 34. Resultados estadísticos de éste estudio
Por: Paulina Luzuriaga Jácome

7. DISCUSIÓN

El grabado ácido con acondicionamiento total tiene una aceptación general para remover o alterar el barrillo dentinario y así obtener una buena adhesión entre la dentina desmineralizada y el sistema adhesivo a utilizar¹². Cuando se aplica ácido fosfórico a la superficie dentinaria para remover el barrillo dentinario, se la desmineraliza y expone las fibras colágenas⁴⁷.

Se cree que la profundidad de penetración de los monómeros es dependiente de las características de las fibras colágenas desmineralizadas, antes de que se aplique los sistemas adhesivos⁴⁷. Por ello en dentina normal 15 segundos de acondicionamiento ácido son suficientes para acondicionar pero no erosionar la dentina y fibras colágenas⁴⁷.

Para inducir una buena adhesión dentina-resina⁴⁷ y crear retención micromecánica a la estructura dentinaria¹², los monómeros deben penetrar toda la dentina desmineralizada e infiltrarse en las fibras colágenas expuestas para producir una capa híbrida junto con los adhesivos y resinas^{12,47}. Se ha demostrado en estudios¹² que la fuerza de adhesión depende de las propiedades mecánicas de la capa híbrida más que de su grosor. Por ello, los monómeros deben penetrar profundamente en las fibras colágenas expuestas y ser polimerizadas completamente para crear una capa híbrida efectiva junto con la dentina desmineralizada¹².

El éxito clínico de los sistemas adhesivos de cuarta generación se ha atribuido a la habilidad del primer para difundirse en la dentina desmineralizada (las fibras colágenas expuestas) y que con su polimerización se produzca una capa híbrida³³. Ya que el grosor de la película del sistema adhesivo puede interferir con el asentamiento total del poste, así como en restauraciones indirectas³³. Con los sistemas de cuarta generación en los cuales dos primers deben mezclarse; un curado dual o autocurado es posible y, el grosor de la película al ser polimerizados usualmente es menor a 10µm³³. Ésta delgada película permite que estos sistemas adhesivos de cuarta generación sean utilizados para restauraciones directas e indirectas^{33,48,49}. Sin embargo, se requiere dispensar y mezclar los primers y esto puede ser considerado un inconveniente para su uso^{33,48,49}.

Para simplificar los procedimientos, se pueden utilizar los sistemas adhesivos de una botella o quinta generación. Éstos tienen incorporados el primer y adhesivo. Pero, según algunos investigadores los procedimientos también pueden ser demandantes³³. A esto se incluye el hecho que, la aplicación de los procedimientos según lo dicen los

fabricantes, también es un proceso multipasos³³. Además, éste sistema adhesivo es sensible a la técnica con respecto a la humedad y manipulación^{33,49}.

Los sistemas adhesivos elegidos para éste estudio fueron de dos categorías y diferentes solventes. Single Bond 2 (3M), un sistema adhesivo fotopolimerizable de dos etapas, con acondicionamiento ácido que presenta primer y adhesivo en una sola botella a base de agua y etanol. All Bond 2 y All Bond 3 (Bisco), adhesivos de polimerización dual de tres etapas, con acondicionamiento ácido, donde el primer y adhesivo vienen por separado. All Bond 2 a base de acetona y All Bond 3 a base de etanol.

Según los resultados estadísticos elaborados en éste estudio, All Bond 3 es el sistema adhesivo de mayor resistencia al empuje en comparación con Single Bond 2 y All Bond 2, ya que además de presentar diferencias significativas ($p < 0.05$) en las tres regiones dentinarias, obtuvo los valores más altos en MPa, comprobando la primera hipótesis de este estudio.

All Bond 3 al ser un adhesivo de cuarta generación, con composición libre de HEMA, por lo que es un adhesivo más hidrofóbico y resistente que All Bond 2 y Single Bond 2. La ausencia de HEMA en la capa de resina es una propiedad deseable; esto hace que la capa de adhesivo sea menos propensa a absorber agua evitando su degradación así como filtraciones, sugiriendo una estabilidad a largo plazo⁴⁹.

La remoción de barrillo dentinario y smear plugs con acondicionamiento ácido total, resulta en un movimiento del fluido dentinario desde los túbulos hacia la superficie dentinaria³⁵. Éste movimiento puede interferir con el proceso de adhesión cuando los sistemas adhesivos son hidrofóbicos³⁵, como es el caso de All Bond 3 que no posee HEMA. Por otro lado, los sistemas adhesivos que poseen HEMA (Single Bond 2 y All Bond 2) son compatibles con la humedad intrínseca de la dentina vital³⁵. Byoung cita que Yiu et al. en el 2004⁴⁸, observaron la degradación de resinas comprobando que Bis-GMA-E+TEGMA (componentes de All Bond 3) obtuvieron los más altos valores de resistencia al cabo de un año de 95%, mientras que Bis-GMA+TEGMA (componentes de All Bond 2) tuvieron 80% y Bis-GMA y HEMA (componentes de Single Bond 2) 65%. Encontrándose similares fallos al cabo de un mes. También concluyeron que HEMA es más hidrofílica que TEGMA, y Bis-GMA es menos hidrofóbica que Bis-GMA-E.

Ya que en éste estudio luego de la cementación de postes, los especímenes se mantuvieron en frascos con agua destilada durante 5 días antes de someterlos a resistencia al empuje; puede ser que la afinidad por el agua de Single Bond 2 y All Bond 2 hicieron

que éstos obtuvieran valores de resistencia más bajos lo que permitió un grado de degradación. Por otro lado, se comprobó la propiedad hidrofóbica de All Bond 3.

Así mismo, se debe recordar el hecho de que All Bond 3 tiene como solvente únicamente etanol. Cavalho cita a Reis et al. en el 2003⁴⁹, quienes investigaron diferentes sistemas adhesivos a base de diferentes solventes para encontrar cuanta humedad se necesitaba en la superficie dentaria para obtener valores altos de resistencia. Sus resultados indicaron que aunque el nivel de humedad varía según el sistema adhesivo utilizado; en general, adhesivos a base de agua requieren la mitad de cantidad de agua que los a base de acetona. Adicionalmente, sugirieron que los sistemas adhesivos a base de agua y etanol son menos sensitivos a las variaciones de humedad que los a base de acetona⁴⁹. Entonces se sugiere que el etanol es superior a la acetona porque mantiene a las fibras colágenas expandidas, reduce la sensibilidad a la técnica y permite la aplicación de dos capas, así como reduce el tiempo de aplicación⁴⁹. Basados en el estudio de Reis et al., es muy probable que éste sea otro factor por el cual All Bond 3 a base de etanol y Single Bond 2 a base de agua y etanol, presentaron en el tercio coronal y medio valores más altos de resistencia al empuje que All Bond 2.

En un estudio similar al realizado, elaborado por Pest et al.¹⁴ en el 2001, observaron que la afinidad química entre diferentes componentes (cementos resinosos y postes de fibra) es extremadamente importante para obtener altos valores de resistencia al empuje¹⁴. Con el uso de sistemas adhesivos de cuarta generación, estudios de SEM (Microscopio Electrónico de Barrido) demostraron la presencia de numerosos y largos tags de resina por toda la superficie previamente grabada con ácido fosfórico al 37%. Sin embargo, los resultados mostraron superioridad en las fuerzas de adhesión cuando hubo afinidad química entre el cemento resinoso y el poste de fibra¹⁴. Esto sugiere que el manejo clínico es un factor relevante, pero la afinidad química entre el poste y el cemento juega un rol muy importante en el momento de comprobar la resistencia al empuje de sistemas adhesivos. Asimismo, Byoung en el 2007⁴⁸ evaluó la compatibilidad de cementos de curado dual con cinco adhesivos (One Step, Prime N Bond, Optibond Solo, All Bond 2 y All Bond 3) encontrando que en general todos los adhesivos eran compatibles con cemento Duo-Link (Bisco) ya que se obtuvieron los valores más altos en conjunto con todos los sistemas adhesivos⁴⁸. Por ésta razón, para verificar la resistencia de únicamente los sistemas adhesivos; en éste estudio se utilizó postes DT Light Post y cemento de resina dual Duo Link, pertenecientes a la misma casa comercial Bisco y por tanto, con una

afinidad química según lo indican los estudios y sus fabricantes^{36,48}. Podría también pensarse que por la misma razón All Bond 3 de la misma casa fue el adhesivo de elección. Sin embargo, de ser así All Bond 2 también tendría que haber obtenido valores muy cercanos a All Bond 3, lo cual no se dio porque hubo diferencias significativas entre los dos sistemas adhesivos e incluso All Bond 2 presentó los valores más bajos en el tercio medio y coronal.

La única manera para sustentar los resultados de diferencias significativas entre All Bond 3 y All Bond 2 a ciencia cierta, es el hecho de sus variaciones en cuanto a composición. All Bond 2 posee primers y adhesivo más hidrofóbicos que All Bond 2. También All Bond 3 contiene Mg-NTGGMA en etanol que es un activador y cross-linker más efectivo que el Na-NTGGMA en acetona de All Bond 2. A más de, All Bond 3 contiene BPDM y Bis-GMA en etanol que hace a la mezcla más hidrofóbica, mientras All Bond 2 posee sólo BPDM en acetona. No se debe olvidar que All Bond 2 posee Bis-GMA, TEGMA y HEMA, en tanto que All Bond 3 posee las mismas resinas pero es libre de HEMA que es por naturaleza hidrofílica⁴⁸.

Por otro lado, aunque en este estudio el sistema All Bond 2 no fue el que emitió valores de mayor resistencia, sí demostró valores constantes en todos los tercios, aunque en apical presento alta desviación estándar. Esto probablemente se produjo porque All Bond 2 es un adhesivo que contiene monómeros hidrofílicos en un solvente de acetona. La acetona busca y desplaza el agua de los canales del tejido y microporos, en los cuales el adhesivo penetra profundamente por toda la superficie dentinaria y forma una relación físicamente estrecha con los tejidos^{33,49}. Ya que productos que utilizan acetona como solvente requieren de una dentina húmeda para producir una adhesión adecuada^{33,49}, el conducto radicular es un ambiente propicio para la adhesión a través de toda la superficie. Entonces All Bond 2 es el único sistema adhesivo de este estudio que posee acetona como solvente y por eso se explica el que haya obtenido valores similares en los tres tercios dentinarios y obtenido el valor más alto de resistencia en la región apical, a pesar de su alta desviación estándar.

Sin embargo, All Bond 2 es extremadamente sensible a la cantidad de agua presente en la superficie dentinaria e incluso una pequeña desecación puede significar una reducción de los valores de resistencia³³. A lo anteriormente señalado, se le añade el hecho de que el uso de acondicionamiento total disuelve la hidroxiapatita y expone a las fibras colágenas así como abre los túbulos dentinarios³⁵; *in vitro*, las fibras pueden ser fácilmente

colapsadas por el secado con aire y consecuentemente causar el cierre de los microporos en la dentina intertubular³⁵. En adhesivos a base de acetona la dentina debe ser remojada antes de aplicar el adhesivo para restaurar los valores de adhesión ya que se re-expanden las fibras colágenas y permiten la infiltración de monómeros en la dentina intertubular y toda la superficie dentinaria³⁵. Claramente en el estudio la desecación no ocurrió, ya que All Bond 2 fue utilizado según especificaciones del fabricante y la dentina fue secada con conos de papel.

En un estudio similar de Boschian et al.¹⁴ en el 2002, por medio de SEM y pruebas de empuje, se observó la resistencia de varios postes, adhesivos y cementos; utilizando como sistemas adhesivos All Bond 2 y Clearfill Liner B 2V de quinta generación, luego de un acondicionamiento de ácido fosfórico al 37%. En las pruebas de resistencia al empuje, los grupos de Clearfill Liner B 2V tuvieron valores entre 29.86-30.61MPa; mientras que, los grupos de All Bond 2 tuvieron una resistencia entre 26.18-27.24MPa, sugiriendo una mínima diferencia entre los dos productos. Pero en la observación SEM, el uso de Clearfill Liner B 2V mostró una capa irregular de tags de resina, ya que en algunos lugares no estaban presentes y en otros, habían en gran cantidad. Por otro lado, con All Bond 2 se observaron numerosos y largos tags de resina que estuvieron presentes a lo largo de todo el espacio intraconducto desde coronal hacia apical. Esto se produce ya que el grosor del sistema adhesivo Clearfill Liner B 2V es mayor; sin embargo, éste no sirve para restauraciones indirectas. No obstante, el estudio mencionado anteriormente, comprueba que All Bond 2 es un sistema adhesivo con valores de resistencia parecidos a los obtenidos en este estudio.

Por otro lado, los valores de Single Bond 2 fueron similares a los de All Bond 2 y All Bond 3, siendo el mejor en el tercio medio. Single Bond 2 es un adhesivo de quinta generación que requiere de un acondicionamiento ácido previo a su aplicación¹². Como se mencionó anteriormente, es un adhesivo a base de agua y etanol que en su composición tiene HEMA y Bis-GMA. A parte de estas resinas, Single Bond 2 contiene ácidos débiles que le dan a su primer un pH de 4.0⁴⁴ que es capaz de remover el barrillo dentinario y exponer los túbulos dentinarios, fibras colágenas y dentina intertubular¹². Su naturaleza ácida es la razón por la cual se espera que Single Bond 2 obtenga una resistencia al empuje similar a los sistemas adhesivos de cuarta generación All Bond 2 y All Bond 3. De hecho All Bond 3 posee un pH menor a 4⁴³.

Igualmente, aunque Single Bond 2 posea HEMA que es muy hidrofílico, también

tiene un copolímero funcional de metacrilato de ácido poliacrílico y ácido politacónico que se encuentra en Vitrebond, RelyX y Vitremer⁴⁴. Incluso se ha demostrado que la incorporación de ácido polialkenónico en el primer (acondicionador) ayuda a la resistencia contra el efecto deteriorante de la humedad en un ambiente con una elevada humedad relativa⁴⁴. A todas estas buenas propiedades se le añade el hecho de que posee un sistema fotoiniciador patentado que permite una fotopolimerización rápida de 10 segundos⁴⁴.

Perdigao et al.³⁵ evaluaron *in vivo* las fuerzas de microtracción de tres sistemas adhesivos de una botella, aplicados a dentina húmeda versus dentina sometida a 5 segundos de aire³⁵. Single Bond 2, sistema adhesivo a base de agua y etanol, fue el mejor y no obtuvo diferencias significativas entre su adhesión en dentina húmeda y seca³⁵. Se concluyó que los residuos de niveles de humedad no influenciaron en los valores de resistencia³⁵. Por tanto, clínicamente el grado de humedad dejada en la superficie dentinaria luego de lavar el ácido acondicionador en gel, no es tan relevante como se reportaba en estudios de laboratorio elaborados en el pasado³⁵.

Todos estos factores permiten que el sistema adhesivo Single Bond 2 presente una buena resistencia a los cinco días en contacto con agua destilada. Ésta sería la razón por la que según los resultados de este estudio, Single Bond 2 es el segundo mejor sistema adhesivo porque no se deterioró excesivamente, como si lo hizo All Bond 2.

Conjuntamente, tanto Single Bond 2 como All Bond 3 poseen relleno, a diferencia de All Bond 2^{43,44,45}. Single Bond 2 posee nanopartículas de Sílice⁴⁴ mientras All Bond 3 posee nanopartículas de fluoruro de iterbio (ytterbium fluoride) con relleno de estroncio y vidrio de bario⁴⁵. Un incremento de relleno en cantidades necesarias no aumenta la viscosidad ni disminuye su escurrimiento¹¹. Single Bond 2 posee baja viscosidad⁴⁴, ya que el relleno se encuentra en cantidades que no afectan su escurrimiento; por tanto, la adhesión mejora ya que se reduce la contracción de polimerización y se refuerza la capa híbrida porque aumenta el espesor de película aliviando las tensiones, por lo que se mejora las propiedades mecánicas¹¹. El hecho de que Single Bond 2 tenga relleno le permite competir con All Bond 3 y sus propiedades sean mejores que All Bond 2.

Al-Ehaideb y Mohammed⁴³ en el 2000, realizaron un estudio sin postes para comparar la fuerza de adhesión de seis adhesivos de quinta generación y compararlos con uno de cuarta generación. Así observaron que todos los adhesivos de quinta generación tuvieron resultados de resistencia adhesiva ligeramente menores al de cuarta generación⁴³. Por el contrario, en éste estudio con postes se vio que la generación del adhesivo no

prevaleció sino su composición ya que Single Bond 2 fue el segundo mejor adhesivo y buen rival de All Bond 3.

En cuanto a la segunda hipótesis, podemos mencionar que también fue cumplida ya que sí existe diferencia en la resistencia a la adhesión dependiendo del tercio radicular en el que se aplique la fuerza. Así, el tercio coronal fue el que obtuvo la mayor resistencia. El tercio apical por otro lado, fue el que obtuvo los peores valores, sobre todo por las desviaciones estándar que presentaron los resultados; lo cual ratifica que la adhesión en esta zona no puede ser constante.

Akgungor et al.¹² en el 2006, evaluaron la resistencia al empuje de diferentes agentes adhesivos de una botella con DT Light Post en las tres regiones intraconducto y observaron que el tercio apical obtuvo valores significativamente más reducidos a los otros tercios medio y coronal¹². Ésta situación confirma los resultados de éste estudio donde el tercio apical fue el que obtuvo los valores más bajos de resistencia al empuje.

Aparentemente ésta disminución de resistencia en el tercio apical se debe a la dificultad del difícil manejo de los sistemas adhesivos en esta zona. Sin embargo, la mejor explicación para éste suceso es la disminución de densidad tubular en la región apical ya que, al haber túbulos dentinarios más grandes y en mayor cantidad, existe mayor humedad y menor cantidad de dentina intertubular como superficie adhesiva.

En algunos estudios^{17,35,47} se utilizan fuerzas de tracción para determinar los valores requeridos para remover los postes del conducto radicular³⁸. En éste estudio la presión se aplicó en la parte apical del espécimen por medio de resistencia al empuje, porque el objetivo, al igual que en otros estudios^{2,5,12,33}, era minimizar fuerzas laterales que son indeseables para estudios experimentales de los materiales³⁸. Esto fue un aspecto positivo para poder determinar con menos errores cual de los sistemas fue el mejor y en que región del conducto radicular. Las pruebas de resistencia al empuje minimizan la deformación del poste obteniendo menos errores (desviación estándar) en los resultados.

8. CONCLUSIONES

Por los resultados de este estudio:

- All Bond 3 (Bisco) es el mejor adhesivo a utilizar en combinación con un poste de fibra de cuarzo (DT-Light Post-Bisco) y agente cementante dual (Duolink-Bisco), ya que expuso diferencias significativas con respecto a los otros sistemas adhesivos utilizados en este estudio y además presentó los valores más altos de resistencia al empuje.
- Sí se observó diferencias significativas entre las resistencias de adhesión de las regiones apical, media y coronal.
- El tercio coronal fue el más resistente para All Bond 3. El tercio medio fue el más resistente para Single Bond. Con All Bond 2 no existió diferencias significativas entre los tercios, sin embargo el tercio coronal fue el de mayor resistencia al empuje de las tres regiones radiculares observadas.

9. RECOMENDACIONES

Clínicamente para la elección de un sistema adhesivo se debe conocer su composición, las ventajas y desventajas de los mismos, así como su compatibilidad con otros materiales y seguir las indicaciones del fabricante. Además se debe leer continuamente los estudios realizados ya que la tecnología avanza día a día a pasos agigantados y siempre habrá un mejor sistema para su empleo en cada tejido dentario tanto en restauraciones directas como indirectas.

La elección de un sistema adhesivo debe ser previo conocimiento de las limitantes existentes y no ahorrar tiempo por utilizar un sistema adhesivo de menos etapas. El más apto será aquel que garantice el trabajo en cuanto a durabilidad a largo plazo.

Para la realización de este estudio se requiere de maquinaria específica y especializada que, para odontología, no existe en el Ecuador. Por lo que se requiere del apoyo de conocimientos de Ingenieros Mecánicos y de Precisión para lograr la invención de mecanismos y maquinaria, para adaptarlos a la disponibilidad en nuestro país.

Por tanto, se recomienda que para posteriores estudios similares, se realicen al menos tres pruebas iniciales para probar los diferentes elementos que componen el sistema adaptado; ya que, una pequeña falla en las dimensiones del mismo puede variar los resultados obtenidos por el deformímetro y descalibrarlo.

10. BIBLIOGRAFÍA

1. Kalkan M, Usumez A, Ozturk N, Belli S, Eskitascioglu G. Bond strength between root dentin and three glass-fiber post systems. *J Prosthet Dent* 2006;96:41-46.
2. Pest B, Guidotti S, Pietrabissa R, Gabliani M. Stress distribution in a post-restored tooth using the three dimensional finite element method. *J Oral Rehabil* 2006;33:690-697.
3. Fernandes A, Shetty S, Coutinho I. Factors determining post selection: A literature review. *J Prosthet Dent* 2003;90:556-562.
4. Sorensen JA, Martinoff JT. Clinically significant factors in dowel design. *J Prosthet Dent* 1984;52:28-35.
5. Akkayan B, Gülmez T. Resistance to fracture of endodontically treated teeth restored with different post systems. *J Prosthet Dent* 2002;87:431-437.
6. Dilmerer F, Sipahi C, Dalkiz M. Resistance of three new esthetic post-and-core systems to compressive loading. *J Prosthet Dent* 2006;95:130-136.
7. Asmussen E, Peutzfeldt A, Heitmann T. Stiffness, elastic limit and strength of newer types of endodontic posts. *J Dent* 1999; 27: 275-278.
8. Vano M, Goracci C, Monticelli F, Tognini F, Gabriele M, Tay FR, Ferrari M. The adhesion between fibre posts and composite resin cores: the evaluation of microtensile bond strength following various surface chemical treatments to posts. *Int End J* 2006;39:31-39.
9. Garoushi S, Lassila L, Vallittu P. Short fiber reinforced composite: the effect of fiber length and volume fraction. *J Contemporary Dent Pract* 2006;7:1-9.
10. Farah J, Powers J. Non-metal Posts The Dental Advisor: June 2003. Vol 20.No.5, pg:523-525.
11. Henostroza. Gilberto, Adhesión en Odontología Restauradora. Editora MAIO, 20^{va} Edición: Curitiba, 2003. Pg: 267-268, 280-283, 315, 367-370, 71, 80-108, 113-116, 119-137, 166-176, 53.
12. Akgungor G, Akkayan B. Influence of dentin bonding agents and polymerization modes on the bond strength between translucent fiber posts and three dentin regions within a post space. *J Prosthet Dent* 2006;95:368-378.
13. Lanza A, Aversa R, Rengo S, Apicella D, Apicella A. 3D FEA of cemented steel, glass and carbon posts in a maxillary incisor. *Dental Materials* 2005;21:709-715.

14. Boschian P, Cavalli G, Bertani P, Gagliani M. Adhesive post-endodontic restorations with fiber posts: push-out tests and SEM observations. *Dent Mater* 2002;18:596-602.
15. Mannocci F, Ferrari M, Watson TF. Intermittent loading of teeth restored using quartz fiber, carbon quartz fiber, and zirconium dioxide root canal posts. *J Adhes Dent* 1999;1:153-158.
16. Bitter K, Priehn K, Martus P, Kielbassa A. In vitro evaluation of push-out bond strengths of various luting agents to tooth-colored posts. *J Prosthet Dent* 2006;95:302-310.
17. Balbosh A, Kern M. Effect of surface treatment on retention of glass-fiber endodontic posts. *J Prosthet Dent* 2006;95:218-223.
18. Ferrari M, Mannocci F, Vichi A, Cagidiaco MC, Mjor IA. Bonding to root canal: structural characteristics of the substrate. *Am J Dent* 2000;13:255-260.
19. Yoshiyama M, Matsuo T, Ebisu S, Pashley D. Regional bond strengths of self-etching/self-priming adhesive systems. *J Dent* 1998;26:609-616.
20. Hayashi M, Takahashi Y, Hirai M, Iwami Y, Imazato S, Ebisu S. Effect of endodontic irrigation on bonding of resin cement to radicular dentón. *Eur J Oral Sci* 2005;113:70-76.
21. Goracci C, Tavares AU, Fabianelli A, Monticelli F, Raffaelli O, Cardoso PC. The adhesion between fiber posts and root canal walls: comparison between microtensile and push-out bond strength measurements. *Eur J Oral Sci* 2004;112:353-361.
22. Weine. Franklin S., Tratamiento Endodónico. Harcourt Brace de España S.A., 5^{ta} Edición: Madrid, 1997. Pg: 310-313, 331, 368-376, 394.
23. Cohen. Stephen y Kenneth M. Hargreaves. Vías de la pulpa, Elsevier Mosby: Novena Edición. pg.: 261-262, 272-277, 295, 389.
24. Goerig A, Michelich R, Schultz H. Instrumentation of root canals in molar using the step-down technique. *J Endod* 1999;8:550-554.
25. Torabinejad M. Passive step-back technique: a sequential use of ultrasonic and hand instruments. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol* 1994;77:402-405.
26. Texeira FB, Texeira EC, Thompson J, Leinfelder KF, Trope M. Dentinal Bonding Reaches the Root System. *J Esthetic and Restorative Dent* 2004;16:348-360.

27. Roane J, Sabala C, Duncanson M. The Balanced Force concept for instrumentation of curved canals. *J Endod* 1985;11:203-211.
28. Morgan L, Montgomery S. An evaluation of the Crown-Down Pressureless technique. *J Endod* 1984;10:491-498.
29. Torabinejad M. Passive step-back technique. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol* 1994;77:398-401.
30. Roane J, Sabala C. Clockwise or Counterclockwise. *J Endod* 1984;10:349-353.
31. Valls P., Lozano A., Técnica de Shilder: Condensación Vertical. *Revista Oris*. 2005: 1-8.
32. Stricker E, Göhring T. Influence of different posts and cores on marginal adaptation, fracture resistance, and fracture mode of composite resin crowns on human mandibular premolars: An in vitro study. *J Dent* 2006;34:326-335.
33. Al-Ehaideb A, Mohammed H. Shear bond strength of one bottle dentin adhesives. *J Prosthet Dent* 2000;84:408-412.
34. Gómez & Campos. *Histología y embriología bucodental*, 2002. PG. 89,242
35. Perdigo J, Geraldini S, Carmo A, Dutra H. In vivo influence of residual moisture on microtensile bond strength of one bottle adhesives. *J Esthet Restor Dent* 2002;14:31-38.
36. Bisco. Manual Instructivo para el uso de DT Light Post: Double Taper. Disponible en: www.bisco.com bajo Instrucciones.
37. Heydecke G, Peters M. The restoration of endodontically treated, singled-rooted teeth with cast or direct posts and cores: A systematic review. *J Prosthet Dent* 2002;87:380-386.
38. Hedlund S, Johansson NG, Sjögren G. Retention of prefabricated and individually cast root canal posts in vitro. *British Dental J* 2003;195:155-158.
39. Stockton Lawrence W. Factors affecting retention of post systems: A literature review. *J Prosthet Dent* 1999;81:380-385.
40. Kogan E, Zyman G. Estudio comparativo de la adaptación de 3 sistemas prefabricados de postes endodónticos a la preparación del conducto. *Revista ADM* 2004. 61 (3):102-108.
41. Freedman GA. Esthetic post-and-core treatment. *Dent Clin North Am* 2001;45:103-116.

42. Ferrari M, Vichi A, Grandini S, Goracci C. Efficacy of a self-curing adhesive-resin cement system on luting glass-fiber posts into root canals: an SEM investigation. *Int J Prosthodont* 2001;14:543-549.
43. Bisco. Manual Instructivo para el uso de All Bond 2, Composición y Estudios y Publicaciones. Disponible en: www.bisco.com bajo Instructions y/o Research&Publication, All Bond 2.
44. Manual Instructivo para el uso de Single Bond 2 y Estudios&Publicaciones. Disponible en: www.google.com bajo "3M ESPE Chile: Adper Single Bond 2"
45. Bisco. Manual Instructivo para el uso de All Bond 3, Composición y Estudios y Publicaciones. Disponible en: www.bisco.com bajo Instructions y/o Research&Publication, All Bond 3.
46. Texeira E, Texeira FB, Piasick JR, Thompson JY. An in Vitro assessment of prefabricated fiber post systems. *J Am Dent Assoc* 2006;137:1006-1012.
47. Lopes GC, Vieira LCC, Monteiro S, Caldeira, Baratieri CM. Dentin bonding: effect of degree of mineralization and acid etching time. *Oper Dent* 2003;28:429-439.
48. Byoung Suh. New Strategies in Adhesive Dentistry: All Bond 3 and All Bond SE. *Journal of Dental Research&Applications:Vol.1, Num.1, Issue 1. Pg:2-6.*
49. Carvalho Ricardo. Advantages of a New Total-Etch Adhesive. *Journal of Dental Research&Applications:Vol.1, Num.1, Issue 2. Pg:7-11.*
50. Leonardo. Mario, Endodoncia: Tratamiento de conductos radiculares. Editorial Latinoamericana, 2005.

11. ANEXOS

ANEXO 1. Conversión lectura dial a Fuerza de desalojo en KN y luego en N

CONVERSIÓN LEC DIAL A FUERZA DESALOJO EN KN Y LUEGO A N

Cada deformación equivale a un valor de carga en KN. Se aplica la formula $y=0.0009x-0.0001$ según lo indica el catálogo de Lectura dial carga (de la máquina de Triaxial) y obtengo la F. de desalojo en KN. Luego se multiplica por 1000 para pasar la medida de fuerza a N.

	Lectura Deformímetro	F. desalojo (KN)	F. desalojo (N)	
1	c	275	0,2474	247,4
	b	161	0,1448	144,8
	a	69	0,062	62
2	c	274	0,2465	246,5
	b	168	0,1511	151,1
	a	42	0,0377	37,7
3	c	260	0,2339	233,9
	b	167	0,1502	150,2
	a	74	0,0665	66,5
4	c	258	0,2321	232,1
	b	170	0,1529	152,9
	a	112	0,1007	100,7
5	c	218	0,1961	196,1
	b	184	0,1655	165,5
	a	130	0,1169	116,9
6	c	173	0,1556	155,6
	b	131	0,1178	117,8
	a	45	0,0404	40,4
7	c	129	0,116	116
	b	110	0,0989	98,9
	a	59	0,053	53
8	c	240	0,2159	215,9
	b	150	0,1349	134,9
	a	35	0,0314	31,4
9	c	203	0,1826	182,6
	b	140	0,1259	125,9
	a	30	0,0269	26,9
10	c	230	0,2069	206,9
	b	213	0,1916	191,6
	a	82	0,0737	73,7
11	c	260	0,2339	233,9
	b	209	0,188	188
	a	28	0,0251	25,1
12	c	209	0,188	188
	b	144	0,1295	129,5
	a	26	0,0233	23,3

13	C	230	0,2069	206,9
	B	213	0,1916	191,6
	A	82	0,0737	73,7
14	C	255	0,2294	229,4
	B	208	0,1871	187,1
	A	82	0,0737	73,7
15	C	222	0,1997	199,7
	B	182	0,1637	163,7
	A	65	0,0584	58,4
16	C	209	0,188	188
	B	149	0,134	134
	A	31	0,0278	27,8
17	C	205	0,1844	184,4
	B	162	0,1457	145,7
	A	142	0,1277	127,7
18	C	234	0,2105	210,5
	B	160	0,1439	143,9
	A	141	0,1268	126,8
19	C	159	0,143	143
	B	166	0,1493	149,3
	A	172	0,1547	154,7
20	C	268	0,2411	241,1
	B	138	0,1241	124,1
	A	78	0,0701	70,1
21	C	160	0,1439	143,9
	b	136	0,1223	122,3
	a	123	0,1106	110,6
22	c	225	0,2024	202,4
	b	96	0,0863	86,3
	a	45	0,0404	40,4
23	c	178	0,1601	160,1
	b	95	0,0854	85,4
	a	31	0,0278	27,8
24	c	159	0,143	143
	b	135	0,1214	121,4
	a	79	0,071	71

Serie		cervical (mm)			apical (mm)			Altura (mm)			n	Área	F. desalajo (N)	Resistencia F/A (MPa)					
		diámetro superior	Media	r 1	diámetro inferior	Media	r 2	h	Media	$\sqrt{(r_1 - r_2)^2} h^2$					$\pi * n [r_1 + r_2]$				
9	c	1,17	1,04	1,04	1,08333	0,54167	0,94	0,97	0,89	0,93333	0,46667	2,44	2,42	2,42333	2,424493647	7,680262485	182,6	23,77522908	
	b	0,81	0,95	0,87	0,87667	0,43833	0,57	0,41	0,51	0,49667	0,24833	2,68	2,77	2,68	2,71000	2,716652352	5,860449386	125,9	21,48299417
	a	0,47	0,53	0,46	0,48667	0,24333	0,28	0,25	0,37	0,30000	0,15000	2,54	2,56	2,48	2,52667	2,528389914	3,124321303	26,9	8,609869918
10	c	1,06	1,13	1,09	1,09333	0,54667	0,87	0,89	0,9	0,88667	0,44333	2,42	2,44	2,48	2,44667	2,448847802	7,616367251	206,9	27,16518166
	b	0,82	0,77	0,83	0,80667	0,40333	0,51	0,6	0,53	0,54667	0,27333	2,94	2,99	2,96	2,96333	2,966183481	6,305560303	191,6	30,3858802
	a	0,51	0,57	0,43	0,50333	0,25167	0,38	0,37	0,27	0,34000	0,17000	2,54	2,56	2,55	2,55000	2,551307399	3,379737322	73,7	21,80642842
11	c	1,03	1,02	1,02	1,02333	0,51167	0,85	0,93	0,88	0,88667	0,44333	2,87	2,98	2,98	2,94333	2,944126450	8,833050612	233,9	26,48009281
	b	0,76	0,8	0,81	0,79000	0,39500	0,53	0,53	0,57	0,54333	0,27167	2,48	2,46	2,44	2,46000	2,463089749	5,158695170	188	36,4433241
	a	0,46	0,5	0,43	0,46333	0,23167	0,27	0,29	0,3	0,28667	0,14333	2,89	2,84	2,87	2,86667	2,868027293	3,378822954	25,1	7,428622434
12	c	1,05	1,03	1,02	1,03333	0,51667	0,87	0,81	0,85	0,84333	0,42167	2,32	2,25	2,27	2,28000	2,281978308	6,726970832	188	27,94720011
	b	0,85	0,81	0,82	0,82667	0,41333	0,49	0,51	0,53	0,51000	0,25500	2,52	2,46	2,48	2,48667	2,491702341	5,231667936	129,5	24,75310008
	a	0,44	0,43	0,48	0,45000	0,22500	0,27	0,31	0,25	0,27667	0,13833	2,84	2,88	2,87	2,86333	2,864644636	3,269842890	23,3	7,125724624
13	c	1,07	1,12	1,09	1,09333	0,54667	0,86	0,97	0,83	0,88667	0,44333	2,22	2,3	2,1	2,20667	2,209084778	6,870660131	206,9	30,11355475
	b	0,82	0,77	0,83	0,80667	0,40333	0,51	0,6	0,53	0,54667	0,27333	2,94	2,99	2,96	2,96333	2,966183481	6,305560303	191,6	30,3858802
	a	0,51	0,57	0,43	0,50333	0,25167	0,38	0,37	0,27	0,34000	0,17000	2,54	2,56	2,55	2,55000	2,551307399	3,379737322	73,7	21,80642842
14	c	1,07	1,06	1,06	1,06333	0,53167	0,88	0,93	0,9	0,90333	0,45167	2,45	2,4	2,4	2,41667	2,417990442	7,469752793	229,4	30,710521
	b	0,82	0,81	0,83	0,82000	0,41000	0,59	0,52	0,6	0,57000	0,28500	3,19	3,21	3,18	3,19333	3,195778900	6,977702000	187,1	26,81398547
	a	0,55	0,56	0,5	0,53667	0,26833	0,29	0,37	0,32	0,32667	0,16333	2,8	2,83	2,81	2,81333	2,816292071	3,817885144	73,7	19,30388087
15	c	1,16	1,21	1,21	1,19333	0,59667	1,04	1,06	1,07	1,05667	0,52833	3,22	3,22	3,22	3,22000	3,220274987	#####	199,7	17,5436927
	b	0,76	0,88	0,82	0,82000	0,41000	0,54	0,56	0,41	0,50333	0,25167	2,87	2,88	2,85	2,86667	2,871035914	5,967999387	163,7	27,42962748
	a	0,52	0,58	0,53	0,54333	0,27167	0,3	0,31	0,24	0,28333	0,14167	2,72	2,81	2,84	2,79000	2,793027032	3,626823805	58,4	16,10224349
16	c	1,06	1,07	1,04	1,05667	0,52833	0,86	0,88	0,82	0,85333	0,42667	2,39	2,42	2,46	2,42333	2,425465018	7,276948061	188	25,83500644
	b	0,84	0,8	0,83	0,82333	0,41167	0,5	0,46	0,5	0,48667	0,24333	2,83	2,78	2,87	2,82667	2,831674514	5,826872569	134	22,99689901
	a	0,57	0,45	0,56	0,52667	0,26333	0,34	0,28	0,33	0,31667	0,15833	3,01	3,03	3,11	3,05000	3,051806842	4,042752938	27,8	6,876502331

ALL BOND 2

Serie	cervical (mm)						apical (mm)						Altura (mm)			Media	n	Área $\pi * n [r_1 + r_2]$	F. desalajo (N)	Resistencia F/A (MPa)
	diámetro superior		r 1		diámetro inferior		Media		r 2		h		Media	$\sqrt{(r_1 - r_2)^2 h^2}$						
	diámetro superior	Media	r 1	Media	diámetro inferior	Media	r 2	Media	h	h										
17	c	1,01	1,11	1,04	1,05333	0,52667	0,8	0,96	0,91	0,89000	0,44500	2,69	2,82	2,79	2,76667	2,767871726	8,449172015	184,4	21,82462372	
	b	0,7	0,87	0,96	0,84333	0,42167	0,49	0,49	0,44	0,47333	0,23667	2,75	2,23	2,41	2,46333	2,470270453	5,109062756	145,7	28,51795074	
	a	0,49	0,43	0,47	0,46333	0,23167	0,36	0,35	0,35	0,35333	0,17667	2,64	2,47	2,49	2,53333	2,533930302	3,250576471	127,7	39,28533943	
18	c	1,11	0,98	1,12	1,07000	0,53500	0,81	0,8	0,81	0,80667	0,40333	2,72	2,7	2,74	2,72000	2,723184920	8,027589685	210,5	26,22206768	
	b	0,73	0,74	0,72	0,73000	0,36500	0,4	0,38	0,42	0,40000	0,20000	2,71	2,73	2,69	2,71000	2,715018416	4,819168549	143,9	29,85992263	
	a	0,45	0,53	0,57	0,51667	0,25833	0,38	0,37	0,38	0,37667	0,18833	2,54	2,5	2,56	2,53333	2,534300254	3,556251763	126,8	35,65551835	
19	c	1,07	1,09	1,11	1,09000	0,54500	0,79	0,79	0,85	0,81000	0,40500	2,67	2,42	2,86	2,65000	2,653695536	7,920007402	143	18,06553868	
	b	0,86	0,84	0,81	0,83667	0,41833	0,6	0,59	0,54	0,57667	0,28833	2,82	2,85	2,9	2,85667	2,859623130	6,348546364	149,3	23,51719456	
	a	0,49	0,55	0,54	0,52667	0,26333	0,35	0,36	0,33	0,34667	0,17333	2,84	3,01	3,2	3,01667	3,018008909	4,140201198	154,7	37,36533385	
20	c	1,16	1,11	1,18	1,15000	0,57500	0,88	0,99	0,81	0,89333	0,44667	2,83	2,85	2,69	2,79000	2,792949954	8,964442092	241,1	26,89514836	
	b	0,97	0,81	0,85	0,87667	0,43833	0,6	0,57	0,55	0,57333	0,28667	2,82	2,79	2,84	2,81667	2,820747044	6,424702713	124,1	19,31606886	
	a	0,49	0,48	0,52	0,49667	0,24833	0,4	0,4	0,37	0,39000	0,19500	2,53	2,56	2,52	2,53667	2,537227271	3,533789249	70,1	19,83706301	
21	c	1,07	0,99	1,02	1,02667	0,51333	0,87	0,85	0,84	0,85333	0,42667	2,66	3	2,75	2,80333	2,804672688	8,282490135	143,9	17,37400198	
	b	0,79	0,83	0,8	0,80667	0,40333	0,59	0,57	0,5	0,56333	0,27667	2,69	3,14	2,7	2,84333	2,846153350	6,080203247	122,3	20,11445918	
	a	0,44	0,51	0,58	0,51000	0,25500	0,2	0,31	0,26	0,25667	0,12833	2,84	2,85	2,86	2,85000	2,852813426	3,435586153	110,6	32,19246879	
22	c	1,06	0,99	1,1	1,05000	0,52500	0,83	0,84	0,92	0,86333	0,43167	2,41	2,4	2,37	2,39333	2,395152512	7,198544649	202,4	28,11679442	
	b	0,92	0,88	0,84	0,88000	0,44000	0,55	0,55	0,51	0,53667	0,26833	2,78	2,83	2,81	2,80667	2,811911667	6,257347032	86,3	13,79178741	
	a	0,52	0,5	0,47	0,49667	0,24833	0,3	0,34	0,31	0,31667	0,15833	3,03	2,9	2,93	2,95333	2,954704347	3,774882998	40,4	10,70231846	
23	c	1,06	1,02	1,06	1,04667	0,52333	0,9	0,88	0,86	0,88000	0,44000	2,95	2,86	2,98	2,93000	2,931184819	8,870961186	160,1	18,0476497	
	b	0,88	0,81	0,88	0,85667	0,42833	0,47	0,45	0,54	0,48667	0,24333	2,87	2,8	2,83	2,83333	2,839366616	5,991370211	85,4	14,2538346	
	a	0,57	0,45	0,56	0,52667	0,26333	0,34	0,28	0,33	0,31667	0,15833	3,01	3,03	3,11	3,05000	3,051806842	4,042752938	27,8	6,876502331	
24	c	1,01	1,05	1,1	1,05333	0,52667	0,91	0,87	0,8	0,86000	0,43000	2,7	2,69	2,69	2,69333	2,695067511	8,099928382	143	17,65447708	
	b	0,85	0,82	0,78	0,81667	0,40833	0,48	0,42	0,42	0,44000	0,22000	2,63	2,67	2,63	2,64333	2,650034067	5,231093047	121,4	23,20739685	
	a	0,45	0,47	0,32	0,41333	0,20667	0,27	0,35	0,32	0,31333	0,15667	2,53	2,24	2,87	2,54667	2,547157457	2,907447785	71	24,42004302	

One-way Analysis of Variance (ANOVA)

The P value is 0.0076, considered very significant. Variation among column means is significantly greater than expected by chance.

Tukey-Kramer Multiple Comparisons Test

If the value of q is greater than 3.567 then the P value is less than 0.05.

Comparison	Mean Difference	q	P value
c rojo vs b rojo	4.182	1.861	ns P>0.05
c rojo vs a rojo	11.084	4.932	** P<0.01
b rojo vs a rojo	6.902	3.071	ns P>0.05

Difference	Mean Difference	95% Confidence Interval	
		From	To
c rojo - b rojo	4.182	-3.832	12.196
c rojo - a rojo	11.084	3.069	19.098
b rojo - a rojo	6.902	-1.112	14.916

Assumption test: Are the standard deviations of the groups equal?

ANOVA assumes that the data are sampled from populations with identical SDs. This assumption is tested using the method of Bartlett.

Bartlett statistic (corrected) = 2.848

The P value is 0.2407.

Bartlett's test suggests that the differences among the SDs is not significant.

Assumption test: Are the data sampled from Gaussian distributions?

ANOVA assumes that the data are sampled from populations that follow Gaussian distributions. This assumption is tested using the method Kolmogorov and Smirnov:

Group	KS	P Value	Passed normality test?
c rojo	0.1878	>0.10	Yes
b rojo	0.2223	>0.10	Yes
a rojo	0.1716	>0.10	Yes

Intermediate calculations. ANOVA table

Source of variation	Degrees of freedom	Sum of squares	Mean square
Treatments (between columns)	2	501.25	250.62
Residuals (within columns)	21	848.28	40.394

 Total 23 1349.5

F = 6.204 =(MStreatment/MSresidual)

Summary of Data

Group	Number of Points	Mean	Standard Deviation	Standard Error of Mean	Median
c rojo	8	29.519	4.929	1.743	30.342
b rojo	8	25.338	4.922	1.740	26.957
a rojo	8	18.436	8.524	3.014	16.865

Group	Minimum	Maximum	95% Confidence Interval	
			From	To
c rojo	22.634	37.055	25.398	33.641
b rojo	15.648	30.395	21.222	29.453
a rojo	10.139	35.311	11.308	25.564

* * *

 One-way Analysis of Variance (ANOVA)

The P value is < 0.0001 , considered extremely significant.
 Variation among column means is significantly greater than expected by chance.

Tukey-Kramer Multiple Comparisons Test

If the value of q is greater than 3.567 then the P value is less than 0.05.

Comparison	Mean Difference	q	P value
c azul vs b azul	-1.390	0.7323	ns P>0.05
c azul vs a azul	12.564	6.619	*** P<0.001
b azul vs a azul	13.954	7.351	*** P<0.001

Difference	Mean Difference	95% Confidence Interval From	To
c azul - b azul	-1.390	-8.160	5.380
c azul - a azul	12.564	5.794	19.334
b azul - a azul	13.954	7.184	20.724

Assumption test: Are the standard deviations of the groups equal?

ANOVA assumes that the data are sampled from populations with identical SDs. This assumption is tested using the method of Bartlett.

Bartlett statistic (corrected) = 1.758

The P value is 0.4152.

Bartlett's test suggests that the differences among the SDs is not significant.

Assumption test: Are the data sampled from Gaussian distributions?

ANOVA assumes that the data are sampled from populations that follow Gaussian distributions. This assumption is tested using the method Kolmogorov and Smirnov:

Group	KS	P Value	Passed normality test?
c azul	0.2153	>0.10	Yes
b azul	0.1548	>0.10	Yes
a azul	0.2699	>0.10	Yes

Intermediate calculations. ANOVA table

Source of variation	Degrees of freedom	Sum of squares	Mean square
Treatments (between columns)	2	945.32	472.66
Residuals (within columns)	21	605.34	28.826

 Total 23 1550.7

F = 16.397 =(MStreatment/MSresidual)

Summary of Data

Group	Number of Points	Mean	Standard Deviation	Standard Error of Mean	Median
c azul	8	26.196	4.152	1.468	26.823
b azul	8	27.586	4.797	1.696	27.122
a azul	8	13.632	6.799	2.404	12.356

Group	Minimum	Maximum	95% Confidence Interval	
			From	To
c azul	17.544	30.711	22.725	29.668
b azul	21.483	36.443	23.575	31.598
a azul	6.877	21.806	7.947	19.317

* * *

One-way Analysis of Variance (ANOVA)

The P value is 0.5340, considered not significant. Variation among column means is not significantly greater than expected by chance.

Post tests

Post tests were not calculated because the P value was greater than 0.05.

Assumption test: Are the standard deviations of the groups equal?

ANOVA assumes that the data are sampled from populations with identical SDs. This assumption is tested using the method of Bartlett.

Bartlett statistic (corrected) = 7.193

The P value is 0.0274.

Bartlett's test suggests that the differences among the SDs is significant.

Since ANOVA assumes populations with equal SDs, you should consider transforming your data (reciprocal or log) or selecting a nonparametric test.

Assumption test: Are the data sampled from Gaussian distributions?

ANOVA assumes that the data are sampled from populations that follow Gaussian distributions. This assumption is tested using the method Kolmogorov and Smirnov:

<u>Group</u>	<u>KS</u>	<u>P Value</u>	<u>Passed normality test?</u>
c verde	0.2888	>0.10	Yes
b verde	0.1421	>0.10	Yes
a verde	0.1971	>0.10	Yes

Intermediate calculations. ANOVA table

<u>Source of variation</u>	<u>Degrees of freedom</u>	<u>Sum of squares</u>	<u>Mean square</u>
Treatments (between columns)	2	90.638	45.319
Residuals (within columns)	21	1472.1	70.099
Total	23	1562.7	

$F = 0.6465 = (MS_{treatment} / MS_{residual})$

Summary of Data

<u>Group</u>	<u>Number of Points</u>	<u>Mean</u>	<u>Standard Deviation</u>	<u>Standard Error of Mean</u>	<u>Median</u>
c verde	8	21.774	4.634	1.638	19.940
b verde	8	21.572	5.912	2.090	21.661
a verde	8	25.792	12.405	4.386	28.306

Group	Minimum	Maximum	95% Confidence Interval	
			From	To
c verde	17.374	28.117	17.899	25.648
b verde	13.792	29.860	16.629	26.516
a verde	6.877	39.285	15.420	36.164

* * *

 One-way Analysis of Variance (ANOVA)

The P value is 0.0102, considered significant.
 Variation among column means is significantly greater than expected by chance.

Tukey-Kramer Multiple Comparisons Test

If the value of q is greater than 3.567 then the P value is less than 0.05.

Comparison	Mean Difference	q	P value
c rojo vs c azul	3.323	2.051	ns P>0.05
c rojo vs c verde	7.746	4.781	** P<0.01
c azul vs c verde	4.423	2.730	ns P>0.05

Difference	Mean Difference	95% Confidence Interval	
		From	To
c rojo - c azul	3.323	-2.455	9.102
c rojo - c verde	7.746	1.967	13.524
c azul - c verde	4.423	-1.356	10.201

Assumption test: Are the standard deviations of the groups equal?

ANOVA assumes that the data are sampled from populations with identical SDs. This assumption is tested using the method of Bartlett.

Bartlett statistic (corrected) = 0.1952

The P value is 0.9070.

Bartlett's test suggests that the differences among the SDs is not significant.

Assumption test: Are the data sampled from Gaussian distributions?

ANOVA assumes that the data are sampled from populations that follow Gaussian distributions. This assumption is tested using the method Kolmogorov and Smirnov:

Group	KS	P Value	Passed normality test?
c rojo	0.1878	>0.10	Yes
c azul	0.2153	>0.10	Yes
c verde	0.2888	>0.10	Yes

Intermediate calculations. ANOVA table

Source of variation	Degrees of freedom	Sum of squares	Mean square
Treatments (between columns)	2	241.59	120.80
Residuals (within columns)	21	441.01	21.001

 Total 23 682.60

F = 5.752 =(MStreatment/MSresidual)

Summary of Data

Group	Number of Points	Mean	Standard Deviation	Standard Error of Mean	Median
c rojo	8	29.519	4.929	1.743	30.342
c azul	8	26.196	4.152	1.468	26.823
c verde	8	21.774	4.634	1.638	19.940

Group	Minimum	Maximum	95% Confidence Interval	
			From	To
c rojo	22.634	37.055	25.398	33.641
c azul	17.544	30.711	22.725	29.668
c verde	17.374	28.117	17.899	25.648

* * *

b rojo	15.648	30.395	21.222	29.453
b azul	21.483	36.443	23.575	31.598
b verde	13.792	29.860	16.629	26.516

* * *

One-way Analysis of Variance (ANOVA)

The P value is 0.0567, considered not quite significant. Variation among column means is not significantly greater than expected by chance.

Post tests

Post tests were not calculated because the P value was greater than 0.05.

Assumption test: Are the standard deviations of the groups equal?

ANOVA assumes that the data are sampled from populations with identical SDs. This assumption is tested using the method of Bartlett.

Bartlett statistic (corrected) = 2.465

The P value is 0.2916.

Bartlett's test suggests that the differences among the SDs is not significant.

Assumption test: Are the data sampled from Gaussian distributions?

ANOVA assumes that the data are sampled from populations that follow Gaussian distributions. This assumption is tested using the method Kolmogorov and Smirnov:

Group	KS	P Value	Passed normality test?
a rojo	0.1716	>0.10	Yes
a azul	0.2699	>0.10	Yes
a verde	0.1971	>0.10	Yes

Intermediate calculations. ANOVA table

Source of variation	Degrees of freedom	Sum of squares	Mean square
Treatments (between columns)	2	600.09	300.04
Residuals (within columns)	21	1909.4	90.922
Total	23	2509.4	

$F = 3.300 = (MS_{treatment} / MS_{residual})$

Summary of Data

Group	Number of Points	Mean	Standard Deviation	Standard Error of Mean	Median
a rojo	8	18.436	8.524	3.014	16.865
a azul	8	13.632	6.799	2.404	12.356
a verde	8	25.792	12.405	4.386	28.306

Group	95% Confidence Interval			
	Minimum	Maximum	From	To

One-way Analysis of Variance (ANOVA)

The P value is 0.0567, considered not quite significant. Variation among column means is not significantly greater than expected by chance.

Post tests

Post tests were not calculated because the P value was greater than 0.05.

Assumption test: Are the standard deviations of the groups equal?

ANOVA assumes that the data are sampled from populations with identical SDs. This assumption is tested using the method of Bartlett.

Bartlett statistic (corrected) = 2.465

The P value is 0.2916.

Bartlett's test suggests that the differences among the SDs is not significant.

Assumption test: Are the data sampled from Gaussian distributions?

ANOVA assumes that the data are sampled from populations that follow Gaussian distributions. This assumption is tested using the method Kolmogorov and Smirnov:

Group	KS	P Value	Passed normality test?
a rojo	0.1716	>0.10	Yes
a azul	0.2699	>0.10	Yes
a verde	0.1971	>0.10	Yes

Intermediate calculations. ANOVA table

Source of variation	Degrees of freedom	Sum of squares	Mean square
Treatments (between columns)	2	600.09	300.04
Residuals (within columns)	21	1909.4	90.922
Total	23	2509.4	

$F = 3.300 = (MS_{\text{treatment}}/MS_{\text{residual}})$

Summary of Data

Group	Number of Points	Mean	Standard Deviation	Standard Error of Mean	Median
a rojo	8	18.436	8.524	3.014	16.865
a azul	8	13.632	6.799	2.404	12.356
a verde	8	25.792	12.405	4.386	28.306

Group	95% Confidence Interval			
	Minimum	Maximum	From	To
a rojo				
a azul				
a verde				