



**UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE
MÉXICO**



FACULTAD DE ODONTOLOGÍA

**FUERZA DE ADHESIÓN DE UN ADHESIVO
EXPERIMENTAL CON BASE EN BIS-GMA/HEMA.**

T E S I N A

QUE PARA OBTENER EL TÍTULO DE

C I R U J A N O D E N T I S T A

P R E S E N T A:

EMMANUEL SOLIS MOTA

TUTORA: MTRA. JUANA PAULINA RAMÍREZ ORTEGA



Universidad Nacional
Autónoma de México



UNAM – Dirección General de Bibliotecas
Tesis Digitales
Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS ©
PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

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

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

Agradezco el apoyo al proyecto PAPIIT IN114608 “Desarrollo de adhesivos para ortodoncia y resinas compuestas para uso en odontología” para realizar este trabajo.

Todo lo que soy y seré, se los agradezco a mis padres, hermanas, profesores y compañeros.

A mis padres, por ser ellos, siempre los que estuvieron a mi lado, dándome consejos y apoyo incondicional,

A mis hermanas, por ser un ejemplo a seguir, por ser mis consejeras, mis confidentes y más que hermanas las mejores amigas.

A mis profesores, pero en especial a la Mtra. Juana Paulina Ramírez Ortega, por darme su tiempo, su apoyo y sus conocimientos, para hacer de mi persona, un profesional capaz de enfrentar cualquier reto que se le presente.

A mis compañeros, por acompañarme todos estos años, por hacer de esta parte de mi vida más amena y le agradezco a Dios por haberlos puesto en mi camino y que esto dure para siempre.

No podía faltar el agradecimiento a esta, mi casa de estudios, la Universidad Nacional Autónoma de México, que me dio a los mejores profesores, los mejores compañeros, las mejores oportunidades para sobresalir y todos los conocimientos que llevo conmigo.

Todos a quienes mencione son muy importantes en mi vida y siempre lo serán, pero quiero dedicar este trabajo y todo lo que soy y lograré ser a esa personita especial, que nunca voy a olvidar y siempre mantendré en mi corazón, mi

Mamá, Ma. Sara Mota Cortés.

ÍNDICE

INTRODUCCIÓN.....	6
MARCO TEÓRICO.....	8
1. ANTECEDENTES.....	8
1.1. CARACTERÍSTICAS Y PROPIEDADES FÍSICAS DE LOS TEJIDOS DENTARIOS	8
1.1.1 ESMALTE.....	8
1.1.2 DENTINA.....	8
2.2. CONCEPTOS BÁSICOS DE ADHESIÓN.....	9
2.2.1 ADHESIÓN.....	9
2.2.1.1 CLASIFICACIÓN DE LA ADHESIÓN.....	10
2.2.1.1.1 FÍSICA.....	10
2.2.1.1.2 QUÍMICA O ADHESIÓN ESPECÍFICA.....	11
2.2.1.2 PRINCIPIOS BÁSICOS DE LA ADHESIÓN.....	11
2.2.1.2.1 ENERGÍA SUPERFICIAL.....	11
2.2.1.2.2 TENSIÓN SUPERFICIAL.....	12
2.2.1.2.3 ÁNGULO DE CONTACTO.....	12
2.2.1.2.4 HUMECTACIÓN.....	13
2.2.1.2.5 CAPILARIDAD.....	13
2.2.1.2.6 VISCOSIDAD.....	13
2.2.1.2.7 CONTRACCIÓN POR POLIMERIZACIÓN.....	13
2.2.1.2.8 ESPESOR DE PELÍCULA DEL ADHESIVO.....	14
2.2.1.3 ADHESIÓN A LOS TEJIDOS DENTALES.....	14
2.2.1.3.1 ADHESIÓN A ESMALTE	14
2.2.1.3.2 ADHESIÓN A DENTINA.....	15
2.2.2 CLASIFICACIÓN DE LOS SISTEMAS DE ADHESIÓN.....	16
2.2.3 COMPOSICIÓN DE LOS SISTEMAS DE ADHESIÓN.....	21
2.2.4 DIENTES DE BOVINO COMO SUSTRATO PARA PRUEBAS DE ADHESIÓN.....	25
3. INVESTIGACIÓN.....	27
3.1 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.....	27
3.2 JUSTIFICACIÓN.....	27
3.3 OBJETIVOS.....	28
3.3.1 OBJETIVO GENERAL.....	28

3.3.2 OBJETIVOS ESPECIFICOS.....	28
3.4 HIPÓTESIS.....	28
3.5 METODOLOGÍA.....	28
3.5.1 UNIVERSO DE TRABAJO.....	28
3.5.2 MATERIAL Y MÉTODO.....	29
3.6 RESULTADOS.....	38
3.7 DISCUSIÓN.....	40
3.8 CONCLUSIONES.....	45
4. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	46

INTRODUCCIÓN

Los agentes adhesivos constituyen un importante y necesario requisito en la odontología restauradora. Los sistemas de adhesión han ido evolucionando llegando a simplificar las técnicas de trabajo para conseguir propiedades físicas, químicas y estéticas de última generación.

Habitualmente, el proceso de adhesión a los tejidos dentales se basaba en realizar un previo grabado ácido del sustrato, se aplicaba el adhesivo, cerrando la porosidad creada en el esmalte e infiltrando y protegiendo las fibras de colágeno expuestas en la dentina, en síntesis el adhesivo y el sustrato debían conseguir una interacción adecuada para tener un buen resultado clínico.

Enfocándonos en el presente estudio los adhesivos contienen elementos hidrofílicos e hidrofóbicos en un solo contenedor, generalmente el *primer* hidrofílico contiene acetona, etanol o agua que coadyuvan en la penetración de la resina en la superficie dentinaria grabada, haciendo máxima las fuerzas de adhesión. La mezcla de acetona presente en los adhesivos y la presencia de agua en la superficie dentaria aceleran la evaporación por las diferentes presiones de vapor del agua y de la acetona., además la mezcla de acetona del adhesivo con el agua reducen la tensión superficial del agua atrapada logrando un contacto íntimo de la dentina inter y peritubular, por otro lado, el etanol y la acetona al ser solventes orgánicos volátiles retiran la humedad dentro de la red de túbulos.

Todas las investigaciones que se han realizado a través del tiempo, se han hecho por el surgimiento de nuevas necesidades, ya sea, simplificar las técnicas, aumentar las propiedades físicas y mecánicas de los adhesivos brindando mejores oportunidades de éxito en las restauraciones. De la misma manera ha surgido la inquietud de probar nuevas formulaciones que no solo le den estas características



importantes a los adhesivos, sino que también, sean de fácil adquisición desde el punto de vista económico por parte del odontólogo, llevándonos a realizar el presente estudio en el que se evaluaron tres formulaciones con Bis-GMA/HEMA utilizando como solvente en cada una al etanol, isopropanol y acetona, para de esta manera, brindar a la comunidad odontológica nuevos conocimientos y experiencias aprendidas en base a este estudio.

MARCO TEÓRICO.

1. ANTECEDENTES.

1.1. CARACTERÍSTICAS Y PROPIEDADES FÍSICAS DE LOS TEJIDOS DENTARIOS.

1.1.1 ESMALTE.

Estructuralmente está constituido por material inorgánico en un 96%, lo cual lo hace ser la estructura más altamente mineralizada de todo el organismo, además, esta constituida por un 4% de material orgánico (glucoproteínas de alto peso molecular) y agua. ¹

Entre sus características físicas podemos destacar las siguientes:

- Su dureza corresponde al número 5 en la escala de Mohs, que equivaldría a la apatita.
- En términos de elasticidad es una estructura frágil que tiende a la fractura cuando no tiene soporte dentinario.
- Es translúcido (a mayor mineralización mayor traslucidez) y su color depende del tono de la dentina.
- Aunque es poco permeable, estudios recientes mencionan una cierta capacidad de semipermeabilidad, permitiendo la difusión del agua, y de algunos iones y moléculas existentes en la saliva.
- Por su grado de mineralización es altamente radiopaco².

1.1.2 DENTINA.

La dentina está compuesta de 65% a 70% de hidroxapatita cálcica, de 20% a 25% de materiales orgánicos y alrededor del 10% de agua; en su mayoría las sustancias orgánicas que se puede encontrar es el colágeno tipo I y glucoproteínas.

Entre sus características físicas podemos destacar las siguientes²:

- Es de color blanco-amarillento, pero puede variar de acuerdo al grado de mineralización, a la vitalidad del diente, a la edad, etc.

- Su translucidez es menor a la del esmalte debido a que es menos mineralizado.
- Su radiopacidad es menor que la del esmalte, pero mayor que la del hueso y cemento.
- Su elasticidad permite compensar la rigidez del esmalte.
- Gracias a la presencia de los túbulos dentinarios es más permeable que el esmalte.

Histogenéticamente, la dentina se puede clasificar de la siguiente manera²:

- Dentina primaria: es la primera en formarse y se deposita en las primeras etapas de la dentinogénesis hasta que el diente entra en oclusión, comprende la dentina del manto y la circunpulpal.
- Dentina secundaria: se produce después de la formación de la raíz y se deposita durante toda la vida del diente. Se forma por dentro de la dentina circunpulpal y en la periferia de la cámara pulpar.
- Dentina terciaria: se forma por un estímulo localizado, deformando la cámara pulpar y también se conoce como dentina de reparación.

2.2 CONCEPTOS BÁSICOS DE ADHESIÓN.

2.1.1 ADHESIÓN.

El término *adhesión* deriva del latín *adhesion* o *adhaesionis*, que significa unir o pegar una cosa con otra.³

Adhesión se refiere al estado o fenómeno por el cual dos superficies o materiales diferentes se mantienen unidos por fuerzas interfaciales, ya sea por uniones físicas (macro o micromecánicas), por uniones químicas (primarias o secundarias) o por ambas.^{3,4}

La Asociación Americana para Ensayos de Materiales (ASTM) define como adhesivo a toda sustancia que interpuesta entre dos superficies las

mantiene unidas por traba mecánica, uniones químicas o por la interacción de ambas.³

2.2.1.1 CLASIFICACIÓN DE LA ADHESIÓN.

2.2.1.1.1 FÍSICA

Se logra exclusivamente por traba mecánica entre las superficies que se van a unir y se divide de la siguiente manera:

- Macromecánica:

Es aquella que no tiene adhesión específica o química entre la restauración y el tejido dentario, sino que, se logra con el diseño de cavidades, que sirven como anclaje o retención.

Este sistema es poco confiable y no evita la microfiltración que puede ocurrir en la boca al existir un espacio o brecha entre las dos superficies.³

- Micromecánica:

Es aquella que se produce por dos mecanismos en los cuales están involucrados la superficie dental y el cambio dimensional.

Este sistema se basa en el hecho de reducir el tamaño de las irregularidades, socavados o relieves, permitiendo un acercamiento más íntimo entre las superficies, logrando una adhesión más satisfactoria, un ejemplo de ello lo da el grabado ácido del esmalte y la unión de un composite a su superficie mediante un agente de alto poder de humectación.^{3,4}

La microfiltración altera la superficie del objeto por adherir, produciendo los siguientes efectos:

- Limpieza profunda

- Aumento de la superficie total
- Aumento de la energía superficial
- Disminución del ángulo de contacto
- Formación de un relieve microretentivo

2.2.1.1.2 QUÍMICA O ADHESIÓN ESPECÍFICA

Se forma por la reacción química entre dos superficies, no sólo es capaz de adherir una restauración con el diente, sino también, de sellar los túbulos dentinarios impidiendo la microfiltración y sus derivaciones.^{4,5}

Dentro de este tipo de unión el que más interesa en este tema es un tipo de enlace primario conocido como enlace iónico que se forma por la presencia de fuerzas de atracción electrostática de un metal y un no metal, en el que uno cede y otro gana electrones, dando como resultado la formación de aniones y cationes, también da lugar a la creación de cristales cuya configuración se basa en el equilibrio de carga y tamaño. Ejemplos de ello son las porcelanas, yesos, los cementos de fosfato o el ionómero de vidrio que por medio de un enlace iónico interactúa su radical ácido COOH (ácido carboxílico) con el calcio del diente.^{3,4}

2.2.1.2 PRINCIPIOS BÁSICOS DE LA ADHESIÓN

2.2.1.2.1 ENERGÍA SUPERFICIAL.

Es una característica de los sólidos y se refiere al incremento de energía por unidad de área, es decir, los átomos de la superficie de un sólido, tienden a unirse a los átomos cercanos a la superficie, por lo tanto, a mayor energía superficial, mayor capacidad de adhesión.^{3,4}

Los cuerpos cristalinos como el esmalte y los materiales cerámicos se caracterizan por poseer alta energía superficial, mientras que los cuerpos orgánicos como la dentina y resinas tienen baja energía superficial.⁶

2.2.1.2.2 TENSIÓN SUPERFICIAL.

Es una característica de los líquidos y es la atracción que las moléculas internas de un líquido producen sobre las moléculas que se encuentran en la superficie, a grosso modo se refiere a la resistencia de los líquidos a reducir su superficie.^{3,4}

Propiedades de la tensión superficial:

- Tiene el mismo valor en todas las direcciones
- No dependen del espesor y extensión de la membrana
- Varía según la superficie de contacto
- Disminuye con el aumento de la temperatura.³

Los dos conceptos antes mencionados se refieren a la atracción de los átomos del centro a la superficie.

Para que se produzca adhesión, las interfases de las superficies deben atraerse entre sí, por lo tanto la superficie adherente debe poseer alta energía superficial y el líquido baja tensión superficial para producir de esta manera la adhesión.⁵

2.2.1.2.3 ÁNGULO DE CONTACTO.

Se mide entre el adhesivo y el adherente y determina hasta que punto un adhesivo humecta la superficie del adherente. Se forma en la interfase del adhesivo y el adherente.⁵

La forma de medir el ángulo es trazando una tangente entre el contacto de la superficie y la periferia de la gota del fluido.⁴

A menor ángulo de contacto, el líquido humectará o mojará más al sólido y viceversa, mientras esté cerca de 90° o mayor, la humectación será deficiente y en consecuencia la adhesión será deficiente.⁵

2.2.1.2.4 HUMECTACIÓN.

Es la capacidad que tiene un líquido para distribuirse en toda la superficie del sólido para lograr una adhesión efectiva.⁵

El grado de humectación ideal se logra cuando los valores de tensión superficial del adhesivo son menores a la energía superficial del sólido.⁴

Otra variable que puede modificar la humectación de un líquido es la viscosidad y está directamente relacionado con la fluidez de los monómeros que integran la fórmula de las resinas de diacrilato, dimetacrilato de uretano, etc.⁷

2.2.1.2.5 CAPILARIDAD.

Es la ocupación de espacios microscópicos por parte de un líquido y está relacionado con la fluidez y tensión superficial.

2.2.1.2.6 VISCOSIDAD.

Una característica de un buen adhesivo dental es una baja viscosidad, de este modo se permite que el adhesivo penetre por los túbulos dentinarios y/o los prismas del esmalte.

2.2.1.2.7 CONTRACCIÓN POR POLIMERIZACIÓN.

La contracción de un polímero ocurre cuando endurece, ya que el adhesivo es comprimido por el sustrato, haciendo de este modo, que se formen esfuerzos dentro de la unión, los cuales pueden causar el fracaso del tratamiento.

La magnitud y la cinética de la contracción de polimerización, junto con el módulo de elasticidad, pueden predecir potenciales fallas de adhesión en las restauraciones.

En un estudio realizado por Van Landuyt y cols¹² se observó que las resinas fluidas en general, muestran una mayor contracción que las resinas con mayor contenido de relleno. Además, los módulos de elasticidad de resinas fluidas se encontrarán en un rango bajo-medio, mientras que los composites híbridos mostraron valores más altos y los que contienen microrrelleno presentaron el más bajo.

La mayor contracción de las resinas fluidas sobre las híbridas pueden indicar un mayor potencial de esfuerzos interfaciales. Sin embargo, su menor rigidez puede ser un factor compensatorio. Los compuestos con microrrelleno mostraron baja contracción y rigidez, una combinación que puede resultar ser menos perjudicial.⁸

2.2.1.2.8 ESPESOR DE PELÍCULA DEL ADHESIVO.

Entre más gruesas sean las capas del adhesivo mas débiles serán las uniones, esto se debe a que, entre más gruesas más defectos y mayor deformación bajo esfuerzo, en cambio si las capas son delgadas son fácilmente comprimidas y existe mayor distribución del esfuerzo.^{4,5}

2.2.1.3 ADHESIÓN A LOS TEJIDOS DENTALES

2.2.1.3.1 ADHESIÓN A ESMALTE

Buonocuore en 1955 mencionó al ácido fosfórico como coadyuvante en algunos procesos restaurativos, ya que planteaba que éste, aplicado al esmalte aumentaba considerablemente la retención de resinas acrílicas.

La función de un ácido débil o fuerte aplicada sobre una base, consiste en:

- Limpiar y activar la superficie del tejido para transformar el área de una de baja energía superficial a una de alta energía superficial.

- Desmineralizar y disolver la materia inorgánica de los prismas del esmalte creando microporos, fenómeno conocido como efecto geométrico.

Estos mecanismos permiten la humectación y penetración de un monómero hidrofílico dentro de los microporos a través de un proceso reológico que se consigue cuando el material endurece químicamente, es decir, la resina acrílica se introduce en el esmalte acondicionado, se polimeriza y transforma en un sólido generando una retención micromecánica.³

Por todo lo anterior, la unión al esmalte grabado con ácido representa el principal medio de retención en las restauraciones con resinas compuestas, cementos a base de resinas y selladores de fosetas y fisuras.

2.2.1.3.2 ADHESION A DENTINA.

La dentina tallada con fresas no presenta los túbulos dentinarios abiertos, sino que se encuentra cubierta por un tipo de dentina modificada, denominada barrillo dentinario, capa dentinaria modificada, smear layer, lodo dentinario o residuo dentinario.³

El líquido de las resinas compuestas no es capaz de crear adhesión micromecánica por su naturaleza hidrofóbica, para ello es necesario colocar un líquido con moléculas hidrofílicas con capacidad de copolimerizar con un adhesivo que contenga grupos hidrófilos e hidrófobos.³

De esta manera se crea una capa de dentina que tiene en su estructura un polímero, a esta capa se le conoce como “capa híbrida”.

Para lograr la adhesión de una resina compuesta a la dentina son necesarios los dos siguientes puntos:

- Desmineralizar o acondicionar con ácido.
- Colocar un adhesivo hidrófobo e hidrófilo.

2.2.2 CLASIFICACIÓN DE LOS SISTEMAS DE ADHESIÓN

- Primera generación

La primera generación de adhesivos dentales apareció en los 80's y proponía una unión química entre NPG-GMA, adhesión por quelación del agente adhesivo al calcio y unión de cianoacrilatos al colágeno, sin embargo, al poco tiempo se observaron interfases inestables y sensibilidad en presencia de humedad, además de una alta contracción durante la polimerización.

La resistencia de unión de esta técnica fue de entre 2 y 3 MPa, pero descendiendo considerablemente en cuanto entraba en contacto con agua.^{9,11}

- Segunda generación

Los sistemas adhesivos de la segunda generación, aparecieron también en los años 80's; demostraron un incremento en su resistencia de unión tanto a esmalte como a dentina. Y es a partir de esta generación cuando se empiezan a reconocer como sistemas adhesivos a esmalte y dentina. Se basaba en la reacción fosfato/calcio, (unión iónica) pero utilizando una resina dimetacrilato en el adhesivo, en lugar de las resinas BIS-GMA utilizadas con los sistemas previos. Este cambio significó un aumento en la resistencia a la unión, pero con muchos fracasos clínicos producto de la hidrólisis de la débil reacción fosfato-calcio. Los sistemas adhesivos de las dos primeras generaciones utilizaban agentes hidrofóbicos diseñados para promover una unión iónica a la hidroxiapatita como principal

componente de la capa de detritus dentinaria. Los valores de unión de estos sistemas fueron de entre 4 y 6 MPa y se llegaron a considerar como valores altos de adhesión.

Por otro lado las restauraciones presentaban microfiltración y el paciente mencionaba sensibilidad postoperatoria.^{9,11}

- Tercera generación

Su aparición se dio a finales de los 80's y comienzos de los 90's, proponía múltiples pasos, el acondicionamiento ácido de la dentina y unión química, utilizando NPG-PMDM 4- META HEMA, oxalatos y una unión mecánica entre el adhesivo y la dentina.

La utilización de imprimadores (*primers*) para la preparación de la superficie de la dentina para obtener una mejor humectación del adhesivo, fue uno de los avances más importantes registrados en esta generación de adhesivos. Los *primer*, hasta cierta forma son ácidos débiles o una mezcla de ácidos a baja concentración, pero con la suficiente capacidad para remover, alterar, o modificar la capa de detritus dentinaria que se localiza sobre la superficie de la dentina.

Bowen desarrolló un sistema adhesivo similar en principio, pero con una técnica diferente. El sistema conocido como sistema con oxalato, requería de mayor número de pasos para acondicionar la dentina y por lo tanto era una técnica más demandante y muy sensible.

Los resultados in vitro de algunos de los sistemas de adhesión a dentina de la tercera generación, demostraron valores de resistencia a la unión a dentina, similares a los valores que se obtienen en adhesión a esmalte.

La obtención de adhesión eficiente con estos sistemas adhesivos, recaía principalmente en la interacción mecánica del adhesivo a dentina.

Y es como resultado del uso de estos sistemas adhesivos, en que se llega a dar la idea de la formación de una interfase híbrida.

Por otro lado en este sistema se logró reducir la sensibilidad postoperatoria. La resistencia a la unión de esta técnica fue de entre 8 y 15 MPa.^{9,11}

- Cuarta generación

El uso de agentes acondicionadores con ácidos débiles para la preparación del sustrato dentinario o el acondicionamiento simultáneo del esmalte y la dentina, con los que se obtiene la remoción o la alteración de la capa de detritus dentinaria persiste y se solidifica como un paso importante en los sistemas adhesivos de esta generación.

Además, es importante mencionar que es hasta esta cuarta generación cuando se menciona que como parte del efecto de los agentes a base de ácidos débiles, se debe de obtener también la exposición de la dentina intertubular y peritubular.

La aplicación de *primer* con monómeros hidrofílicos se utiliza para facilitar la penetración a la dentina descalcificada que permita embeber una superficie entre 1 a 5 micras dentro de la dentina acondicionada para mantener la red de colágeno abierta. Este paso impide que el colágeno se colapse y permite que la resina adhesiva penetre efectivamente en la filigrana de la dentina descalcificada.

Los sistemas adhesivos de esta generación demostraron mayor similitud en su comportamiento, con una técnica de menor sensibilidad, resultados más homogéneos y valores de 12 a 22 MPa, que ofrecían una posibilidad mayor de éxito clínico.

El desarrollo de la capa híbrida que se obtiene del manejo adecuado de estos sistemas adhesivos en el sustrato dentinario, es el recurso más

importante para obtener valores altos de adhesión y buen sellado de la interfase material restaurador-dentina.

La presencia de la capa híbrida, aumenta la habilidad de estos sistemas de adhesión de unirse efectivamente al sustrato dentinario para sellar la superficie de la dentina eliminando casi por completo el flujo de fluidos en la interfase y disminuyendo la sensibilidad posoperatoria propia de estos procedimientos operatorios.

Por lo tanto, se considera que la formación de la capa híbrida, actúa como una efectiva barrera fisiológica contra la invasión de microorganismos o de los componentes químicos del material restaurador.^{9,11}

- Quinta generación

Aparece a finales de los 90's. El objetivo principal de los sistemas adhesivos de la quinta generación, fue consolidar la formación de la capa híbrida y la búsqueda de adhesión química, pero con la idea de la simplificación de la técnica.

La mayoría de los sistemas adhesivos de la quinta generación, utilizaban el grabado o acondicionamiento simultáneo de la dentina y el esmalte (grabado total) y el sistema de “una botella” (one bottle) que contiene el *primer* y la resina adhesiva juntos y que se aplicaba después del grabado en un solo paso.

La capacidad de penetración y de encapsulamiento, basado en la impregnación simultánea de los dos materiales, es el factor primordial para el éxito de los adhesivos y el buen comportamiento clínico de las restauraciones de resinas compuestas.

La resistencia a la unión de esta técnica fue de entre 20 y 25 MPa.^{9,11}

- Sexta generación o Sistemas de auto-grabado.

Un desarrollo más reciente involucra el uso de *primer* ácidos o mejor llamados *primer* de pre-grabado en los que la intención primordial es la de combinar en un solo paso el acondicionamiento y la preparación del sustrato dentinario.

Se puede decir que los resultados con los sistemas adhesivos de auto-grabado no son como se esperaban, o al menos no son tan consistentes como los sistemas de la generación previa. Los *primer* ácidos, presentan una molécula de resina fosfonatada, que actúa con dos funciones diferentes simultáneas: grabado y preparación de la dentina y del esmalte, sin lavado o secado y con la intención de formar una estructura continua del sustrato incorporando la capa de detritus y los tapones de detritus, con la formación de la capa y las extensiones de resina.

Los sistemas adhesivos de auto-grabado, pueden causar excesiva desmineralización de la dentina, lo que puede aumentar el espesor de la capa híbrida con una subsecuente incompleta penetración de la resina adhesiva y que se traduce en valores bajos de adhesión. O bien, que no exista interacción del *primer* en la superficie del sustrato dentinario y que la capa híbrida sea muy delgada y muy frágil, o en otras ocasiones, que no se forme y por lo tanto no exista un mecanismo de adhesión. Agua, o la presencia de agua en estos sistemas adhesivos es todavía un problema latente en la configuración de una capa de adhesivo.

Se ha observado con estos sistemas adhesivos, la formación de una película intermedia de agua entre el sistema adhesivo y la superficie de la dentina, provocando un fracaso de adhesión espontáneo.

La remoción incompleta de agua de la red de colágeno, resulta en una competencia entre el monómero y el agua remanente dentro de la dentina

desmineralizada que puede además inhibir la polimerización del agente adhesivo.

La fase de separación de los componentes de los monómeros hidrofóbicos e hidrofílicos causa la formación de espacios que producen ampollas o la formación de glóbulos cuando la resina se encuentra en presencia de agua.

Además, el exceso de agua puede diluir al *primer*, contaminándolo y disminuyendo su efectividad.

La resistencia a la unión de estos sistemas es de entre 18 y 23 MPa.^{9,11}

- Séptima generación o sistema “todo en uno”.

Aparece en el 2002, así como los materiales de unión de la sexta generación dieron el salto de los sistemas previos multicomponentes hacia el más racional de un solo frasco fácil de usar, la séptima generación simplifica la utilización de dos componentes de la sexta generación reduciéndolo a un sistema de un solo componente en un solo frasco, estas dos últimas generaciones ofrecen el autograbado y autoiniciado con baja reacción a variaciones en la técnica con poca o ninguna sensibilidad operatoria.^{9,11}

2.2.3 COMPOSICIÓN DE LOS SISTEMAS DE ADHESIÓN

Ácido grabador. Se emplean ácidos fuertes como el fosfórico, o débiles como el cítrico y maleico.¹²

Resinas hidrofílicas. Encargadas de conseguir la unión a dentina por medio de la capa híbrida, aprovechando la humedad de la dentina, algunos de los compuestos que se han usado con esta finalidad son: PENTA (dipentaeritritol-pentacrilato-monofosfatado), HEMA (2 hidroxietilmetacrilato), BPDM (bifenil-dimetacrilato), TEGDMA (triethylenglicol-

metacrilato), GPDM (glicerol-fosfato-metacrilato) o 4-META (4 metacriloxi-etil-trimelitato-anhidro).

- HEMA: es un monómero pequeño de uso generalizado, relativamente biocompatible, a pesar de que el monómero no curado tiene un alto potencial alergénico. Sin curar se presenta como un líquido muy soluble en agua, etanol y/o acetona. Por otra parte, se puede evaporar de los adhesivos pero en cantidades muy pequeñas. Otra característica importante del HEMA es su carácter hidrofílico, que aunque no se puede utilizar como agente desmineralizante, su carácter hidrofílico lo hace un excelente componente de los adhesivos al mejorar la humectación de la dentina, mejorando la fuerza de adhesión, sin embargo, curado o sin curar fácilmente absorbe agua, por ello existe la hipótesis de que los adhesivos que contienen HEMA son más susceptibles a contaminarse con agua, conduciendo a la disolución de algunos monómeros.¹³

El HEMA aun después de polimerizar, seguirá exhibiendo su comportamiento hidrofílico, esto se traducirá en absorción de agua y por consiguiente en expansión y decoloración, dando lugar a una disminución de sus propiedades mecánicas, haciéndolo un polímero flexible de baja calidad. Las altas concentraciones de HEMA también pueden disminuir las propiedades mecánicas y reducir la presión de vapor de agua y probablemente de alcohol, impidiendo la evaporación de los disolventes del adhesivo. El HEMA también es vulnerable a la hidrólisis a pH básico o ácido.¹³

Resinas hidrofóbicas. Están entre los materiales pioneros en los sistemas adhesivos, logran conseguir que la capa del adhesivo tenga un grosor adecuado.

- BIS-GMA (bis-glicidil-metacrilato), se ha añadido para que un adhesivo tenga altas propiedades mecánicas es importante añadir un monómero con posibilidad de obtener una alta densidad de enlaces

cruzados cuando se polimerice. Se caracteriza por un comportamiento hidrofóbico, que lo hace limitadamente soluble en agua.

Activadores: son los encargados de dar inicio a la polimerización. Básicamente podemos encontrar dos: los fotoactivadores que son las canforoquinonas y los quimioactivadores como el sistema amina-peróxido.

- Canforoquinona: Muchos compuestos se pueden dissociar en radicales al absorber cierta cantidad de luz, o lo que es lo mismo al exponerse a determinada longitud de onda, generalmente los que están en el rango de luz visible. Es importante evaluar qué disolventes y en qué cantidad serán utilizados ya que éstos también influyen en el proceso de activación.¹³

Las lámparas LED, aunque populares, tienen una emisión corta de longitudes de onda frente a las de halógeno. En general su uso está optimizado solo para activar a las canforoquinonas que son excelentes fotoiniciadores ya que absorben un espectro amplio de longitudes de onda que van de los 360 a los 510 nm, con un pico de absorción alrededor de 468 nm (luz azul). Cuando se disuelve en el agua, el pico de absorción se reduce a 457 nm.¹³

Una de sus desventajas es su inherentemente color amarillo-marrón. A pesar de que este iniciador se utiliza generalmente en cantidades muy pequeñas (0.03-1%) influye en el color de la resina adhesiva de manera significativa.¹³

Relleno inorgánico. No es un ingrediente indispensable en los adhesivos, pero cuando se usa tiene como función reforzar a través del nanorelleno las resinas, mejorando así sus propiedades mecánicas.

Disolvente. Es un componente indispensable para conseguir una adecuada capa híbrida, los más utilizados son el etanol, el agua y la acetona. En algunos sistemas se utiliza la clorhexidina en la técnica de unión seca, este mecanismo se basa en la rehidratación y la expansión de la red colágena y posteriormente la infiltración monomérica.

La adición de disolventes en los adhesivos es indispensable, ya que éstos más la naturaleza húmeda de la dentina, permiten una baja viscosidad y, por lo tanto, un adecuado mojado. La presión de vapor de un disolvente es importante para asegurar su evaporación con la ayuda de aire después de colocado en el diente, a pesar de que el secado con aire disminuye el espesor de la capa adhesiva, la evaporación completa es difícil de lograr, poniendo en riesgo la polimerización debido a la dilución de los monómeros, haciendo permeable la capa de adhesivo. Los disolventes más usados comúnmente en los sistemas de adhesión, son:

- Etanol: Como el agua, el etanol es un disolvente polar que forma enlaces de hidrógeno con sus solutos. Su mayor presión de vapor en comparación con el agua permite una mejor evaporación. Normalmente el etanol se usa en conjunción con el agua como co-solvente.

El etanol no es un disolvente adecuado para monómeros con componentes de ácidos carboxílicos. Dependiendo de la reactividad, los ácidos carboxílicos esterifican con alcoholes lo que puede conducir a la inactivación de la función ácida del monómero.¹³

- Acetona: su baja constante dieléctrica permite la disolución de compuestos polares y apolares. Por esta razón, la acetona es una buena elección de disolvente en adhesivos que combinan compuestos hidrofóbicos e hidrofílicos. Su alta presión de vapor es aproximadamente cuatro veces más alta que la del etanol y es su ventaja principal. Sin embargo, su alta volatilidad también puede llevar a reducir la vida útil de la acetona.

2.2.4 DIENTES DE BOVINO COMO SUSTRATO PARA PRUEBAS DE ADHESIÓN.

Debido al desarrollo de los materiales de restauración y por lo tanto a una creciente demanda por la conservación de piezas dentales por parte de los pacientes, los investigadores se han visto en la tarea de encontrar un sustituto para los dientes humanos en las pruebas de adhesión, por este motivo, se han comparado los dientes de humano con los de la especie bovina.

Entre los hallazgos más significativos que se han encontrado al respecto y que mencionan Nakamichi y cols,¹⁴ se pueden numerar los siguientes:

1. No hay diferencia significativa en la fuerza de adhesión al esmalte entre los dientes de las especies bovina y humana con cualquiera de los materiales utilizados, aunque los valores eran siempre ligeramente inferiores con respecto a los dientes de la especie bovina.¹⁴
2. La fuerza de adhesión en la dentina bovina fue de 1.6 a 10.7 veces mayor en la capa superficial que en la capa profunda. La fuerza adhesiva de la capa superficial de la dentina no mostró diferencia estadísticamente significativa entre los dientes humanos y bovinos. Los valores medios fueron, sin embargo, siempre ligeramente inferiores con los dientes de la especie bovina con cualquiera de los materiales utilizados (policarboxilato, ionómero de vidrio, fosfato de zinc y resinas compuestas).¹⁴
3. Los dientes con más tiempo de extracción mostraron mayor adhesión que los recientemente extraídos. La adhesión a las superficies fue mayor con la ayuda de compuestos químicos, como el ácido grabador, tanto en dientes humanos como en los de bovino.



En conclusión los dientes de bovino fueron útiles en la prueba de adherencia como sustitutos de los dientes humanos mediante el uso de esmalte y de la capa superficial de la dentina.¹⁴

3. INVESTIGACIÓN.

3.1 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

En general los materiales dentales no son ni un esbozo de lo que eran hace unas cuantas décadas, pero una mención aparte merecen los sistemas de adhesión dental, los cuales han evolucionado sustancialmente para alcanzar las mejores propiedades físicas y químicas, para de esta manera, lograr los mejores resultados en cuanto a odontología restauradora se refiere. Sin embargo, uno de los problemas o desventajas de los sistemas de adhesión en la actualidad es el alto costo de éstos, por lo que es muy importante proponer alternativas como, por ejemplo, desarrollar un sistema de adhesión nacional que disminuya sustancialmente los costos de producción y tengan la suficiente calidad para utilizarse en la cavidad oral. Por lo que surge la pregunta de investigación ¿será posible desarrollar un sistema de adhesión que pueda ser utilizado para adherir resinas a los tejidos dentales?

3.2 JUSTIFICACION

La manufactura de los sistemas de adhesión actuales traen consigo un alto costo que se refleja en el desembolso que tienen que realizar los pacientes al ser restauradas sus piezas dentales, además de no siempre tener los efectos deseados, con respecto al tema se ha hecho muy poco a nivel nacional, sin embargo, los recursos y los conocimientos son suficientes para elaborar adhesivos dentales de excelente calidad y de esta manera no depender de las marcas internacionales.

Por este motivo, en el Laboratorio de Materiales Dentales, de la DEPeI se están realizando investigaciones y reforzando los conocimientos para el desarrollo de un adhesivo. Con el desarrollo de un sistema adhesivo nacional se podrán disminuir notablemente los costos de las

restauraciones adhesivas y los pacientes podrán tener mayor posibilidad de atender su salud dental.

3.3 OBJETIVOS.

3.3.1 OBJETIVO GENERAL.

Comparar la fuerza de adhesión de un sistema de adhesión experimental basado en las moléculas BIS-GMA/HEMA con diferentes disolventes, en dientes de bovinos.

3.3.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Elaborar tres adhesivos experimentales con base en BIS/GMA con diferente disolvente cada uno (alcohol etílico, alcohol isopropílico y acetona).
- Determinar la fuerza de adhesión con el adhesivo experimental BIS-GMA/HEMA con alcohol etílico como disolvente.
- Determinar la fuerza de adhesión con el adhesivo experimental BIS-GMA/HEMA con alcohol isopropílico como disolvente.
- Determinar la fuerza de adhesión con el adhesivo experimental BIS-GMA/HEMA con acetona como disolvente.

3.4 HIPÓTESIS.

El adhesivo experimental con formulación BIS-GMA/HEMA con disolvente isopropanol, presentará los valores más elevados en la prueba de adhesión con respecto a los que en su formulación contienen acetona o etanol.

3.5 METODOLOGÍA.

3.5.1 UNIVERSO DE TRABAJO.

Adhesivos Dentinarios Experimentales elaborados en el Laboratorio de Materiales Dentales de la DEPEl, Facultad de Odontología, UNAM.

restauraciones adhesivas y los pacientes podrán tener mayor posibilidad de atender su salud dental.

3.3 OBJETIVOS.

3.3.1 OBJETIVO GENERAL.

Comparar la fuerza de adhesión de un sistema de adhesión experimental basado en las moléculas BIS-GMA/HEMA con diferentes disolventes, en dientes de bovinos.

3.3.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Elaborar tres adhesivos experimentales con base en BIS/GMA con diferente disolvente cada uno (alcohol etílico, alcohol isopropílico y acetona).
- Determinar la fuerza de adhesión con el adhesivo experimental BIS-GMA/HEMA con alcohol etílico como disolvente.
- Determinar la fuerza de adhesión con el adhesivo experimental BIS-GMA/HEMA con alcohol isopropílico como disolvente.
- Determinar la fuerza de adhesión con el adhesivo experimental BIS-GMA/HEMA con acetona como disolvente.

3.4 HIPÓTESIS.

El adhesivo experimental con formulación BIS-GMA/HEMA con disolvente isopropanol, presentará los valores más elevados en la prueba de adhesión con respecto a los que en su formulación contienen acetona o etanol.

3.5 METODOLOGÍA.

3.5.1 UNIVERSO DE TRABAJO.

Adhesivos Dentinarios Experimentales elaborados en el Laboratorio de Materiales Dentales de la DEPEl, Facultad de Odontología, UNAM.

- Selección de la Muestra

Adhesivos de la Formulación BIS-GMA/HEMA con diferentes disolventes (alcohol, acetona e isopropanol).

3.5.2 MATERIAL Y MÉTODO.

En *primer* lugar se elaboraron los adhesivos experimentales con diferentes disolventes; para ello cada uno de los componentes fue pesado usando una balanza analítica (Adventure, China), de acuerdo a la siguiente formulación:

- Monómero (BIS-GMA): 35 g
- Copolímero (HEMA): 15 g
- Activador e Iniciador: dimetil p-toluidina (DMPT) 0.05 g y canforoquinona (CPQ) 0.15 g
- Disolventes: alcohol 49.8 g, o acetona 49.8 g o isopropanol 49.8 g. (Un disolvente por cada adhesivo experimental).

Posteriormente fueron mezclados bajo agitación magnética, BIS-GMA, HEMA, y el disolvente correspondiente, una vez mezclado homogéneamente se agregaron por último el activador (DMPT) y el iniciador (CPQ) para exponerlos el menor tiempo posible a la luz. Al final se depositaron en frascos de cristal color ámbar (Figura 1).



Figura 1. Tres adhesivos experimentales con base en BIS-GMA/HEMA

- Elaboración de las muestras (piezas dentales).

Para esta investigación, se utilizaron dientes anteriores de bovino, los cuales fueron extraídos tres días antes de comenzar a elaborar las muestras, una vez limpios (libres de sarro y tejidos blandos) fueron conservados en agua desionizada (Figura 2). Los incisivos más grandes fueron seccionados en una recortadora con disco de acero inoxidable, para lo cual se montaron en superficies acrílicas de la siguiente manera: se centraron los dientes en la base acrílica, se colocó acrílico de polimerización rápida (Nic-tone) en la raíz, debajo del cuello y en el borde incisal de la corona, con el objetivo de que el diente no se desplazara al momento de realizar los cortes (Figura 3).



Figura 2. Algunos dientes de bovino utilizados en el estudio.

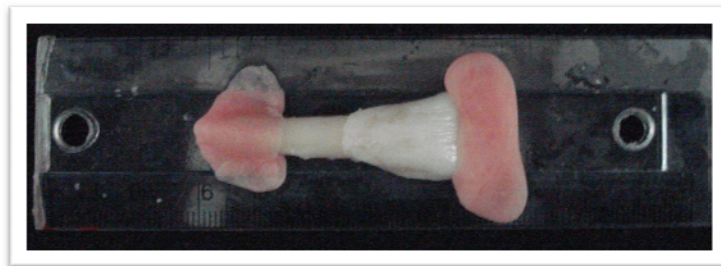


Figura 3. Diente montado en la superficie acrílica.

A continuación las muestras fueron montadas en la recortadora y se procedió a realizar los cortes. El primer corte se realizó en el cuello del diente con el fin de separar la raíz y los otros dos cortes se realizaron en la corona para de esta forma dividir la corona en sus tres tercios (cervical, medio e incisal), les fue retirada la pulpa cameral y fueron depositados en un frasco de vidrio con agua desionizada (Figura 4 y 5).

Figura 4. Primer corte realizado en el cuello del diente.

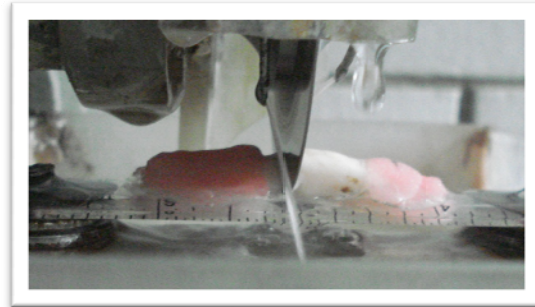


Figura 5. Corona seccionada entre tercios (cervical, medio e incisal).

Se formaron 3 grupos (uno por cada disolvente) seleccionando al azar 15 muestras para cada grupo, las cuales fueron incluidas de forma individual en acrílico autopolimerizable utilizando arillos de metal con un diámetro de 2.5cm x 1cm de altura aproximadamente, como se describe a continuación: se colocó vaselina en el interior de los arillos para facilitar el desalojo del acrílico.

Los cortes del diente fueron colocados en losetas de vidrio y adheridos con plastilina, de tal manera que la superficie vestibular quedara paralela

y en contacto con la loseta, con el fin de garantizar una posterior exposición uniforme de la dentina superficial (Figura 6).



Figura 6. Especímenes montados en una loseta, listos para su inclusión en acrílico.

A continuación fueron colocados los arillos, centrando cada muestra en ellos (Figura 7) y se agregó la mezcla del acrílico autopolimerizable (Nic-tone) de color rojo para las muestras del grupo de isopropanol, transparente para acetona y azul para etanol, para poder identificar cada grupo (Figura 8).

Figura 7. Muestras centradas en los arillos, previa colocación de vaselina.

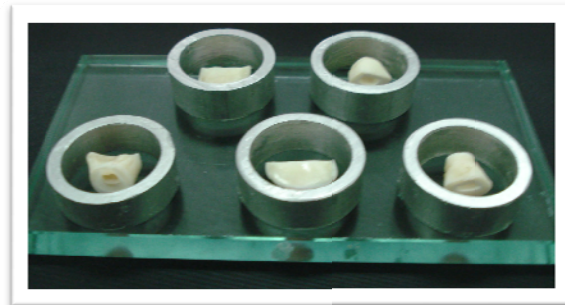


Figura 8. Cortes incluidos en acrílico Nic-tone de diferente color para su identificación.

Posterior a ello, se retiró el arillo, y se procedió a desbastar la muestra usando papel de carburo de silicio número 100 y 600 bajo irrigación para exponer la dentina superficial. Al realizar este procedimiento se tuvo cuidado en dejar las superficies paralelas (Figura 9). Al final las muestras fueron colocadas en un frasco de vidrio con agua desionizada y almacenadas en una estufa a 37°C.



Figura 9. Dientes incluidos en acrílico listos para la colocación de la muestra de resina.

- Colocación de las muestras de resina en dentina.

Una vez expuesta la dentina, se procedió a colocar las muestras de resina para ello se llevaron a cabo los siguientes pasos:

1. Se lavó la muestra con agua desionizada durante 20 segundos y se secó con algodón (Figuras 10 y 11).

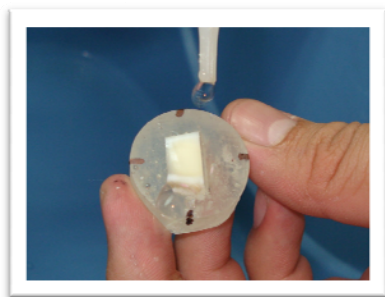


Figura 10. Lavado de la muestra con agua desionizada.

Figura 11. Secado de la muestra con algodón.



2. Se colocó ácido grabador (ácido fosfórico al 37%, Prodensa, lote 290509) con microbrush y se dejó 20 segundos, se enjuagó por el mismo tiempo con agua corriente y se secó con algodón (Figuras 12 y 13).

Figura 12. Colocación de ácido grabador.

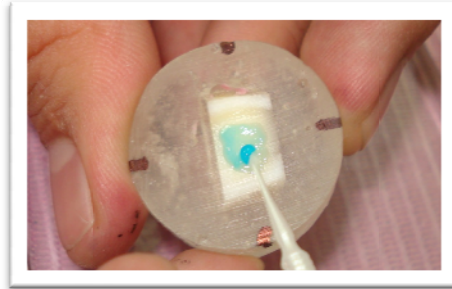
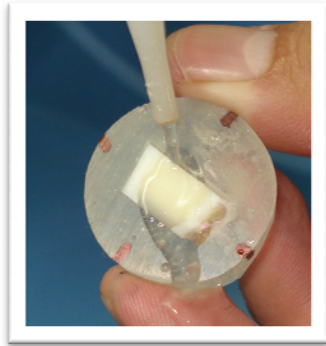


Figura 13. Se enjuagó la muestra para retirar el ácido grabador.

3. Se colocó el adhesivo (correspondiente al grupo) con microbrush de forma vigorosa durante 10 segundos y con aire a presión 5 segundos para evaporar el disolvente (Figuras 14 y 15).

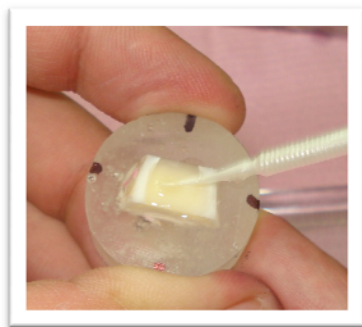
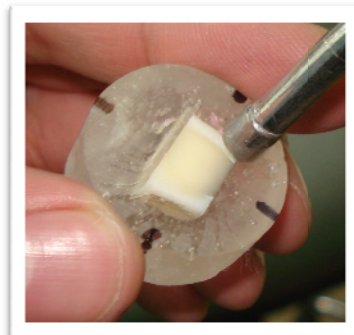


Figura 14. Aplicación del adhesivo dental de manera vigorosa.

Figura 15. Aplicación de aire a presión para evaporar el disolvente.



4. Se polimerizó el adhesivo con una lámpara LED (3M ESPE™ Elipar Free Light 2) durante 40 segundos (Figura 16).



Figura 16. Polimerización del adhesivo.

5. Se le colocó un molde de muestras flexible (2 mm de diámetro) sobre la dentina tratada teniendo cuidado de ubicar el orificio del molde en la dentina y se prensó con una pinza. Previamente se colocó aceite de silicón en el molde para facilitar el desalojo de la muestra de resina (Figura 17).



Figura 17. Colocación del molde y la pinza.

6. Se colocó la resina fotocurable nanohíbrida (DMP A2, lote sh25g, USA) hasta la mitad del orificio y se polimerizó durante 40 segundos,

posteriormente, se llenó totalmente el orificio, se colocó encima una cinta mylar y se polimerizó por 40 segundos más (Figura 18).



Figura 18. Colocación de la resina nano-híbrida.

7. Se retiró la cinta mylar, la pinza y el molde de muestras cuidadosamente (Figura 19).



Figura 19. Muestra de resina colocada en la superficie dentinaria.

8. Finalmente se depositaron en recipientes con agua desionizada para impedir que se golpearan las muestras. Se almacenaron en una estufa a 37°C, por 24 hrs.

El procedimiento se realizo con cada uno de los solventes, además cada muestra fue numerada y se anotó la hora en que finalizo el procedimiento para someterlo a la prueba de adhesión a las 24 horas.

- Evaluación de la fuerza de adhesión.

La fuerza de adhesión fue medida con una máquina universal de pruebas mecánicas INSTRON 5567. Se comenzó con el grupo de isopropanol, seguido por el de acetona y terminando con el de etanol (Figura 20).



Figura 20. INSTRON 5567

Se procedió a la medición de fuerza de adhesión a una velocidad prueba de 1mm /min.

Se colocó la muestra dentro del soporte de la máquina universal, se sujetó con un alambre de ortodoncia el cual ejerció la fuerza tracción que desprendería la muestra de resina (Figura 21).

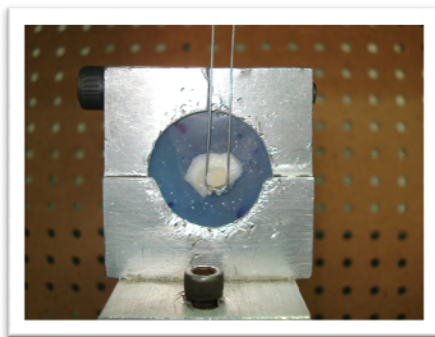


Figura 21. Muestra montada en la máquina universal

El resultado fue obtenido en newtons (N). Los dientes incluidos en el acrílico y las muestras de resina fueron rescatados para futuras evaluaciones.

3.6 RESULTADOS.

Los resultados de la prueba de adhesión del adhesivo experimental BIS-GMA/HEMA con los tres diferentes disolventes se presentan en las Tablas 1. En la Tabla 2 y Gráfica 1 se presentan los resultados promedio.

Tabla 1. Resultados de la prueba de adhesión en cada una de las 15 muestras de los tres grupos.

	ACETONA	ISOPROPANOL	ETANOL
Muestra 1	3.74	8.93	9.34
Muestra 2	0.33	66.14	6.86
Muestra 3	14.36	44.92	6.15
Muestra 4	2.01	5.73	18.11
Muestra 5	53.21	23.9	31.47
Muestra 6	40	18.78	5
Muestra 7	5.22	21.19	2.75
Muestra 8	22.64	34.43	33.53
Muestra 9	11.38	16.83	21.29
Muestra 10	7.64	9.4	52.16
Muestra 11	15.98	24.68	4.09
Muestra 12	4.43	6.96	22.85
Muestra 13		0.55	3.88
Muestra 14		5.13	20.92
Muestra 15		6.92	

Fuente directa

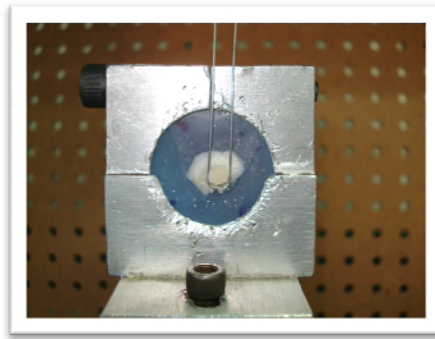


Figura 21. Muestra montada en la máquina universal

El resultado fue obtenido en newtons (N). Los dientes incluidos en el acrílico y las muestras de resina fueron rescatados para futuras evaluaciones.

3.6 RESULTADOS.

Los resultados de la prueba de adhesión del adhesivo experimental BIS-GMA/HEMA con los tres diferentes disolventes se presentan en las Tablas 1. En la Tabla 2 y Gráfica 1 se presentan los resultados promedio.

Tabla 1. Resultados de la prueba de adhesión en cada una de las 15 muestras de los tres grupos.

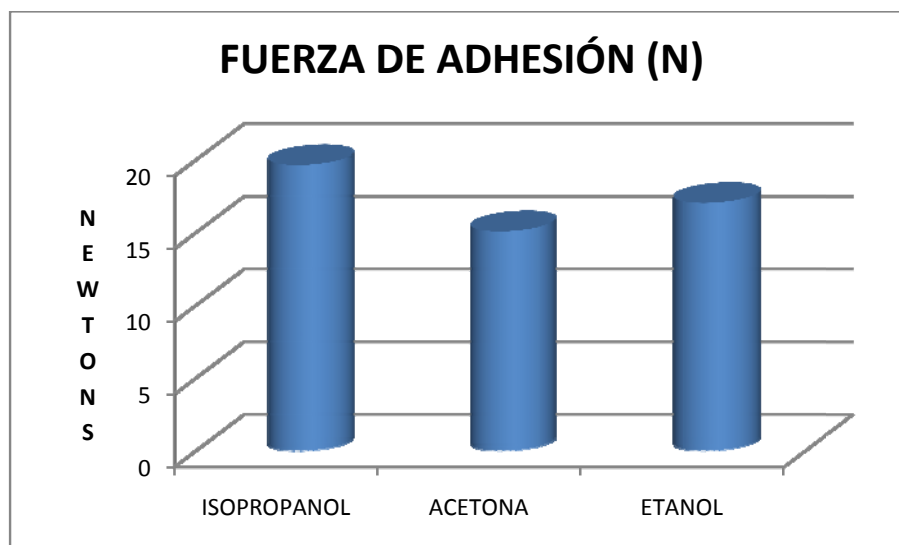
	ACETONA	ISOPROPANOL	ETANOL
Muestra 1	3.74	8.93	9.34
Muestra 2	0.33	66.14	6.86
Muestra 3	14.36	44.92	6.15
Muestra 4	2.01	5.73	18.11
Muestra 5	53.21	23.9	31.47
Muestra 6	40	18.78	5
Muestra 7	5.22	21.19	2.75
Muestra 8	22.64	34.43	33.53
Muestra 9	11.38	16.83	21.29
Muestra 10	7.64	9.4	52.16
Muestra 11	15.98	24.68	4.09
Muestra 12	4.43	6.96	22.85
Muestra 13		0.55	3.88
Muestra 14		5.13	20.92
Muestra 15		6.92	

Fuente directa

Tabla 2. Resultados de la prueba de adhesión. Se presenta el promedio y la D.E.

<i>DISOLVENTE</i>	<i>FUERZA DE ADHESIÓN (N)</i>	<i>DESVIACIÓN ESTANDAR (D.E.), (N)</i>
ACETONA	15	16
ISOPROPANOL	20	18
ETANOL	17	15

Gráfica 1. Fuerza de adhesión medida en N, en adhesivos experimentales basados en BIS-GMA/HEMA con diferentes solventes.



Como se puede observar en la Tabla 2 y en la Gráfica 1, las muestras preparadas con isopropanol mostraron los mayores valores de fuerza de adhesión, mientras que las muestras preparadas con acetona, los más bajos.

Los resultados fueron analizados con una prueba ANOVA de una vía en la cual no se encontraron diferencias estadísticamente significativas entre las diferentes formulaciones.

3.7 DISCUSIÓN

En este estudio se pudo observar que el adhesivo con disolvente isopropanol, tuvo los mejores resultados, obtuvo un promedio de 20 N. y no se perdió ninguna muestra.

El grupo con etanol estuvo en segundo lugar con un promedio de 17 N y solo se perdió una muestra, mientras que el grupo que arrojó los resultados más bajos fue el que contiene acetona al tener un promedio de 15 N y se perdieron tres muestras.

Es importante mencionar que de las 45 muestras que se realizaron se desprendieron cuatro antes de realizar las pruebas, de las cuales tres fueron en el grupo de acetona y una muestra en el de etanol. Esto se puede deber a múltiples factores que no se pueden controlar, uno de ellos y con mayor probabilidad es el uso de dientes de bovino, ya que es una estructura en la que no se puede tener ningún control.

Como se sabe, un buen adhesivo debe tener siempre las mejores propiedades físicas y químicas, para ello, componentes de calidad son importantes, pero más que eso deben ser compatibles entre ellos.

En el presente estudio se utilizaron disolventes, que a razón del conocimiento aprendido han sido utilizados con anterioridad pero con otras formulaciones, pero siempre conservando sus mismas características. En su estudio Neyra y cols,¹⁵ reportaron que los adhesivos dentinarios con solventes orgánicos especialmente el etanol, mejoran la capacidad de penetración del adhesivo en el sustrato dentario; este mismo autor hace referencia a estudios en los que Walshaw P.R. y cols, consideran que el uso de solventes volátiles promueven la humectación de la superficie y la penetración dentinaria; por otro lado, también hace referencia a Roig y Gay quienes mencionan que el etanol es el mejor disolvente y la evaporación es lenta, confiable, eliminando posibles fallas adhesivas.

También es importante subrayar que en sus investigaciones Van Landuyt y cols¹³, aseguran que los adhesivos que contienen HEMA son más susceptibles a la contaminación por agua ya que el HEMA del adhesivo no curado puede absorber el agua, conduciendo a la dilución de los monómeros en la medida en que se inhibe la polimerización.

Este punto es importante, ya que, los resultados obtenidos en este estudio pudieron haber sido modificados; se sabe que, pueden quedar atrapadas en los túbulos dentinarios pequeñas cantidades de agua. Esto puede alterar las propiedades del adhesivo, al estar en contacto HEMA con agua por su carácter hidrófilo y su potencial para ser contaminado con agua. De igual manera, secar la superficie y aunque los solventes utilizados pueden ayudar a evaporar pequeñas partículas de agua, no garantiza eliminar del todo este contaminante, por este motivo, es recomendable no desecar en exceso la superficie, teniendo precaución de dejarla ligeramente húmeda y realizar de manera rápida el procedimiento para minimizar los riesgos de contaminación del HEMA.

Los disolventes son sustancias capaces de disolver o dispersar una o más sustancias, cuando un disolvente disuelve un sólido o un líquido, las moléculas se separan unas de otras y los espacios son ocupados por moléculas del disolvente. La energía necesaria para romper los enlaces entre las moléculas del soluto es suministrada por la formación de enlaces entre las partículas del soluto y las moléculas del disolvente: las viejas uniones intermoleculares son sustituidas por nuevas. Los adhesivos dentales disueltos en acetona y etanol, se agregan para desplazar el agua de la superficie de la dentina, ya que al tener una presión de vapor superior facilita la penetración de los monómeros en la dentina desmineralizada y además la eliminación de partículas de agua.¹³

Teniendo en cuenta esta propiedad del alcohol y la acetona, además de conferirle al monómero menor viscosidad ayudándolo a penetrar los

túbulos dentinarios de manera más eficaz, fue por ello, que se seleccionaron estos disolventes como parte de la formulación.

La naturaleza de la dentina húmeda sólo permite una buena humectación cuando se aplica un agente de unión hidrofílico, al añadir monómeros hidrofílicos, por un lado, y un disolvente, por el otro, el comportamiento de mojado se mejora notablemente. La baja viscosidad de los *primers* y/o resinas adhesivas se debe en parte al uso de disolventes que mejoran su capacidad de difusión en la micro-retención sobre la superficie dental. En el caso de la unión a dentina secada por aire, el disolvente también debe ser capaz de expandir nuevamente la red colapsada de colágeno.¹³

El agua y el disolvente del adhesivo son eliminados por secado, dejando una capa de adhesivo sobre el sustrato, que favorece el contacto con la resina adhesiva y evita la interacción con agua.

El hecho de utilizar un sustrato dentinario húmedo es indispensable, debido a los componentes hidrófilos del adhesivo, ya que ayudan a estabilizar la superficie desmineralizada después del grabado y evita se colapsen las fibras de colágeno, por ello, en esos sistemas adhesivos es inadecuado un secado excesivo, ya que se provoca, colapso de las fibras, sellado automáticos de las microporosidades, dando lugar a un sustrato difícil de penetrar y humectar.

Por otra parte, aunque el uso del isopropanol como disolvente no ha sido reportado, sus características como disolvente son buenas, ya que tiene una volatilidad intermedia que facilita su manejo, por su punto de ebullición (82°C), que permite su destilación de los extractos, por su poder disolvente amplio (menos polar que el etanol) y por su olor suave y agradable, aunque su toxicidad es por lo menos el doble que la del etanol. Las características más importantes que debe presentar un buen adhesivo, en esencia son cinco: momento bipolar, su constante

dieléctrica, su punto de ebullición, su presión de vapor y su capacidad para formar uniones de hidrógeno.

La presión de vapor garantiza una adecuada evaporación de los disolventes después de ser aplicados sobre el tejido dental-

Una alta constante dieléctrica es capaz de disolver redes iónicas y compuestos polares, como es el caso del agua en los adhesivos que lo contengan, mientras que la capacidad de disolución está determinada por su capacidad de formar enlaces de hidrógeno. Sin embargo, el agua es un mal disolvente de compuestos orgánicos como los monómeros, esta dificultad se supera añadiendo a la formulación, disolventes como etanol o acetona.¹³

En los adhesivos de grabado y enjuague, el agua es capaz de expandir nuevamente la red de colágeno colapsada. Gracias a su alta constante dieléctrica, el agua es capaz de romper los enlaces de hidrógeno entre la fibras de colágeno, sin embargo, su alto punto de ebullición y su baja presión de vapor implica que ésta sea difícil de eliminar del adhesivo después de la aplicación al diente.

Por otro lado, Van Landuyt y cols ¹³, demostraron que los monómeros, como el HEMA, disminuyen la presión de vapor del agua y pueden interferir con la remoción de pequeñas cantidades de agua; también demostraron que cuando se usa como disolvente el agua en los adhesivos, se compromete la resistencia de unión entre el diente y el adhesivo, debido a la formación de ampollas de agua (fenómeno de overwet).

Se pueden mencionar muchos factores que pueden alterar las propiedades de un adhesivo, desde su composición, manipulación e incluso la selección y utilización del ácido grabador, ya que no es lo mismo utilizar acetona, etanol o isopropanol como disolventes por los



motivos antes mencionados o utilizar una lámpara LED o una de halógeno por la longitud de onda que abarcan. Todo lo anterior son factores primordiales a tomar en cuenta, para el uso de los sistemas de adhesión.

3.8 CONCLUSIÓN.

La formulación del adhesivo con disolvente isopropanol, obtuvo los mejores resultados y el que contiene acetona, presento los valores más bajos.

Aunque no se obtuvieron resultados elevados, se cumplió la hipótesis del estudio, en la cual se mencionaba que se encontrarían altos valores en las pruebas de adhesión en el grupo con formulación BIS-GMA/HEMA usando como disolvente isopropanol,

Con estos resultados se cuenta con una base para modificar la formulación y obtener mejores resultados en el futuro.

4. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.

1. Gartener LP, Hiatt JL. Texto Atlas de Histología, 2da. Edición, México D.F, Editorial Mc Graw-Hill, 2002, 120-130
2. Gómez de Ferraris M, Campos M. Histología y Embriología Bucodental. 2ª edición. España, Editorial Panamericana, 2003. 237-240, 273-278
3. Steenbecker O, Garone W, Da Souza C, Echeverria J, Númez N, Priotto E. Principios y bases de los biomateriales en operatoria dental estética adhesiva: propiedades, principios y fundamentos. 1ª edición. Chile, Editorial Universidad de Valparaiso, 2006. 171-363
4. Anusavice K.J. Ciencia de los materiales dentales de Phillips. 10ª edición. México Editorial Mc Graw-Hill Interamericana, 2004, 26-29
5. Barceló F, Palma. Materiales dentales: conocimientos básicos aplicados. 1ª edición. México Editorial Trillas, 2002, 50-100
6. Koubuchi H., Yasuda N, Nakabayashi N.. Bonding to dentin with a self-etching primer; the effect of smear layer. Dental Materials 2001; 17: 122-126.
7. Hobsona RS, McCabeb J F, Hogg SD. Bond strength to surface enamel for different tooth types. Dental Materials 2001, 17: 184-187.
8. Labella R, Lambrechts P, Meerbeek Van B, Vanherle G. Polymerization shrinkage and elasticity of flowable composites and filled adhesives. Dental materials 1999; 15: 128-137.
9. Cova J. Biomateriales Dentales. 1a edición. México, Editorial AMOLCA, 2004, 123-130
10. Barrancos J. Operatoria Dental Integración Clínica, 4ª edición. Argentina, Editorial Médica Panamericana. 2006, 567-603
11. Bolaños Carmona V, González López S, Briones Lujan T, De Haro-Muñoz C. Effects of etching time of primary dentin on interface morphology and microtensile bond strength. Dental Materials 2006; 22: 1121- 1226

12. Carrillo C. Dentina y adhesivos dentinarios. Conceptos actuales. ADM 2006 LXIII (2), 45,61
13. Landuyt VK, Snauwaert J, De Munck J, Pneumans M, Yoshida Y, *et-al.* Systematic review of the chemical composition of contemporary dental adhesives. Biomaterials 2007; 28: 3757- 3785.
14. Nakamichi I, Iwaku M, Fusayama T. Bovine Teeth as Possible Substitutes in the Adhesion Test. Journal of Dental Research 1983; 62(10):1076-1081.
15. Neyra CO, Pérez TH, Iturri RI. Capacidad de penetración de los agentes adhesivos con acondicionamiento total que utilizan varios solventes. KIRU 2004;1 (2): 81-85