



**UNIVERSIDAD DE CHILE**



**FACULTAD DE ODONTOLOGIA**

**DEPARTAMENTO DE ODONTOLOGÍA REATAURADORA**

**ÁREA BIOMATERIALES DENTALES**

**“Análisis comparativo *in vitro* del grado de filtración marginal de restauraciones de resina compuesta realizadas con el sistema adhesivo XP BOND™ utilizado con y sin grabado ácido total”.**

**Juan Pablo Cabezas Galleguillos.**

**TRABAJO DE INVESTIGACION  
REQUISITO PARA OPTAR AL TITULO DE  
CIRUJANO-DENTISTA**

**TUTOR PRINCIPAL**

**Profesor Dr. Marcelo Bader M.**

**TUTORES ASOCIADOS**

**Profesor Dr. Pedro Terrazas S.**

**Santiago - Chile**

**2012**

***Dedicado a mi familia***

## **AGRADECIMIENTOS.**

Ha llegado la hora de cerrar un ciclo de 6 años. 6 años de sacrificios, tristezas y sobre todo alegrías. Parece mentira que este periodo de tiempo se pasara tan rápido. Recuerdo latente ese 6 de Marzo del año 2006 donde un niño lleno de ilusiones y sueños entraba por las puertas de la escuela de Odontología de la Universidad de Chile y hoy veo salir un hombre con sueños más ambiciosos y más claros.

Por todo esto me gustaría agradecerles a todas las personas que me tendieron una mano, para llegar hasta aquí y por darme ayuda, fuerzas y energías, cuando estas mismas parecían acabarse:

- Al colegio Saint Rose School, y a todos mis amigos que aun conservo, por haberme dado las herramientas y experiencias necesarias, para poder entrar y desenvolverme en la Universidad de Chile.
- A mis grandes amigos del colegio Pedro, Ignacio, Alex, Muriel, Paulina C, Paulina D, Rodrigo, Andrea, Natalia y Rodrigo. Por todos los momentos vividos, que sin duda forman parte de mi archivo personal.
- A todos los funcionarios que forman parte de la Facultad de Odontología de la Universidad de Chile y siempre están para facilitar los medios de aprendizaje con una sonrisa acogedora.
- Al Dr. Marcelo Bader y al área de biomateriales en general, por haberme ayudado en todo lo necesario para desarrollar este trabajo de investigación.
- A mis amigos de la Universidad, en especial Lucho, Gonzalo, Bambi, Pamela, Cota, Matias, Gianfranco y Consu por el constante apoyo, y buenos momentos.
- A todas las personas que desinteresadamente alguna vez, estuvieron o dándome un consejo o ayudándome con mi desarrollo personal y profesional.
- Por último me gustaría agradecerle a mi familia, a mis padres, mis abuelitas, mi hermano Sebastián, mi primo Cristian, mis primos y tíos en general por ser los grandes responsables de mi formación como ser humano y por el amor que siempre me han dado.

- ÍNDICE.

	Página N°
-	
-	
- RESUMEN.....	1
-	
- INTRODUCCIÓN.....	3
-	
- MARCO TEÓRICO.....	5
-	
- HIPÓTESIS.....	34
-	
- OBJETIVO GENERAL.....	34
-	
- OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	34
-	
- MATERIAL Y MÉTODO.....	35
-	
- RESULTADOS.....	40
-	
- DISCUSIÓN.....	48
-	
- CONCLUSIONES.....	52
-	
- SUGERENCIAS.....	53
-	
- REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	54.
-	

## **RESUMEN.**

Se realizó un estudio comparativo *in vitro* con el objetivo de evaluar y comparar la microfiltración marginal de dos técnicas de obturación utilizando el mismo sistema adhesivo, XP-Bond®. En un grupo se realizaron restauraciones de resina compuesta mediante la técnica de grabado y lavado convencional y en otro grupo se realizaron obturaciones como si el sistema adhesivo fuese autograbante, es decir sin grabado y lavado.

Para poner de manifiesto la microfiltración marginal se utilizaron 30 molares sanos, recientemente extraídos a los cuales se les realizó dos cavidades operatorias estandarizadas ubicadas en el tercio medio de las caras vestibular y palatino/lingual.

Posteriormente se obturaron las cavidades con una misma resina compuesta (Ceram-X® duo), utilizando el sistema adhesivo XP-Bond®. En las cavidades vestibulares, se realizaron las obturaciones bajo la técnica de grabado y lavado convencional y en las cavidades palatinas o linguales, las piezas se restauraron mediante la técnica de adhesivo autograbante, es decir sin grabado y lavado.

Con el deseo de visualizar el grado de microfiltración marginal de las restauraciones sometidas a prueba, los molares estudiados fueron expuestos a un proceso de termociclado en una solución acuosa de azul de metileno al 1% durante 100 ciclos.

Una vez realizados los 100 ciclos las muestras fueron cortadas transversalmente pasando por la mitad de las restauraciones y así exponer la interfase diente restauración.

Los cortes transversales se observaron en el microscopio óptico para medir el grado de microfiltración de azul de metileno en la interfase diente restauración.

Los resultados obtenidos en porcentajes de los grupos de prueba, se sometieron al análisis estadístico con el test T de Student, encontrándose

diferencias estadísticamente significativas. Las restauraciones que se realizaron con el adhesivo XP-Bond® utilizado mediante la técnica de grabado y lavado convencional presentaron menor microfiltración que las restauraciones que utilizaron el mismo adhesivo bajo la técnica de autograbado.

## **INTRODUCCIÓN.**

Día a día, el odontólogo se enfrenta a una serie de patologías propias del área que le concierne. Dentro de estas patologías, las más comunes, son la caries y la enfermedad periodontal, teniendo éstas una prevalencia muy alta no solo a nivel nacional, sino también a nivel mundial (1,2).

La caries es una patología con una incidencia en la población mundial de aproximadamente un 94 % y en Chile de un 98%, debido a lo cual, constituye uno de los mayores problemas de salud pública en el mundo. (3) Posee una etiología multifactorial y es comúnmente crónica. Dentro de los múltiples factores, tenemos tres factores primarios que son: el hospedero representado por los dientes, el huésped por la microbiota de la región y el sustrato, la dieta consumida. Estos tres factores primarios representan la clásica tríada de Keyes, a la cual se ha agregado un cuarto factor que es el tiempo en que ellos coexisten (2). El mecanismo fisiopatológico de expresión de la caries es una pérdida localizada de minerales en los dientes afectados. Dicha desmineralización es causada por ácidos orgánicos provenientes del metabolismo microbiano de los carbohidratos de la dieta.

La caries dental provoca un daño que si no es detectado, ni tratado oportunamente, se hará irreversible desde el punto de la autoreparación, es decir, será imposible remineralizar de los tejidos afectados. Cuando así ocurre, la vía de tratamiento debe ser necesariamente quirúrgica invasiva, dejando una secuela de la enfermedad sobre la pieza dañada, que se manifiesta por una cavitación de mayor o menor envergadura según haya sido la severidad de la lesión (2). Una vez realizada la extirpación quirúrgica, la cavidad en cuestión debe ser rehabilitada y para estos fines, la industria del rubro ha desarrollado a lo largo del tiempo una amplia gama de biomateriales de obturación, cuyas principales funciones son sellar la pieza dentaria y restituir su integridad dañada no tan sólo por caries, sino también por, fracturas, erosiones o preparaciones cavitarias.

Existen materiales de restauración directos e indirectos (4). Dentro de los materiales directos, los primeros materiales dentales usados para restaurar las piezas dentarias fueron metales como el oro y aleaciones como amalgama de plata, material extensamente usado en las restauraciones de las piezas posteriores debido principalmente a su fácil manejo, bajo costo, desempeño y duración clínica.

Sin embargo, Con el transcurrir del tiempo, los requerimientos estéticos de nuestros pacientes (2) han llevado a un aumento de la demanda por restauraciones más naturales desde el punto de vista de su similitud a las estructuras dentarias, apareciendo entre ellas las Resinas Compuestas, que corresponden a un polímero formado por una matriz orgánica, una fase inorgánica y una fase de acoplamiento entre ambas (5).

Estos materiales han sufrido una serie de modificaciones a través del tiempo en busca de un mejor desempeño clínico y mejores propiedades estéticas y mecánicas (5), y si bien constituyen un excelente material de obturación, siguen teniendo problemas dentro de los cuales se pueden mencionar su falta de adhesión específica a las estructuras dentarias y la contracción del material producto de la polimerización (6).

La contracción de polimerización y la falta de adhesión, puede generar una brecha entre el diente y la restauración, fracasando el sellado marginal, produciéndose así la infiltración, que es el proceso mediante el cual penetran fluidos orales, bacterias, moléculas y/o iones a la interfase entre la pared cavitaria y la restauración (5).

Para mitigar los problemas anteriormente señalados, es primordial la unión fuerte y duradera que se debe generar entre la restauración y la estructura dentaria, de manera de lograr una adhesión que impida que la contracción genere una brecha marginal y así se logre el sellado marginal adecuado para impedir la filtración y se facilite la permanencia en boca de la restauración, por lo tanto, uno de los objetivos de la Odontología restauradora actual es la adhesión del material en forma permanente a las estructuras dentarias (4).

## **MARCO TEÓRICO.**

Nuestra principal responsabilidad y objetivo como odontólogos es mantener la integridad del Sistema Estomatognático. Por ello cada vez que se presenta alguna alteración en este sistema se deben otorgar soluciones adecuadas.

Actualmente el gremio odontológico se ha esforzado por dar solución a las patologías bucales más prevalentes en la población mundial, como son las enfermedades periodontales y la caries en sus diversas formas (1,2).

Es por ello que cobra vital importancia el rol de la odontología restauradora en situaciones donde se observa pérdida de tejido, ya sea por la presencia de caries u otras patologías de menor incidencia como los traumatismos dentoalveolares, puesto que es la especialidad encargada de rehabilitar la estructura dentaria dañada (1,7).

Los objetivos que persigue la odontología restauradora son (1):

- Devolver la forma anatómica; teniendo en consideración todos los hitos anatómicos de la estructura a restaurar.
- Armonía óptica con el remanente dentario; tanto en color, tamaño y forma.
- Integridad marginal que impida la aparición de una interfase diente restauración.
- Devolver y mantener la salud del complejo pulpodentario y el estado óseoperiodontal.

Para conseguir lo anterior, el profesional debe seleccionar el material más adecuado a la situación que se nos presente y para ello es que debe tener en consideración todos aquellos aspectos relacionados con las propiedades de los materiales.

Dentro de las restauraciones estéticas directas en la historia, se han desarrollado cuatro tipos de materiales dentales:

### **1.- Cementos de Silicatos:**

Este biomaterial odontológico, fue el primer material de obturación translúcido en aparecer (1878) y por mucho tiempo fue ampliamente utilizado para restaurar preparaciones dentarias en los dientes anteriores. Se presentaba en dos fases, el polvo del cemento que estaba formado por cristales solubles en ácido, y el líquido, que contenía ácido fosfórico, agua y agentes amortiguadores. Como ventajas, estos materiales poseían un coeficiente de variación dimensional térmica similar al de los tejidos dentarios, propiedades anticariogénicas por la presencia de un 20% de fluoruros en la composición del polvo, bajo costo, además de un aspecto muy parecido al diente (8). Como desventajas, estos cementos, eran muy solubles y no resistían la desintegración en el entorno bucal, perdían el contorno y cambiaban de color debido a la pigmentación y a la deshidratación afectando la apariencia estética de la restauración. (8,9) Otra característica no deseable era que ejercían una acción muy nociva sobre la pulpa dentaria, ya sea por su acidez y/o por su nula adhesión a los dientes que facilitaba la microfiltración, lo que obligaba a utilizar un protector pulpar que no siempre impedía injurias posteriores. (13) Por todas las desventajas nombradas, especialmente por los resultados estéticos en el tiempo, es que actualmente no se utilizan.

## **2.- Resinas Acrílicas sin relleno:**

Surgen, como un material alternativo a los cementos de silicatos, en el año 1945. Estos biomateriales fueron mejorando hasta convertirse en un material bastante utilizado en la década de 1960. Los acrílicos sin relleno, o resinas acrílicas, son materiales de origen orgánico, y por lo mismo poseen todas las propiedades que corresponden a esta clase de materiales. (10) Aunque eran insolubles y no se deshidrataban como los silicatos, poseían desventajas tales como su gran contracción de polimerización y sus grandes cambios dimensionales térmicos, favoreciendo la microfiltración. Además poseían otras características no deseables, como su escasa rigidez y pobre resistencia mecánica al desgaste, todo lo cual finalmente derivaba en la pérdida de la restauración, la necesidad de su recambio o la aparición de caries secundaria. (13) A todo esto se le sumaba la variación de color debido a cambios estructurales intrínsecos o a la pigmentación que experimentaban a través del tiempo, a pesar que recién instalados su estética

era aceptable. Estas propiedades negativas se debían a la estructura química que tienen los materiales de origen orgánico, a la presencia de un monómero de bajo peso molecular, al sistema de activación utilizado y a la gran cantidad de monómero residual presente por unidad de volumen de la restauración. (10)

### **3.- Cementos de Ionómero:**

Aparecieron en el año 1972, como derivados de los cementos de silicato buscando suplir las deficiencias de estos, tales como la falta de adhesión a la estructura dentaria y la excesiva acidez. También se presentan en dos fases, en forma de un polvo y un líquido, que al ser mezclados forman una pasta trabajable. El polvo se compone de un flúor alúmino-silicato de calcio y en cantidades menores sodio, fosfatos y fluoruros. El líquido se compone de varios ácidos, siendo el más importante de ellos el ácido poliacrílico. Presentan una serie de ventajas como unión química a las estructuras dentarias, liberación de flúor en el tiempo, coeficiente de variación térmica similar al del diente, entre otras. Sin embargo, actualmente como materiales de restauración se utilizan fundamentalmente para restaurar las lesiones cervicales.

Estos cementos presentan solubilidad en el medio bucal y su aspecto óptico es inferior al de los silicatos (5,8).

### **4.- Resinas Compuestas:**

Las resinas compuestas, también conocidas como resinas de dimetacrilato reforzadas, surgen en la década de 1960 y su empleo se ha ido incrementando progresivamente, hasta convertirse en el material más usado en restauraciones estéticas directas (11). Éstas tienen sus orígenes en las resinas acrílicas, las que consistían en una mezcla de finos granos de prepolímero (polvo), más un líquido, que contenía monómero de metacrilato de metilo, un agente de cadenas cruzadas y activadores, según fuera el sistema de polimerización. (12)

Debido a que los materiales mencionados, presentaban características no deseables, se trató de incorporar un relleno a este monómero, con el fin de aumentar su resistencia mecánica y disminuir los cambios dimensionales atribuidos al metacrilato de metilo. R. L. Bowen, en la década de 1960, sintetizó un

nuevo monómero, derivado de la combinación de una molécula epóxica como el bisfenol A con un glicidil dimetacrilato. La molécula resultante fue denominada BIS-GMA y poseía un mayor peso molecular que los monómeros de las resinas acrílicas. Además, a esta molécula, se le agregaron partículas de relleno inorgánico, las que fueron tratadas superficialmente con un vinil silano, con el fin de permitir una buena unión entre ambas partes. (13) De esta forma se lograba disminuir la contracción de polimerización y el alto coeficiente de expansión térmica, además de aumentar su resistencia mecánica y disminuir los riesgos de posibles daños pulpares, todas estas propiedades, no deseables, atribuidas a las resinas acrílicas. (14)

Con la síntesis de esta nueva molécula comienza el auge de las resinas compuestas.

Las resinas compuestas se definen como: “una combinación tridimensional de al menos dos materiales químicamente diferentes con una interfase distinta que une los componentes” (15). De acuerdo a lo anterior las resinas compuestas contienen una mezcla de partículas inorgánicas duras unidas por una matriz resinosa suave, y por ello se componen básicamente de tres fases:(7,16)

*Fase orgánica o Matriz:* Corresponde a una combinación de monómeros, a un sistema iniciador para la polimerización por radicales libres y estabilizadores para maximizar la estabilidad de almacenamiento de la resina compuesta no polimerizada y la estabilidad química de la resina polimerizada (16). El monómero principal de la fase orgánica, denominado BIS-GMA, como ya se mencionó, fue desarrollado a partir de una resina epóxica, cuyos grupos terminales son reemplazados por grupos metacrilato que son más susceptibles de polimerizar. Como resultado no se obtiene una resina epóxica, sino un metacrilato aromático que da más rigidez y resistencia a la molécula. Una de las principales características del BIS-GMA es su alta viscosidad al momento de utilizarse solo, lo que dificulta su manipulación. Por ende se utilizan otros monómeros de dimetacrilato con peso molecular más bajo con el objeto de lograr una adecuada viscosidad para la incorporación de los rellenos. Generalmente, los monómeros utilizados como diluyentes del BIS-GMA son el metacrilato de metilo (MMA), el

dimetacrilato de tetraetilenglicol (TEGDMA) y el etilenglicol dimetacrilato (EDMA). Al bajar la viscosidad de la mezcla monomérica se puede incorporar más relleno dentro de ella (16). En otras resinas compuestas, el BIS-GMA es remplazado por dimetacrilato de uretano o por una mezcla de ambos (16,17,18).

*Relleno inorgánico:* Representado por partículas inorgánicas que se agregan en forma dispersa a la matriz resinosa con el objeto de mejorar sus propiedades físicas y mecánicas. Esta fase inorgánica, es la que potenciará en gran medida las propiedades de las resinas compuestas, en comparación a los antiguos materiales estéticos, además, mejora la capacidad de manipulación del material, le otorga radiopacidad, aminora los cambios dimensionales térmicos y la contracción de polimerización (16,19).

En general, las resinas compuestas tienen un coeficiente de expansión térmica que equivale a un tercio o a la mitad del correspondiente a las resinas acrílicas sin relleno, y por lo tanto se aproximan un poco más al valor que posee la estructura dentaria (20).

*Agente de acoplamiento:* Para tener un comportamiento mecánico adecuado del material, tiene que existir una buena unión entre la matriz y el relleno, esto es necesario tanto para lograr las mejores propiedades mecánicas como también para evitar que penetre agua en la interfase matriz-relleno. El agente de acoplamiento cubre el sustrato inorgánico y actúa como elemento de unión química a la matriz orgánica otorgando cohesión al material (7). Los agentes de acoplamiento más utilizados son los compuestos órgano-silanos, que son moléculas con doble polaridad, es decir, bifuncionales, ya que pueden reaccionar mediante enlaces de tipo covalente con la superficie orgánica y por enlaces iónicos a la superficie inorgánica, de esta manera este órgano-silano une químicamente el relleno a la matriz resinosa (16). El tipo de silano usado en cada producto particular normalmente se desconoce (21).

Hoy en día, las resinas compuestas son el material de restauración más ampliamente usado en el mundo y se ha desarrollado una gran variedad de ellas.

Dentro de las principales ventajas de las resinas compuestas podemos mencionar:

- Estabilidad de color, cuando su polimerización es activada físicamente.
- Muy buenas cualidades estéticas.
- Gran resistencia a la fractura y al desgaste.
- Gran fuerza de adhesión a las estructuras dentarias, cuando se realiza un correcto procedimiento adhesivo complementario.
- Radiopacidad, en la gran mayoría de ellas.
- Fácil manejo clínico, acabado y pulido (4, 5,9).

Con objetivos didácticos y de comprensión de estos biomateriales odontológicos, se han creado diversas clasificaciones de las Resinas Compuestas.

Algunos de los parámetros para clasificarlas son (9,22):

### **1. Según la composición de la matriz:**

Las resinas compuestas en su matriz pueden tener monómeros principales a base de BIS-GMA, de UDMA o una mezcla de ambos.

### **2. Según el tipo de relleno:**

Se han utilizado diversos tipos de relleno en las resinas compuestas. Originalmente, se utilizó partículas de cuarzo de forma irregular, de gran tamaño (30 a 50 $\mu$ ) y dureza. Pasando por una gran variedad de partículas inorgánicas como: Partículas de Sílice coloidal esféricas de entre 0.02 a 0.04 $\mu$ m de diámetro, cuarzo, Borosilicato, Estroncio o Circonio, Silicato de litio, Silicato de Aluminio, y diversos vidrios de Aluminosilicatos. Hoy en día, las partículas de relleno más utilizados son vidrio de bario, zinc e itrio (7). Dentro de las partículas de relleno, buenos resultados se han logrado con la utilización de silicato y aluminio, ya que poseen un coeficiente de expansión negativo, motivo por el cual se reduce aún más este coeficiente en la resina compuesta (20).

Por otro lado, las partículas de relleno pueden tener diversas formas, tales como, forma de fibra, forma esférica, forma irregular y plana, y su tamaño puede variar hasta un máximo de 40 $\mu\text{m}$  o incluso 60 $\mu\text{m}$ . A pesar de lo anterior, en la actualidad la tendencia es disminuir el tamaño partículas de tal manera que el diámetro promedio actual es del orden de 0.4 a 0.8 $\mu\text{m}$  (20).

La composición del relleno suele modificarse con otros iones para lograr obtener propiedades determinadas. Por ejemplo, añadiendo bario, zinc, boro, circonio e itrio se consiguen partículas de relleno más radiopacas. Sin embargo, si la modificación es excesiva y se reemplaza la estructura de sílice se puede afectar la eficacia del agente acoplador (20).

### **3. Según el sistema de Polimerización:**

La Polimerización de las resinas compuestas, es en otras palabras, el endurecimiento de estos materiales. Este proceso se lleva a cabo mediante reacciones químicas que ocurren entre las pequeñas moléculas o monómeros que componen la matriz, para formar una gran molécula o polímero. Para que la polimerización se realice, los monómeros deben ser activados a través de un agente iniciador; esta sustancia iniciadora genera radicales libres en los monómeros, es así, los que al quedar con un electrón impar se transforman en un compuesto altamente reactivo, facilitando su reacción y unión con otros monómeros (16).

El iniciador puede ejercer su función, siempre y cuando éste sea accionado por un agente activador, el cual, debe otorgarle al iniciador una cantidad de energía suficiente para que este rompa un doble enlace de carbono de una molécula de monómero y así queden electrones libres capaces de reaccionar con otras moléculas de monómero hasta completar la polimerización (9). El agente iniciador puede activarse a través de medios químicos o físicos.

El proceso anteriormente descrito, en el caso de las resinas compuestas, es un tipo de reacción por adición mediante radicales libres, la que ocurre en tres etapas a saber:

*Etapa de Iniciación:* la molécula del agente iniciador (peróxido o dicetona), se energiza y se activa, formando radicales libres, lo que representa energía extra al sistema, la cual, es transmitida a las moléculas de monómero, permitiendo el desdoblamiento del doble enlace del grupo terminal de los monómeros.

*Etapa de Propagación:* corresponde a la reacción en cadena hasta que se agota el monómero.

*Etapa de Terminación:* Esta etapa ocurre cuando dos moléculas de polímero se transfieren la energía (acoplamiento directo), inactivándose mutuamente. (15)

Los fenómenos que siempre son consecuencia de esta reacción de polimerización son la exotermia, que se produce debido a que el material pasa de un estado de mayor a otro de menor energía, liberándose el diferencial de forma calórica. Y el segundo fenómeno asociado a la polimerización es la contracción, que es el resultado del acortamiento de la distancia entre las moléculas del producto, disminuyendo así el volumen total de la masa.

Según el sistema de polimerización, las resinas compuestas se pueden clasificar en:

**3.a) Resinas compuestas de activación química:** En un principio, las resinas compuestas eran activadas químicamente, induciendo su polimerización por medio de un peróxido orgánico iniciador y una amina orgánica aceleradora, los cuales no se debían mezclar hasta el momento en que se fuera a efectuar la restauración.

La primera forma de comercialización de las resinas compuestas de autopolimerización, fue como polvo (relleno silanizado) y líquido (monómero) para mezclar. Luego, el material se cambió a dos pastas, (una base y una catalizadora o activadora de la reacción). La primera contenía el peróxido iniciador y la otra la amina activadora y así, al mezclarse en dosificaciones según lo indicado por el fabricante, se producía el proceso de polimerización anteriormente descrito (7).

A pesar de lo anterior, estas resinas compuestas, presentaban inestabilidad en el color, como resultado de esta reacción amina-peróxido. Como consecuencia de

ello surge la activación física, en la búsqueda de un producto con mayor estabilidad de color.

**3.b) Resinas compuestas de activación física:** Los sistemas físicos de activación para resinas compuestas, pueden ser por temperatura (Termo-activación polimerización) o a través de una luz con determinada longitud de onda (Foto-activación).

**3.b.1) Resinas compuestas de activación física, por luz:** La activación mediante la luz es la más ampliamente utilizada. En este tipo de sistema, el iniciador es una alfa-dicetona, la canforoquinona, la cual es activada por la luz visible con una longitud de onda de 470 nanómetros en presencia de una amina orgánica alifática o lineal (5,12, 23).

Para evitar que las resinas compuestas polimericen espontáneamente, se agregan inhibidores a los sistemas de resina activados físicamente por luz. Estos inhibidores tienen gran potencial de reaccionar con radicales libres y si se activa uno de ellos por una exposición accidental mínima a la luz, el inhibidor reacciona con él e inhibe la propagación de la cadena. Un inhibidor tipo es el hidroxitolueno butilado (9,24).

Estos composites se presentan como una sola pasta contenida en una jeringa de plástico opaco para evitar la exposición del material a la luz y así prolongar su longevidad. (7)

**3.b.2) Resinas compuestas de activación física, por calor:** El uso de estas resinas, activadas por calor se limita a la confección de incrustaciones de resina compuesta (inlays-onlays), carillas, coronas y puentes, es decir, para procesos indirectos.

#### **4. Según el tamaño de las partículas del relleno:**

Según este criterio, existen seis grupos de resinas compuestas:

**4.a) Resinas Compuestas Tradicionales o de Macrorrelleno:** Son la primera generación de Resinas Compuestas. Se conocen además como, Resinas Compuestas de Macropartículas, Convencionales o Tradicionales. Están compuestas de un relleno inorgánico de partículas grandes, con tamaños que fluctuaban entre 1 a 100 micrómetros, las cuales, eran preparadas por molido, proceso que entregaba como resultado partículas de forma poliédrica irregular. Con el pasar del tiempo se intentó redondear estas partículas con lo que se redujo su tamaño a valores de entre 1 y 35 micrómetros, el propósito de esto era lograr una distribución de fuerzas más uniforme a través de la resina para así disminuir la posibilidad de formación de grietas o cortes en la superficie de la restauración, además de mejorar la unión partícula-agente silánico. Estas resinas compuestas tenían un alto porcentaje de relleno de cuarzo, que alcanzaba al 70% u 80% en peso (50% en volumen), Lo que le otorgaba un aumento de la resistencia mecánica y una disminución de la contracción de polimerización en relación con las resinas acrílicas. Sin embargo, esto también se tradujo en una excesiva dureza superficial y gran dificultad para abrasionar las partículas de relleno en el pulido, lo que implicaba restauraciones con superficies irregulares, facilitando el depósito de placa bacteriana. Además, el desgaste producido por el estrés y la fatiga termodinámica, hacía que las partículas fueran expulsadas de la matriz formándose poros y cracks internos, sufriendo importantes desgastes y pigmentaciones. Debido a esto, esa clase de resinas compuestas tuvo poca aceptación clínica (21). En el intento de mejorar estos materiales surgieron las resinas compuestas de partículas finas.

**4.b) Resinas Compuestas de Partículas Finas o Minipartículas:** Las partículas de relleno inorgánico se presentaba en partículas de menor tamaño, uniformándolas a rangos de entre los 1-10  $\mu\text{m}$ ; con lo cual se logró mejorar la textura superficial pero sin lograr un óptimo resultado (21).

**4.c) Resinas Compuestas de Micropartículas o de Microrelleno:** Debido al pobre pulido que presentaban las resinas compuestas hasta ese momento, se cambió el relleno inorgánico y se comenzó a utilizar el dióxido de Silicio, obtenido

químicamente por hidrólisis y precipitación, dando origen a partículas refinadas de entre 0.007 y 0.14  $\mu\text{m}$  de tamaño, siendo las más utilizadas con un tamaño de 0.04 a 0.05  $\mu\text{m}$  en promedio (21). Utilizando estas partículas más pequeñas se logró conseguir una óptima superficie pulida, pero desmejorando el rendimiento mecánico. Estas resinas compuestas, presentaban características de buena textura superficial, estabilidad de color, gran resistencia al desgaste y excelentes cualidades de pulido. Sin embargo, al tener bajo contenido de relleno poseían menores propiedades mecánicas, razón por la cual son utilizadas en la zona bucal anterior como sustituto del esmalte. Las razones descritas anteriormente motivaron la búsqueda de resultados intermedios entre resistencia y superficie pulida, surgiendo así las Resinas Compuestas Híbridas (21).

**4.d) Resinas Compuestas Híbridas:** Se denominan así porque contienen dos tipos de relleno: Macropartículas optimizadas con tamaños que varían en 1 a 15 $\mu\text{m}$  y micropartículas de alrededor de 0.04  $\mu\text{m}$  (21). El objetivo de estos materiales fue la obtención de composites con las mejores propiedades de las resinas de macrorrelleno y de las resinas de microrrelleno; por ello el resultado fue una resina compuesta con propiedades intermedias, vale decir, con resistencia mecánica mejorada en comparación con las resinas de microrrelleno y con un mejor pulido y terminación que las de macrorrelleno. Este composite es más resistente al desgaste, su coeficiente de expansión térmica es similar al de las resinas de micropartículas, tiene buenas propiedades físicas, y con un pulido intermedio entre los materiales de macro y microrrelleno (21). Según el tamaño de partículas que poseen estas resinas, se pueden dividir en composites híbridos de partículas medianas (con un tamaño entre 5 a 15  $\mu\text{m}$  ) y composites híbridos de partículas pequeñas (tamaño de partículas de 1 a 5  $\mu\text{m}$ ) (21).

**4.e) Resinas Compuestas Microhíbridas:** Siempre con el afán de mejorar a su antecesora, surgen estos composites microhíbridos, los que constituyen materiales muy similares a las resina híbridas, con la diferencia que la fracción de partículas grandes se ha uniformado a rangos entre 0.1 y 3  $\mu\text{m}$ , de tal forma que el tamaño de partículas promedio oscila entre los 0.4 y 0.8  $\mu\text{m}$ . Con esto se logró

aumentar la carga de relleno, disminuir los cambios dimensionales, aumentar la resistencia mecánica y al desgaste, y mejorar la capacidad de pulido asemejándose más en este aspecto a las resinas de microrrelleno. Actualmente, la mayoría de las resinas compuestas en el mercado nacional y mundial corresponden a este tipo (18,21).

**4.f) Resinas Compuestas de Nanorrelleno:** Hicieron su aparición en el mercado a fines del 2002, y cuya innovación fue poseer nanorrelleno compuesto por partículas esferoidales de 5 a 100 nanómetros (un nanómetro es la milésima parte de un micrón ( $\mu\text{m}$ )). Las primeras experiencias indicarían que estos materiales son útiles tanto para restauraciones anteriores como posteriores. Las resinas compuestas que pertenecen a este grupo son fáciles de esculpir sin que se deformen, además tienen buena variedad en colores, elevado y fácil pulido. Ejemplos: Filtek Z350 XT (3M ESPE), Simile (Pentron), Ice (SDI), Grandio (Voco), Brilliant NG (Coltene) Ceram X (Dentsply) (18,21).

#### **5. Según la consistencia (9,22):**

De acuerdo a esta clasificación existen Resinas Compuestas Convencionales, Condensables y Fluidas (4, 25, 26). Las Resinas Compuestas convencionales corresponden a composites de viscosidad intermedia. Esta característica está dada por la cantidad de relleno presente en su estructura, la que corresponde entre un 60% a un 68% en volumen. Esta consistencia que facilita su manipulación y son las más ampliamente utilizadas en nuestra profesión (27).

Las Resinas Compuestas condensables son aquellas cuya composición es similar a la de cualquier Resina Compuesta, pero la cantidad de relleno corresponde entre un 65% a un 71% en volumen, lo que le otorga gran resistencia mecánica. Poseen una estructura que les brinda una viscosidad similar a la de la amalgama, por lo que son más fáciles de modelar. Sin embargo, debido a su poca fluidez, su adaptación a los márgenes cavitarios es de uso complicado. Se indican para restauraciones en cavidades grandes del sector posterior (27).

Las Resinas Compuestas Fluidas o Flow corresponden a resinas de baja viscosidad, presentan un porcentaje de relleno bajo, lo que le otorga alta fluidez (25).

A pesar de todos los beneficios, anteriormente nombrados y el gran uso clínico que tienen las resinas compuestas, una de las principales desventajas como material de obturación directo es la contracción del material, debido a la reacción de polimerización (26). Por lo tanto un factor importante a considerar en el uso de los composites, es la adaptación marginal, pues esta contracción de polimerización, según su grado, puede generar una brecha entre el diente y la restauración, lo que podría afectar la longevidad de la restauración, haciéndola fracasar. Además, las tensiones generadas por el fenómeno de la contracción de polimerización, pueden superar la fuerza de adhesión de los composites a la estructura dental, lo que se traduce en filtraciones marginales, que hacen fracasar la restauración. (28) Con el fin de limitar los efectos de la contracción de polimerización, se sugiere aplicar y polimerizar al composite por capas.

Con respecto al sellado marginal de las restauraciones de resinas compuestas, es importante referirse al concepto de adhesión y su influencia en el sellado.

## **Adhesión**

Un factor fundamental es la unión fuerte y duradera que se debe establecer entre el material restaurador y la estructura dentaria, unión que impida la microfiltración marginal y facilite la retención del material en boca.

La palabra adhesión viene del latín adhaerere, formada por: ad (para) y haerere (pegarse). En nociones de terminología, adhesión o enlace es la unión de una sustancia a otra. La adhesión no es más que la interacción de las fuerzas o energías entre los átomos o moléculas en una interfase que sostiene juntas a dos partes. El fragmento de tiempo que perdura la unión se denomina durabilidad. El fenómeno adhesivo es crítico en muchos biomateriales dentales, incluyendo las resinas compuestas.

Existen distintos tipos de adhesión, los que podemos agrupar de la siguiente manera:

**1. Adhesión Física o Mecánica: (1,5,24):**

Corresponde a la unión entre dos superficies a través de una trabazón entre las partes a unir o por la generación de tensión entre dichas partes. Este tipo de adhesión la podemos subdividir en:

**1.a) Adhesión Macromecánica:** Es aquella en la que las partes quedan trabadas en función de la morfología macroscópica de ellas. Por ejemplo la retención de una restauración por medio de formas cavitarias específicas (24).

**1.b) Adhesión Micromecánica:** Consiste en el mismo principio anterior, pero aquí las partes quedan trabadas en función de la morfología microscópica de ellas, y por lo tanto, la diferencia entre ambos tipos de adhesión es la magnitud del fenómeno que genera la adhesión (que sea o no visible al ojo humano). (24) La retención micromecánica es el mecanismo de adhesión más importante de las resinas compuestas al esmalte y la dentina. (12,16,29)

Por otro lado, cualquiera de los dos tipos de retención mecánica se puede lograr por medio de:

1.b.1) Efectos geométricos: Están determinadas de acuerdo a las formas que presentan las superficies, sean macroscópicas o microscópicas, tales como poros, rugosidades, diseño cavitario, etc. Estos hitos generan la trabazón necesaria para mantener unidas las partes. Un ejemplo de adhesión mecánica por efecto geométrico es el diseño de una preparación cavitaria a través del cual se retiene una restauración o por otro lado, la infiltración de un adhesivo en las irregularidades microscópicas en la superficie dentaria, lo que se explicará más adelante (24).

1.b.2) Efecto reológico: Son los que ocurren por los cambios volumétricos o dimensionales que sufren los materiales al endurecer, generando tensiones que ayudan a producir la adhesión (24).

## **2. Adhesión Específica o Química:**

Son fuerzas o interacciones submicroscópicas que impiden la separación de las partes, y que se originan en los componentes de su estructura, vale decir, en los átomos o moléculas (24). En este tipo de adhesión existen:

**2.a) Uniones químicas primarias o interatómicas:** Se dan a nivel atómico (átomo-átomo), siendo de tipo iónicas, covalentes o metálicas. Para que este tipo de unión ocurra, las partes a unir deben estar a una distancia de Amstrong entre sí. Son uniones de alta energía y son consideradas como el verdadero mecanismo de adhesión (5,24).

**2.b) Uniones químicas secundarias:** Son uniones entre moléculas, pudiendo ser de tipo dipolos permanentes o fluctuantes. Son uniones relativamente débiles, como por ejemplo las Fuerzas de Van der Waals (24).

En el proceso de adhesión, intervienen diversos factores y principios que vale la pena conocer:

**Superficie de contacto:** Tanto los tejidos dentarios como las restauraciones poseen superficies irregulares. De esta manera, al juntarlas quedarán vacíos entre ambas superficies, es decir no se podrán adaptar tan íntimamente como para generar adhesión específica entre ellas. Es por este motivo que para lograr una adhesión óptima deben eliminarse estas separaciones generadas por las irregularidades de ambas superficies, generando así que ambas superficies que participan de la unión, se mantengan en posición (1,9).

**Adaptación:** Las superficies que se van a unir deben, idealmente, entrar en contacto en su totalidad, para que así quede la menor distancia entre ambas partes de tal forma que se favorezca una unión íntima. Cuando esto no es posible de realizar, un elemento fluido facilitará la adaptación (1).

**Energía superficial:** Corresponde a la fuerza de atracción que producen los enlaces no saturados en la superficie de los cuerpos. Estas fuerzas se producen porque los átomos ubicados hacia la superficie no tienen todos sus enlaces saturados en relación a los que están en el espesor de la materia. La energía superficial refleja la energía de cohesión del material. (1,9,12).

Para que exista adhesión las superficies deben atraerse entre sí hacia su interfase, independientemente del estado en que se encuentren dichas superficies (sólido, líquido, gaseoso). Es decir, mientras más energía superficial tengan las partes a unir, mayor es la capacidad de adhesión de las mismas.

**Humectación:** La capacidad de un líquido de fluir y adaptarse íntimamente a una superficie se llama humectación o humectancia. Para ello se requiere que el líquido adhesivo a utilizar tome contacto íntimo y fluya fácilmente por la superficie generando una delgada capa continua. Este principio se utiliza para mejorar situaciones en las cuales siempre quedan espacios microscópicos al poner dos superficies en contacto, dificultándose, una total e íntima unión. Así, interponiendo un líquido entre ambas superficies de tal forma que se introduzca por los espacios vacíos, se permite que por medio de él se genere una coaptación total con ausencia de poros o espacios (1,9,12).

**Ángulo de Contacto:** Para que un líquido (adhesivo) se adapte bien a la superficie, es decir humecte una superficie sólida, es necesario que la superficie atraiga al líquido y que éste se deje atraer. La manera para evaluar como se produce este fenómeno, es midiendo la magnitud del ángulo que se forma entre la gota de líquido y la superficie del sólido. Mientras menor el ángulo que se forma entre la tangente a la periferia de la gota del líquido y la superficie del sólido, es mejor la humectancia y por lo tanto, la capacidad de adhesión. Si las moléculas del adhesivo son atraídas por las moléculas del adherente con mayor intensidad que la atracción entre ellas mismas, el líquido adhesivo difunde completamente sobre la superficie del sólido sin formar ningún ángulo (1,9,12).

## Adhesión a tejidos dentarios

La estructura dentaria está conformada por diferentes tejidos los que difieren en composición, orden y estructura. Esto determinará una forma específica de adhesión del material restaurador a cada tejido en particular.

El **esmalte** recubre la corona anatómica del diente. Es el tejido más mineralizado del cuerpo humano, compuesto por un 96 % de hidroxiapatita, 4 % de agua y 1 % de colágeno (30). La unidad estructural, de este tejido mineral, son los prismas de esmalte, los que asemejan varillas que van desde el límite amelo-dentinario hasta la superficie externa. Su diámetro varía de 4  $\mu\text{m}$  a 6  $\mu\text{m}$  en su límite superficial (11). La adhesión a esmalte guarda relación con el **grabado ácido** de su superficie, este procedimiento pretende cambiar una superficie suave y lisa a una irregular, la cual duplica su energía superficial. Así, una resina fluida de baja viscosidad puede humedecer esta superficie de alta energía y luego ser arrastrada dentro de las microporosidades creadas, por la condición de tracción capilar. Una vez polimerizada in situ, estas extensiones de resina en las microporosidades, conocidos como "tags", forman una fuerte trabazón micromecánica o efecto geométrico y reológico con el esmalte (31). Desde los primeros ensayos de Buonocore en el año 1955, el grabado ácido se ha constituido en el método más utilizado para tratar la superficie del esmalte, ya que no cambia la energía superficial alta del esmalte, pero remueve la contaminación y también aumenta la porosidad, facilitando la posibilidad de obtener adhesión específica y mecánica. (24)

El agente acondicionador generalmente utilizado es el **ácido fosfórico** en concentraciones que varían entre el 35 % y el 40 % para grabar el esmalte. Al aplicar el ácido fosfórico, se pueden lograr diferentes patrones de grabado del esmalte, los que se pueden clasificar en tres tipos:

- Tipo I:** remueve preferentemente el centro de los prismas del esmalte, quedando la periferia relativamente intacta.

- Tipo II:** corresponde al proceso inverso en que se remueve preferentemente la periferia, quedando el centro relativamente intacto.

•**Tipo III:** se obtiene un desgaste regular de la superficie, por lo que no es el más adecuado para lograr adhesión. (28,31)

Sin embargo, en la mayoría de las situaciones clínicas, la resina compuesta se debe unir a esmalte y dentina. Por lo tanto, como regla general, los sistemas adhesivos existentes se deben aplicar también a la superficie dentinaria humedecida.

La **dentina** es el tejido más abundante de la pieza dentaria. Está compuesta por matriz dentinaria calcificada y por prolongaciones odontoblásticas. El tejido dentinario está constituido aproximadamente por un 70 % de materia inorgánica, un 18 % de materia orgánica y un 12 % de agua. Posee túbulos dentinarios inmersos en su matriz que poseen un trayecto sinuoso en forma de S itálica, dentro de los cuales transcurre la prolongación del odontoblasto. Estos túbulos se encuentran más separados en las capas periféricas de la dentina y más próximos entre sí cerca de la superficie pulpar. (30)

La dentina está estructurada según el grado de calcificación en dos áreas diferentes:

**a) Dentina Peritubular:** zona anular que rodea el espacio canalicular, de un grosor menor a 1  $\mu\text{m}$ , de alto contenido mineral y escasas fibras colágenas, y que forma la pared de los túbulos dentinarios.

**b) Dentina Intertubular:** zona ubicada por fuera de la dentina peritubular, que constituye la mayor parte de la dentina. Está formada por numerosas fibrillas de colágeno y sustancia intercelular amorfa. (11,30)

La excavación mecánica de la dentina dada por la preparación cavitaria con instrumentos de corte, inevitablemente resulta en la formación de una capa de residuos que cubre la superficie de la dentina intertubular y ocluye la entrada de los túbulos, a esta capa de residuos la llamamos dentinario. El **barro dentinario** se define como una película compuesta por materiales de residuos orgánicos e

inorgánicos que se forma en la superficie dentinaria a partir de los procedimientos de corte realizados con instrumentos manuales y/o rotatorios y que mide aproximadamente de 0.5 a 5  $\mu\text{m}$ . Esta película actúa como una barrera de difusión que disminuye la permeabilidad de la dentina y que algunos consideran un impedimento que debe ser removido para poder unir la resina al sustrato dentinario. (12)

Se ha demostrado que las fuerzas de unión a la dentina son menores en presencia de barro dentinario, en contraposición a una superficie dentinaria libre de él. También se ha demostrado que la unión puede ser mejorada si la dentina es grabada previa aplicación de adhesivo.

Fusayama y colaboradores en 1979, con la aplicación de la técnica de **grabado ácido total**, concluyeron que el grabado ácido aumenta considerablemente la adhesión de la resina compuesta, no sólo al esmalte, sino que también a la dentina. Esta técnica consiste en grabar simultáneamente el esmalte y la dentina con ácido fosfórico (32)

Para lograr lo anterior debemos:

**a) Acondicionar la dentina:** esta técnica permite eliminar la capa de barro dentinario, abrir los túbulos en una profundidad aproximada de 0.5  $\mu\text{m}$  a 5  $\mu\text{m}$ , aumentar la permeabilidad dentinaria y desmineralizar la dentina peri e intertubular, exponiendo así, una matriz colágena sin soporte debido a la remoción de los cristales de hidroxiapatita, por lo tanto, esta malla colágena puede colapsar. Debido a lo anterior es que luego del grabado, la dentina no debe ser desecada y debe mantenerse húmeda para evitar que la malla colágena colapse por deshidratación, ya que es el agua la que mantiene sustentadas en posición las fibras colágenas al perderse su base mineral. (33,34)

**b) Aplicación de un agente imprimante:** este agente imprimante contiene monómeros hidrofílicos que impregnan a la dentina interdigitándose con la malla de colágeno, dando así el soporte necesario para evitar su colapso y trabándose micromecánicamente con ellas. Estos agentes tienen un grupo hidrofílico que les

permite infiltrar al sustrato húmedo dentinario y un grupo hidrofóbico que actúa como agente de enlace con el otro monómero adhesivo. (33,34)

**c) Aplicar la resina de enlace:** corresponde al monómero hidrofóbico que también compone el sistema adhesivo y que copolimeriza con el agente imprimante formando una capa entremezclada de colágeno y resina conocida como **capa híbrida**, descrita en 1982 por Nakabayashi y colaboradores. Por otro lado, al introducirse ambos monómeros dentro de los túbulos dentinarios y polimerizarse, se forman los denominados “tags” de resina que también ayudan a la retención micromecánica del material. (11,12)

Con la técnica de grabado ácido, el uso de un agente imprimante y una resina de enlace, se ha logrado obtener una adhesión a la estructura dentaria aceptable dada por uniones micromecánicas con valores que oscilan por sobre los 20 Mpa. (24). A pesar de esto, no se ha llegado a establecer una unión química. Por esta razón, algunas restauraciones de resina compuesta presentan problemas de microfiltración marginal, con la consiguiente invasión microbiana, sensibilidad pulpar y el desarrollo de caries secundaria.

Un área de la investigación actual está enfocada al estudio de la microfiltración para poder mejorar el sellado marginal, siendo este último un factor crítico para el éxito de una restauración. La **microfiltración** se define como el continuo flujo clínicamente indetectable de bacterias, fluidos, moléculas y/o iones entre las paredes cavitarias y el material restaurador aplicado. Este fenómeno puede traer distintas consecuencias tales como sensibilidad e irritación pulpar, permitir el paso de bacterias a través del margen de la restauración que pueden producir caries recurrentes y contribuir a la corrosión, disolución o decoloración de ciertos materiales dentales. (12,35)

### **Adhesivos Dentinarios**

Para que las resinas compuestas se adhieran de manera eficaz y duradera a la estructura dental, es fundamental el empleo de una resina de baja viscosidad.

A lo largo de la historia, han surgido una gran serie de adhesivos o resinas de baja viscosidad, las cuales han sido clasificados de diferentes formas:

### **1. Clasificación según orden de aparición:**

**1.a) 1° Generación:** Fueron los primeros en aparecer y se decía que obtenían uniones químicas con la dentina no tratada. No modificaban la capa de barro dentinario y utilizaban resinas hidrofóbicas. Los adhesivos de primera generación obtuvieron resultados clínicos muy pobres tanto en valor de adhesión como de sellado marginal. Un ejemplo de ellos era el producto comercial Cervident (SS White). Se encontró que este sistema tenía pobre adhesión (2-3 Mpa) y ninguna ventaja con respecto a microfiltración comparado con la resina sin relleno.

**1.b) 2° Generación:** Se comenzaron a utilizar a principios de la década de 1980 con el fin de solucionar la falta de fuerza de adhesión del grupo anterior, pero no lograron sobrepasar las cifras de 7 Mpa. Se caracterizan porque modifican la capa de barro dentinario y las resinas que usan son hidrofóbicas e hidrofílicas. La mayoría de los adhesivos de 2° generación fueron ésteres halofosforados de resina sin relleno tales como bisfenol A-glicidil metacrilato (BisGMA) e hidroxietil metacrilato (HEMA). Su rendimiento clínico era pobre debido a que se unían más bien al barro dentinario que a la dentina misma, y además porque la unión era demasiado débil como para contrarrestar la contracción de polimerización de las resinas compuestas. Por esta razón fue que estos productos no perduraron en el mercado a excepción de Scotchbond Dual-Cure (3M Dental) y Bondlite (Kerr).

**1.c) 3° Generación:** Los adhesivos que vinieron después, se caracterizaron por modificar o remover completamente el barro dentinario para permitir la penetración de la resina adhesiva a la dentina subyacente, mejorando la humectabilidad y la adhesión a la dentina. Estos sistemas adhesivos obtuvieron resultados que se aproximan más a la típica fuerza de unión de la resina compuesta al esmalte grabado (9-18 Mpa) (11). Ejemplos de marcas comerciales son Scotchbond II (3M), Gluma (Bayer/Miles), Tenure (Dent-Mat), Prisma Universal Bond 3 (Caulk/Dentsply), Syntac (Ivoclar Vivadent) y XR Bond (Kerr).

**1.d) 4° Generación:** Hicieron su aparición a principios de los 90 y constan de tres etapas clínicas: acondicionamiento (grabado ácido), imprimación y unión o adhesión propiamente tal.

Primero se realiza el grabado con un acondicionador ácido que elimina la película del barro dentinario, aumenta el diámetro de los túbulos dentinarios, incrementa la permeabilidad de la dentina y descalcifica la dentina inter y peritubular. Una vez que se elimina el ácido, se aplica el agente imprimante o primer, que es una resina hidrofílica en un solvente con monómeros como HEMA, BPDM y 4-META con 2 grupos funcionales, uno hidrofílico que es afín a la dentina y uno hidrofóbico (metacrilato) que es afín a la resina. El agente imprimante se introduce al interior de la malla colágena. Una vez realizados los pasos anteriores, se aplica el adhesivo que es una resina sin relleno que se basa en la difusión e impregnación de este en el sustrato de la dentina parcialmente descalcificada, seguida de la foto-activación para formar la llamada capa híbrida, la cual es el mecanismo principal de unión de los sistemas adhesivos más comunes. (10, 12)

**1.e) 5° Generación:** Surgieron con el objetivo de simplificar los pasos clínicos de la 4° generación, como respuesta a la crítica de la complejidad y demora que tiene el realizar los pasos anteriormente señalados. La principal novedad de esta generación se realizó combinando algunos de los pasos. El método más común de simplificación es el que combina el agente imprimante y el adhesivo en un solo frasco siendo llamados “adhesivos de una sola botella” o “monobotella. Poseen un buen desempeño en cuanto a fuerza adhesiva y sellado marginal. (11,12,24,36,37,38)

**1.f) 6° Generación (12,36,37,38):** Corresponden a los adhesivos autograbantes, que tienen en su composición, un ácido débil como el ácido poliacrílico al 10%, el cual modificaría la superficie dentaria acondicionándola, pero al mismo tiempo la dejaría suficientemente húmeda, para realizar una buena adhesión. Estos sistemas, se caracterizan por combinar el acondicionamiento, la imprimación y la adhesión dentro de un solo tratamiento en un paso, lo que se

traduciría en un ahorro de tiempo clínico. Los agentes imprimantes y ácidos obtiene la infiltración de los monómeros de resina a través del barro dentinario, mientras que simultáneamente desmineraliza e infiltra la dentina formando una capa híbrida. Los adhesivos de 6° generación pueden ser, ya sea agentes imprimantes autograbantes (self-etching primers) o también, adhesivos autograbantes (self-etching adhesives). Mientras los primeros son aplicados en la pieza dentaria en dos pasos (acondicionamiento e imprimación y luego adhesión), los segundos, combinan estos 2 pasos, donde se hace una mezcla previa del agente imprimante ácido junto con el adhesivo propiamente tal o resina de unión y recién en ese instante la mezcla es llevada a la pieza dentaria (1 paso). Cabe mencionar que ambos sistemas autograbantes son siempre de 2 frascos.

Pese a que sus características clínicas no están claramente probadas, algunos de estos adhesivos de 6° generación se han hecho populares, debido a la simplicidad de uso y a la baja incidencia de sensibilidad post-operatoria.

**1.g) 7° Generación (12,36,37,38):** A fines del 2002 salen al mercado los adhesivos pertenecientes a esta nueva generación, a pesar de ser muy semejantes a los de 6° generación, estos presentan todos los componentes en un solo frasco y no necesitan mezcla, es decir, en este frasco se encuentra el ácido grabador, el agente imprimante y el adhesivo (23).

Los adhesivos de 6° y 7° generación son autolimitantes, ya que como el agente imprimante no se lava, sino que sólo se seca con aire, altas concentraciones de iones de calcio y fosfato solubilizados, provenientes de los cristales de hidroxiapatita, quedan suspendidos en la solución acuosa del agente imprimante y exceden el producto de la constante solubilidad para un cierto número de sales de fosfato de calcio y, presumiblemente, estos minerales tienden a precipitar dentro del agente imprimante. Esta alta concentración de calcio y fosfato tendería a limitar la disolución de la apatita debido al efecto de los iones

comunes, autolimitando también la profundidad de desmineralización de la superficie del esmalte. (23).

Los adhesivos autograbantes presentan una capa adhesiva muy irregular y en algunas ocasiones inexistentes, mientras que el adhesivo de 5° generación, presentan una capa híbrida totalmente regular (12).

En cuanto a la eficiencia de la adhesión en los tejidos dentarios, se sabe que la calidad de adhesión de los adhesivos autograbantes es mejor en dentina que en esmalte, sin embargo en términos cuantitativos, tanto para dentina como para esmalte la adhesión es mayor en los adhesivos convencionales. (12)

Tanto los adhesivos de 6°, como de 7° generación ofrecen el autograbado para los dentistas que buscan procedimientos perfeccionados, con baja sensibilidad a variaciones de la técnica y nula sensibilidad post-operatoria, ya que estos sistemas tienen la característica de combinar el acondicionamiento, la imprimación y la fase de adhesión dentro de un solo paso clínico, lo que se traduciría en un ahorro de tiempo para el tratante, ya que los agentes imprimantes acídicos obtienen la infiltración de los monómeros de resina a través del barro dentinario, mientras que simultáneamente desmineralizan e infiltran la dentina formando la capa híbrida.

Dentro de las 7 generaciones mencionadas, solo la 4ª, 5ª, 6ª y 7ª generación han tenido real importancia clínica, esto en términos de la fuerza de adhesión en Mpa con la que se unen a la superficie dentaria (11).

## **2. Según el procedimiento clínico de aplicación existen: (19)**

2.a) Modificación de la capa de barro dentinario: Este grupo de adhesivos, además de modificar la capa de barro dentinario, la incorpora dentro del proceso de adhesión. Dentro de estos adhesivos se distinguen sistemas adhesivos de uno o dos pasos clínicos según la presentación de una resina de enlace única o un agente imprimante más resina de enlace. Estos adhesivos requieren de un acondicionamiento del esmalte por separado (34).

2.b) Eliminación de la capa de barro dentinario: Este procedimiento busca eliminar totalmente la capa de barro dentinario, dentro de los cuales existen sistemas adhesivos de dos o tres pasos clínicos ya sea que usen separados o combinados el agente imprimante y la resina de enlace. Estos sistemas necesitan un paso previo de grabado ácido total. Su mecanismo y función principal se basa en la formación de la llamada “capa híbrida” y las prolongaciones intracanaliculares de resina.

2.c) Autograbado: Este grupo de adhesivos son los sistemas autograbantes que disuelven y remueven al mismo tiempo la capa de barro dentinario, ya que combinan en un solo frasco el agente imprimante y el ácido, sin requerir la etapa previa de grabado ácido convencional (17,34,39). El principio de estos adhesivos es que al mismo tiempo que desmineralizan superficialmente la dentina, la van infiltrando con los monómeros que polimerizan en el lugar, por lo tanto se aprecia una continuidad desde la dentina subyacente hasta la resina de enlace sin dejar la capa de primer hidrofílico en la base de la zona descalcificada, lo que indica que los sistemas adhesivos de autograbado tienen una acción distinta sobre la estructura dentaria a la que ejerce la técnica de grabado ácido total, diferencia que explicaría la reducción de la sensibilidad postoperatoria (12). Estos adhesivos, tienen distintos comportamientos de acuerdo al tejido en el que se aplican, vale decir, según el tipo de barro dentinario, caries, erosiones, etc.

La capa formada por la acción de estos adhesivos, se diferenciaría de la formada por la técnica de grabado ácido total, en que a nivel microscópico, la formación de tags, es menos pronunciada, las fibras de colágeno no serían completamente desmineralizadas, o sea, la hidroxiapatita no sería totalmente eliminada.(12,23)

La remoción del ácido que provoca el grabado dentinario es innecesaria, ya que, es de carácter débil y poseería un breve tiempo de acción, lo que evita los problemas críticos que trae el grabado ácido convencional. La dificultad del resultado de la humidificación ideal de la dentina, es eliminada y las posibles influencias negativas se reducen drásticamente (12).

En general, durante la última década se han establecido dos sistemas adhesivos como los de mayor desarrollo: los adhesivos monobotellas y los adhesivos con “primer” autograbante. Este mayor desarrollo ha sido con el objetivo de buscar una simplificación de los pasos clínicos para acortar el tiempo ocupado en su aplicación, así como para disminuir la sensibilidad del procedimiento, además de un funcionamiento equivalente en esmalte y dentina.

Los adhesivos monobotellas están constituidos por sustancias como HEMA que realizan la función del agente imprimante, combinados con resinas de baja viscosidad. En su composición, aparte de estas moléculas ambifílicas, poseen solventes que facilitan el intercambio de agua por el monómero de tal forma que fijan la porción hidrofílica del sistema adhesivo a la estructura dentaria dejando expuesta la porción hidrofóbica que posteriormente se unirá a la resina compuesta; por lo tanto, los solventes de los adhesivos remueven la humedad residual y mejoran la penetración y humectación de la resina, puesto que actúan como intercambiadores de agua, desplazándola y llevando el agente imprimante de resina hacia la dentina desmineralizada (11,16,17).

### **3. Clasificación según el solvente del sistema adhesivo:**

3.a) Adhesivos con solvente acuoso: El agua, es considerado como solvente inorgánico y puede rehidratar la estructura dentaria que ha sido reseca, por ende, evitaría el colapso de las fibras colágenas al utilizarse sobre la dentina en estas condiciones; por este motivo, estos adhesivos no requieren utilizarse sobre dentina húmeda, pero pueden correr el riesgo de sobre humedecer (18,40,41).

En general, el agua tiene buena capacidad de penetración, facilita el autograbado aunque se evapora lentamente por lo que dificulta la remoción, porque su temperatura de ebullición es casi el doble de la de la acetona, por lo que el excedente de agua podría poner trabas en la penetración y polimerización de la resina, y se ha demostrado en estudios que dan una fuerza de unión menor (42).

Ejemplo: Syntac Single Component (Vivadent) (18).

3.b) Adhesivo con solvente alcohólico: El etanol es uno de los solventes más utilizados, el cual ha demostrado mejorar la penetración de la resina y cuyo uso debe hacerse preferentemente en dentina húmeda (18). El etanol tiene excelente capacidad de penetración, debido a ser un muy buen captador de agua. Además el etanol, posee una adecuada evaporación, y buena energía superficial para humectar la capa de fibras colágenas expuestas.

Ejemplo: Singlebond 2 (3M), Excite (Vivadent), Optibond Solo (Kerr) (18).

3.c) Adhesivos con solvente acetónico: La acetona puede remover eficientemente el agua desde el sustrato, ya que al igual que el etanol es un captador de agua, sin embargo, no puede prevenir la consecuencia del colapso de fibras colágenas cuando se usa sobre dentina desecada, es por ello que para usarlo es fundamental la presencia de dentina húmeda. Dentro de las características de la acetona, las principales son el ser más volátil por lo que se evapora rápidamente, debido a que tiene una baja temperatura de ebullición, es un excelente removedor de agua, aunque es un fuerte agente de secado por lo que existe el riesgo de desecar la dentina. Ha sido sugerido que la acetona es el mejor solvente para llevar la resina hacia la superficie del diente acondicionada (18,43,42).

Ejemplo: Primer&Bond NT (Dentsply), All-Bond-II y One Step (Bisco) (18).

Tomando en consideración que los solventes descritos son volátiles y que su principal función es facilitar la llegada de los monómeros hacia todos los lugares de la dentina donde exista agua, se puede pensar que cualquier cambio que ocurra en sus proporciones debido a su evaporación, puede producir diferencias en el resultado final de la restauración. Estudios han demostrado que los porcentajes de pérdida de masa de los adhesivos que utilizan los diferentes solventes, fueron aproximadamente 91% para acetona, 28% para etanol, y solo 3% para agua (41). Los estudios indican que la falta de un sellado marginal adecuado es la causa principal de inflamación pulpar asociada con restauraciones permanentes junto a ser un factor precursor de las caries en los bordes de las restauraciones (5,11). La mayoría de los estudios sugieren que la causa principal

de la microfiltración es la contracción de polimerización, junto con el coeficiente de expansión térmica diferente entre la estructura dentaria y la resina compuesta. Ambos factores pueden ejercer fuerzas significativas en la interfase entre diente y material restaurador, fallando la unión y formando espacios que pueden alterar la adhesión a lo largo de las paredes de la preparación (44).

La relación entre los coeficientes de variación térmica entre diente y restauración de resina compuesta es aproximadamente 1:4, por lo cual siempre existirá una tensión que acerque o aleje la restauración del diente, produciéndose entrada y salida de fluidos y microorganismos, fenómeno que se denomina percolación (1).

Es claro que el problema de microfiltración es más grave en resinas compuestas de obturación directa que en cualquier otro tipo de material (9).

La mayoría de los sistemas adhesivos actuales presentes en el mercado dicen ser superiores a sus predecesores, sin embargo ninguno de estos sistemas aparece todavía como capaz de obtener una restauración herméticamente sellada, con márgenes libres de decoloración por un largo tiempo e impedir la infiltración marginal.

De allí que la investigación continúe en la búsqueda de nuevas alternativas, lo que ha llevado a la aparición de un nuevo sistema adhesivo, que posee características mixtas, es decir de sistemas adhesivos de grabado y lavado de 5ª generación y de sistemas adhesivos autograbantes de 7ª generación, es decir, se trataría de un adhesivo universal de grabado total, auto-imprimante, indicado para procesos de adhesión dental, para la adhesión a esmalte y dentina de materiales de resina así como cerámica y metal.

La presencia de monómeros ácidos en la composición del adhesivo y la técnica convencional descrita por el fabricante nos permiten suponer que nos encontramos frente a la presencia de una nueva generación de sistemas adhesivos.

En virtud de lo anterior, es que el presente trabajo busca evaluar la eficacia de este nuevo sistema desde el punto de vista de sellado marginal de las restauraciones a confeccionar.

Para estudiar la capacidad de sellado de los materiales de restauración adhesiva, durante años han sido usados muchos sistemas, generalmente se basan en estudios *in vitro*. Uno de los más populares es sumergir el espécimen de prueba a ser analizado en diferentes soluciones coloreadas, y observar su difusión a través de la interfase diente material de restauración (5). Estos tipos de métodos utilizan una escala numérica en términos de la profundidad de penetración de la tinción (45).

El proceso conocido como termociclado, es capaz de simular las condiciones a las que se ve sometida el diente en el ecosistema bucal. Ésto al ser sometido a diferentes cambios térmicos. Por otro lado, evalúa los efectos de las variaciones dimensionales que afectan al diente y su restauración. En el procedimiento del termociclado se utiliza un tinte, que en el caso del presente trabajo fue el azul de metileno al 1%. Éste penetra y evidencia la interfase diente-restauración y la cuantía de la penetración de fluidos (45,23). El método ya mencionado ha sido utilizado en varios estudios *in vitro*, ya que es simple, económico y rápido.

## **HIPÓTESIS.**

Existen diferencias en el grado de filtración marginal de restauraciones de resina compuesta realizadas con el sistema adhesivo XP-BOND™, utilizándolo con y sin grabado ácido total.

## **OBJETIVO GENERAL.**

- Determinar si existen diferencias en la microfiltración marginal de restauraciones de resina compuesta realizadas con el sistema adhesivo dentsply XP-BOND™ utilizado con y sin grabado ácido total.

## **OBJETIVOS ESPECÍFICOS:**

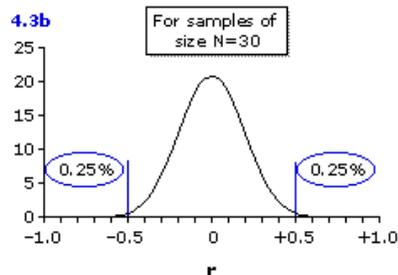
- Determinar la microfiltración marginal en restauraciones de resina compuesta realizadas con el sistema adhesivo dentsply XP-BOND™ utilizándolo con grabado ácido total.
- Determinar la microfiltración marginal en restauraciones de resina compuesta realizadas con el sistema adhesivo dentsply XP-BOND™ utilizándolo sin grabado ácido total.
- Analizar comparativamente los resultados obtenidos de los grupos en estudio.

## MATERIAL Y MÉTODO.

Este trabajo experimental se realizó en el Laboratorio de Biomateriales Odontológicos del Departamento de Odontología Restauradora de la Facultad de Odontología de la Universidad de Chile.

Se utilizó 30 piezas dentarias humanas sanas extraídas recientemente correspondientes a molares, con indicación de extracción.

### **Selección del tamaño de la muestra:**



El tamaño de la muestra fue determinado a través del criterio de significación estadística. Un tamaño de la muestra estadísticamente significativo es aquel que determina que una relación entre las variables no es probable que haya ocurrido por casualidad. El tamaño de la muestra mínimo realmente depende de cuánto se desvía la distribución de la población de una distribución normal. Tamaños de muestra de 15 a 30 son adecuados si la población parece tener una distribución que no es lejana a la normal, en caso contrario se necesitan tamaños de muestras de 50, 100 o más altos. Se usa el criterio simplificado de que un "n" mayor a 30 arroja una distribución normal (46,47) y con un tamaño de muestra de  $n = 30$ , la forma de la distribución de los coeficientes de correlación de la muestra es prácticamente idéntica a la de una distribución normal, donde sólo el 0,5% de los valores de la muestra de  $r$  se desviará desde cero hasta en un  $\pm 0,50$ . Por lo que se justifica el tamaño de la muestra resultando estadísticamente significativo (48).

Los molares utilizados en el siguiente estudio se almacenaron en una solución de suero fisiológico con formalina al 2% en un recipiente cerrado, con el objeto de mantener su hidratación, hasta ser ocupados en la etapa experimental.

Previo a su utilización las piezas dentarias se limpiaron con curetas para el retiro de los restos de ligamento periodontal. Posteriormente se limpiaron con una suspensión de piedra pómez fina en agua aplicada con escobilla de copa blanda.

Una vez realizada la limpieza de las piezas dentarias, se procedió a numerarlas y a rotular las caras correspondientes.

En cada pieza dentaria se realizaron dos preparaciones cavitarias clase V, una por vestibular y otra por palatino o lingual, estandarizadas en 4mm de ancho, 3mm de ancho y 3mm de profundidad. Todas las preparaciones fueron efectuadas por el mismo operador y fueron ubicadas en el tercio medio de la cara en cuestión, a 1mm hacia coronal del límite amelocementario, dejando la pared axial en dentina. Todas ellas se mantuvieron en suero fisiológico hasta ser restauradas.

Luego, en cada una de las piezas, en la cara vestibular se realizó una restauración con una misma resina compuesta (Ceram-X® duo) utilizando el sistema adhesivo XP-BOND™ (Dentsply). En las cavidades vestibulares, se realizaron las obturaciones bajo la técnica de grabado y lavado convencional y en las cavidades palatinas o linguales, las piezas se restauraron mediante la técnica de adhesivo autograbante, es decir sin grabado y lavado.



Fotografía N°1: Sistema adhesivo XP-BOND™



Fotografía N°2: Material de resina compuesta Ceram-X® duo

Una vez hechas las restauraciones, se sellaron los ápices abiertos con vidrio ionómero de restauración. Luego se cubrieron las raíces con una capa de cianocrilato, otras dos de esmalte de uñas, luego una tercera de acrílico rosado de autocurado para asegurar la impermeabilidad de las raíces de los molares, dejando al descubierto las restauraciones realizadas, con un margen aproximado de 1 mm, siempre conservando la rotulación de las caras vestibulares y palatino/linguales.

Las piezas en estudio se conservaron a temperatura ambiente durante 1 semana, hasta el proceso de termociclado.

El termociclado consistió en 100 ciclos entre 3°C y 60°C, manteniéndose los especímenes 30 segundos en cada baño térmico de una solución de azul de metileno al 1% y atemperándose a 23°C en agua destilada durante 15 segundos antes de cambiar de un baño a otro. El baño térmico de los tres recipientes en los que se sumergió a las piezas dentarias contaba con 200 ml de solución acuosa de azul de metileno al 1%, el cual sirvió como indicador de la microfiltración en la interfase diente-restauración.

Posteriormente se procedió a cortar las piezas dentarias en sentido perpendicular a su eje mayor a nivel coronario, con discos de carborundum sin refrigeración, pasando por las dos cavidades para exponer así la interfase diente-restauración. Se utilizó un disco nuevo por cada diente y a baja velocidad.



Fotografía N°3: Se observa la muestra n°14, debidamente rotulada, una vez realizado el corte transversal

La microfiltración se midió con un microscopio óptico con aumento de lupa y consistió en observar la penetración del colorante entre el diente y la restauración midiendo la distancia que el colorante recorrió en la interfase y obteniendo el porcentaje de infiltración en relación a la longitud total de la cavidad hasta la pared axial. Los resultados obtenidos se dejaron consignados en una tabla y fueron sometidos al test de varianza, luego, se analizaron comparativamente mediante el test T.



Fotografía N°4: Se observa la penetración del colorante antes de ser sometido al microscopio óptico

## **RESULTADOS.**

Los resultados de cada uno de los grupos aparecen detalladamente en las tablas N° 1 y 2.

**Tabla N°1: Porcentaje de Microfiltración de las Resinas Compuestas realizadas utilizando adhesivo XP- BOND™, previo grabado ácido.**

Número de muestra	Porcentaje de Microfiltración
1	14,53%
2	16,67%
3	18,75%
4	12,26%
5	8,48%
6	14,5%
7	12,41%
8	6,11%
9	22,88%
10	19,41%
11	12,5%
12	20,71%
13	8,64%
14	9,68%
15	24,14%
16	12,12%
17	9,38%
18	21,33%
19	15,56%
20	24,84%
21	16,76%
22	9,41%
23	8,82%

**Tabla N°1: Porcentaje de Microfiltración de las Resinas Compuestas realizadas utilizando adhesivo XP-BOND™, previo grabado ácido (Continuación).**

Número de muestra	Porcentaje de Microfiltración
24	14,71%
25	14,71%
26	16,67%
27	23,08%
28	10,20%
29	12,5%
30	14,19%
Promedio	14,8650%
Desviación Estándar	5,16299

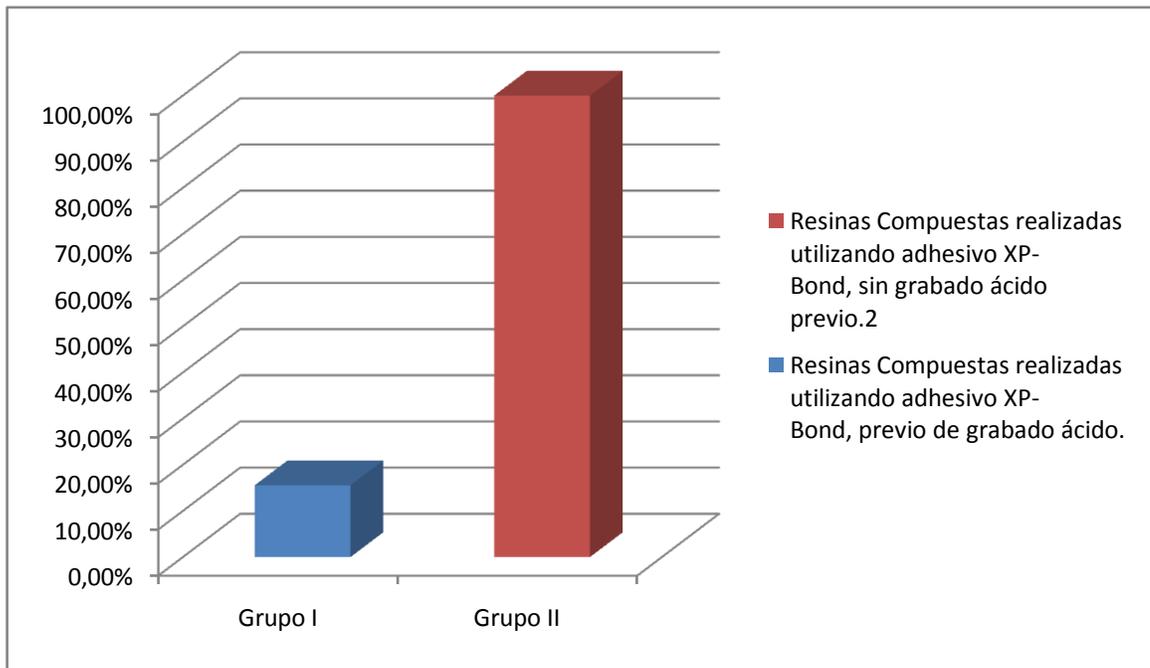
**Tabla N°2: Porcentaje de Microfiltración de las Resinas Compuestas realizadas utilizando adhesivo XP-BOND™, sin grabado ácido previo.**

Número de muestra	Porcentaje de Microfiltración
1	100%
2	100%
3	100%
4	100%
5	100%
6	100%
7	100%
8	100%
9	100%
10	100%
11	100%
12	100%
13	100%
14	100%
15	100%
16	100%
17	100%
18	100%
19	100%
20	100%
21	100%
22	100%
23	100%
24	100%
25	100%
26	100%
27	100%
28	100%

**Tabla N°2: Porcentaje de Microfiltración de las Resinas Compuestas realizadas utilizando adhesivo XP-BOND™, sin grabado ácido previo (Continuación).**

Número de muestra	Porcentaje de Microfiltración
29	100%
30	100%
Promedio	100%
Desviación Estándar	0

**Gráfico N° 1: Comparación del valor de porcentaje promedio de Microfiltración Marginal.**



## ANÁLISIS DE LOS RESULTADOS.

Los datos se sometieron primeramente a estudios de análisis estadístico descriptivo que permiten tener una aproximación de la estructura de los datos en cada uno de los tratamientos estudiados, En segundo término se realiza el análisis inferencial a través de la prueba de T test

El nivel de significación empleado en todos los casos fue de  $\alpha = 0,05$ .

**Tabla N°3: Pruebas de normalidad del estudio.**

Técnica		Shapiro-Wilk		
		Estadístico	Gl	Sig.
Porcentaje de Infiltración	Grupo con grabado ácido.	0,954	30	0,212

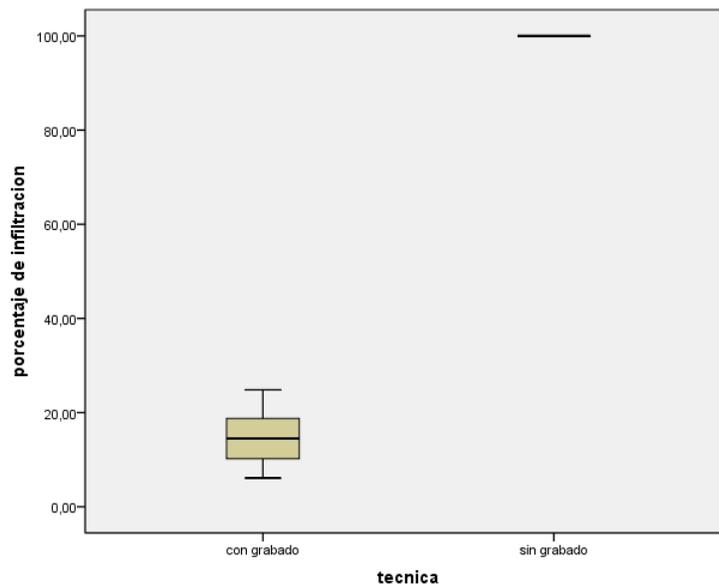
La distribución normal de los datos de los grupos en estudio, es uno de los requisitos para poder utilizar el test inferencial T test. Es por esto que, el primer paso es realizar una prueba de normalidad, debido a que el número de muestras es 30, el test utilizado es el de Shapiro wilk , (menos de 50 muestras indican el uso de este test) la tabla indica que el grupo estudiado “con grabado ácido”, el nivel de significancia es mayor a 0,05, por lo tanto, se ratifica la distribución normal de los datos (la hipótesis nula se refiere a que “existe distribución normal de los datos” y esta es ratificada por los resultados mostrados en la tabla)

**Tabla N°4: Análisis estadístico descriptivo**

Técnica		Estadístico	
Porcentaje de infiltración	Grupo con grabado ácido.	Media	14,8650
		Media recortada al 5%	14,7663
		Mediana	14,5150
		Varianza	26,656
		Desv. típ.	5,16299

En la tabla número 4, se muestra los Valores estadísticos descriptivos, en ella se observa solamente los valores del grupo “con grabado ácido”

**Gráfico N° 2: Análisis estadístico descriptivo, representado en el gráfico de cajas y bigotes.**



Como segundo paso se realiza el análisis inferencial, para esto utilizamos el test T de student.

Una de las condiciones para realizar este análisis inferencial es que exista distribución normal de los valores de los grupos en estudio, requisito ratificado anteriormente, con el test de shapiro wilk.

Otro requisito es que la variable independiente debe ser Nominal, el cual se cumple, estas variables corresponde a los dos grupos denominados “con grabado ácido” y “sin grabado ácido”.

El último requisito es, que la variable Dependiente, es decir los valores de “infiltración”, debe ser numérica.

**Tabla N°5: Prueba de muestras independientes.**

		Prueba de Levene para la igualdad de varianzas		Prueba T para la igualdad de medias		
		F	Sig.	t	Gl	Sig. (bilateral)
Porcentaje de infiltración	Se han asumido varianzas iguales	59,422	0,000	- 90,317	58	0,000
	No se han asumido varianzas iguales			- 90,317	29,000	0,000

En este caso no asumimos la igualdad de varianza de los grupos estudiados, el nivel de significancia del T test es 0,000, el cual es menor a 0,05, lo que indica que los grupos estudiados **SI** presentan diferencias significativas. Es decir los valores de “porcentaje de infiltración” de los grupos estudiados presentan diferencias estadísticamente significativas

## **DISCUSIÓN.**

Desde los últimos 20 años, el desarrollo de las técnicas adhesivas ha causado alto impacto en el desarrollo de la odontología y su práctica en sí. Actualmente, la mayor parte de las restauraciones, ya sean directas o indirectas, son adheridas micromecánicamente a la estructura dental, en lugar de retenerlas por su diseño macroscópico, es decir cavitario. Con el correr de los años y, gracias a una investigación continua, se ha logrado mejorar constantemente los adhesivos disponibles para la práctica odontológica, ampliando considerablemente la gama de productos relacionados. (19)

La amplia demanda, las ansias de conseguir resultados óptimos de adhesión y la investigación continua, ha condicionado la rápida aparición y sucesión de adhesivos mejores y más sencillos de usar, causando menor sensibilidad post-operatoria y consiguiendo resultados cada vez más óptimos en cuanto a sellado marginal y resistencia adhesiva (19,23). Durante el siglo pasado, y comienzos del reciente, los profesionales de la odontología hemos visto como han surgido distintas generaciones de adhesivos con sus respectivas características (19,23) y, en general, la mayoría de los que hoy existen en el mercado afirman ser superiores a sus predecesores. Muy por el contrario, como ya se señaló en múltiples ocasiones, ninguno de estos sistemas es capaz de asegurar una restauración herméticamente sellada, con márgenes libres de decoloración por un largo tiempo, capaz de impedir en su totalidad la infiltración marginal ni lograr anular totalmente la sensibilidad post operatoria (23). De allí que cada cierto tiempo se realicen múltiples estudios con este fin.

Un ejemplo de lo anterior es la aparición de un nuevo sistema adhesivo, creado por la firma comercial Dentsply, llamado XP-BOND™. Este sistema, de acuerdo a su composición poseería características mixtas, de adhesivos de 5° generación (grabado ácido total) y adhesivos de 7° generación (autograbantes), lo que nos da para pensar que estamos en presencia de un adhesivo universal de grabado total y auto-imprimante, indicado para procesos de adhesión dental, para

la adhesión a esmalte y a dentina de materiales de resina compuesta o para procesos de cementación adhesiva de restauraciones de cerámica y metal.

Lamentablemente la literatura no posee muchos estudios, ya sean *in vivo* o *in vitro* que evalúen y comparen cualidades entre los adhesivos de 5° y 7° generación (12)

En el presente trabajo se realizó un estudio *in vitro*, en el cual se analizó la filtración marginal, en relación al adhesivo de la marca comercial Dentsply, llamado XP-BOND™, utilizado mediante la técnica de grabado y lavado, es decir como adhesivo de 5ª generación, y también mediante la técnica correspondiente a adhesivos de autograbado, es decir como si fuera uno de 7° generación. Lo anterior considerando que si bien el fabricante indica que este adhesivo debe ser ocupado como adhesivo de 5° generación, en su composición presenta monómeros acídicos, tal y cual lo presentan en su envase los adhesivos de 7° generación.

En los estudios realizados por Gagliardi y cols y Pamir-Türkün y cols, se demuestra que no hubieron diferencias estadísticamente significativas respecto a la microfiltración de restauraciones de resinas compuesta, realizadas con adhesivos de 5° y 7° generación. Sin embargo, estos estudios presentan ciertas diferencias en la metodología empleada con respecto a nuestro trabajo, ya que si bien, los dos estudios se sometieron a termociclado las piezas restauradas, el medio utilizado como colorante fue nitrato de plata y tinta india respectivamente (25,36).

Otros trabajos utilizaron el azul de metileno como tinte, y no encontraron diferencias estadísticamente significativas en la microfiltración de restauraciones de resinas compuestas realizadas con adhesivos de 5° y 7° generación, aunque en el trabajo realizado por Amaral y cols., se realizó el estudio en piezas bovinas. Por su parte Banyoung y cols. no efectuó termociclado, sino que sumergió las piezas en forma pasiva en azul de metileno durante 6 meses y, luego de esto, se realizó el análisis bajo microscopio óptico (37,38).

Al someter los resultados obtenidos en nuestra investigación al análisis estadístico del test “t de Student”, este nos indica que existen diferencias estadísticamente significativas en cuanto a la microfiltración marginal, esto es con  $p < 0.05$ , entre el grupo de restauraciones de resinas compuestas realizadas con el adhesivo XP-BOND™ utilizando la técnica de grabado ácido total y el grupo de restauraciones de resinas compuestas realizadas con el adhesivo XP-BOND™ utilizando la técnica de adhesivos autograbantes, lo que está fundamentado en que cada una de las técnicas utilizadas presenta mecanismos de adhesión y acondicionamiento de la superficie dentaria de distinta naturaleza (19), demostrando así que la técnica de grabado ácido total, utilizando el adhesivo XP-BOND™, influye en el grado de microfiltración de las restauraciones de resina compuesta.

Estos resultados concuerdan con lo expresado en el trabajo realizado por Oleksiuk, que utilizó la misma metodología en cuanto a la comparación de microfiltración de adhesivos de 5° generación, con los de 7° generación (12). Más aún, los resultados (en porcentaje) de microfiltración marginal para restauraciones realizadas con adhesivos de 5° generación, obtenidos en el estudio anterior, son similares a los obtenidos en el reciente estudio, cuando se utiliza el adhesivo XP-BOND™ con la técnica de grabado y lavado (12). Por otro lado, los resultados (en porcentaje) de microfiltración marginal para restauraciones realizadas con adhesivos autograbantes obtenidos en el estudio de Oleksiuk, son similares a los entregados por la presente investigación cuando se utiliza el adhesivo XP-BOND™ sin la técnica de grabado y lavado, es decir, como adhesivo autograbante (12).

El estudio realizado por Rosales el año 2007, entregó resultados de mínima microfiltración marginal para el adhesivo XP-BOND™, utilizado con la técnica de grabado ácido total, comparado con otros adhesivos que utilizaron la misma técnica (39).

Existen una serie de estudios acerca de la formación de la capa híbrida tanto en sistemas de adhesivos 5° como de adhesivos de 7° generación, bajo microscopio electrónico de barrido (19), demostrándose que cuando se utilizan adhesivos autograbantes, se observa una capa adhesiva muy irregular y, en

algunas ocasiones, inexistentes. En cambio, cuando se utilizan adhesivos de grabado y lavado, se observa una capa híbrida totalmente regular. Esta información podría explicar nuevamente el por qué los adhesivos autograbantes muestran resultados deficientes en comparación a sus homólogos convencionales.

Está demostrado que la profundidad de desmineralización depende del pH del agente acondicionador (29), por lo que a menor pH, mayor es la profundidad del grabado; al comparar el pH del ácido ortofosfórico, cercano a 0.5, con el de los adhesivos que presentan monómeros acídicos, cercano a 2, podemos asumir que los adhesivos autograbantes presentan un grabado de menor profundidad, por lo que se infiere que adhesivos de 7° generación alcanzan menor profundidad de penetración, explicando así la menor calidad de adhesión a esmalte (29).

Por otro lado, se ha estudiado la calidad de adhesión tanto a esmalte como a dentina de los adhesivos, que muestra una mejor adhesión a dentina que a esmalte en los adhesivos autograbantes, sin embargo, en términos cuantitativos (tanto para dentina como para esmalte), la adhesión es mayor en los adhesivos convencionales, lo que explicaría el insuficiente sellado marginal que presentan los adhesivos de 7° generación en esmalte, provocando así una mayor penetración del colorante desde la interfase diente-restauración, logrando difundir también en la dentina. Esto provocaría el fracaso de las restauraciones al utilizar el adhesivo XP-BOND™, mediante técnicas adhesivas de autograbado, lo que quedaría evidenciado al someter estas piezas restauradas a la prueba del sellado marginal con el termociclado (12).

Por lo tanto, podemos inferir que la manera correcta de utilizar el adhesivo XP-BOND™ de Dentsply, es como lo indica el fabricante (grabado y lavado), ya que según los resultados de este estudio, es significativamente mayor el porcentaje de microfiltración con respecto a la utilización de este material como adhesivo autograbante.

Por otro lado, los resultados obtenidos en este trabajo concuerdan con la literatura en cuanto a la utilización de este adhesivo en particular, como adhesivo de 5° generación y de 7° generación, ratificando que el tratamiento restaurativo en base a resinas compuestas con adhesivos convencionales posee mejores propiedades de sellado marginal que los adhesivos autograbantes.

## **CONCLUSIONES.**

De acuerdo a los resultados obtenidos en este estudio y bajo las condiciones en que se llevo el mismo, es posible concluir que:

1.- En ninguno de los dos grupos estudiados, hubo ausencia total de microfiltración marginal, cuando se utilizaba el adhesivo XP-BOND™.

2.- Las restauraciones de resina compuesta realizadas con la técnica de grabado ácido convencional, utilizando el adhesivo XP-BOND™, presentaron en promedio un menor porcentaje de microfiltración marginal.

3.- Existen diferencias estadísticamente significativas ( $p < 0,000$ ) con respecto a la microfiltración de las restauraciones de resinas compuestas realizadas con ambas técnicas, cuando se utilizaba el adhesivo XP-BOND™.

4.- Finalmente y en consecuencia a los resultados obtenidos en este estudio, se acepta la hipótesis planteada: Existen diferencias en el grado de filtración marginal de restauraciones de resina compuesta realizadas con el sistema adhesivo XP-BOND™, utilizándolo con y sin grabado ácido total.

## **SUGERENCIAS.**

Luego de realizar este trabajo y analizar los resultados se sugiere:

1. Realizar un estudio *in vivo* para evaluar el comportamiento clínico a largo plazo de restauraciones de resinas compuestas realizadas con el sistema adhesivo XP-BOND™, utilizado mediante ambas técnicas descritas.
2. Realizar un estudio que evalúe el grado de resistencia adhesiva que alcanzan restauraciones de resinas compuestas realizadas con el sistema adhesivo XP-BOND™, utilizado mediante ambas técnicas descritas.
3. Realizar un estudio *in vitro* que evalúe la filtración marginal de restauraciones de resinas compuestas realizadas con el sistema adhesivo XP-BOND™, utilizado mediante ambas técnicas descritas.

## **REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.**

1. Bader M., Astorga C., y col. "Biomateriales Dentales" Propiedades Generales. Tomo I. Primera edición. U. de Chile. 1996. 73 p. Págs. 6-15, 49-62. Cap. I, IV,VI.
2. Mariné A., Stanke F., Urzúa I. "Caries: Tratamiento de una enfermedad infectocontagiosa". Primera Edición. Facultad de Odontología. Universidad de Chile. 1997.
3. Mariné A., Stanke F., Urzúa I. "Nuevas estrategias en cariología". Primera Edición. Editores Dr. F. Stanke y Dr. I. Urzúa. Chile, 1999. 125p. Págs. 5-48. Cap. 1,2,3 y 4.
4. Fuentes, C.; "Estudio comparativo *in vitro* de la fuerza adhesiva de restauraciones indirectas estéticas cementadas con cemento de resina dual y resina fluida". Trabajo de investigación para optar al título de Cirujano Dentista, 2004, Universidad de Chile.
5. Craig R., O'Brien W., Powers J. "Materiales Dentales". Sexta Edición. Editorial Mosby. 1996.
6. Swift E. Jr., et al. "Denton/Enamel adhesives: Review of the literature". *Pediatric Dentistry*. 24(5): 451-456. 2002.
7. Craig R. "Materiales Dentales Restauradores". 7º Edición. Editorial Mundi S.A.I.C. y F. Argentina, 1988. 570p. Págs. 237-266. Cap. 10.
8. Roberson, T., Heymann, H., Sturdevant, J.; "Arte y Ciencia, Operatoria Dental" 1996, 3era Edición.
9. Phillips. "Ciencia de los Materiales Dentales". 10º Edición. Editorial Mc Graw-Hill Interamericana. 1998. 745p. Págs 13-32, 313-326. Cap. 2 y 3.
10. Ehrmantraut M., Bader M. "Polimerización de resinas compuestas a través de estructuras dentarias". *Revista de la Facultad de Odontología. Universidad de Chile*. 22-27. 1994.
11. Swift E., Perdigao J., Heymann H. "Bonding to enamel and dentin: A brief history and state of the art, 1995". *Quintessence International* 26 (2): 95-110. 1995.

- 12.** Oleksiuk N.; “Análisis comparativo *in vitro* del sellado marginal de restauraciones de Resina Compuesta realizadas con dos adhesivos de distinta técnica de aplicación”. Trabajo de investigación para optar al título de Cirujano Dentista, 2008, Universidad de Chile.
- 13.** Leinfelder K. “New developments in resin restorative systems”. JADA. 128: 573-581. 1997.
- 14.** Acuña P.A. “Cementación de inlays de resina compuesta ¿Cementación de RC o VI?”. Trabajo de investigación requisito para optar al título de Cirujano Dentista. Facultad de Odontología. Universidad de Chile. 1992.
- 15.** Lopes G. et al. “Dental adhesion: Present state of the art and future perspectives”. Quintessence Int. 33: 213-224. 2002.
- 16.** Peutzfeldt A. “Resin composite in dentistry: the monomer systems”. Eur J Oral Sci 105: 97-116. 1997.
- 17.** Frankenberger R., Perdigao J., Rosa B. T., Lopes M. “ No-bottle v/s Multi-bottle dentin adhesives- a microtensile bond strength and morphological study”. Dental Materials 17:373-380. 2001.
- 18.** Ariño p. “Adhesivos Dentales del Nuevo Milenio: “La Membrana Adhesiva”. Industria y Profesiones N° 110. Septiembre 2000. Ciencia. [www.gacetadental.com](http://www.gacetadental.com)
- 19.** Arcos A.; “Análisis al microscopio electrónico de barrido de la magnitud de interfase diente-restauración en resinas compuestas en base a dimetacrilatos y a siloranos utilizando diferentes tipos de adhesivos (estudio *in vitro*)”. Trabajo de investigación para optar al título de Cirujano Dentista, 2011, Universidad de Chile.
- 20.** Ribera C., Quevedo E., Bader M. “Análisis comparativo *in vitro* de las propiedades físicas mecánicas de dos resinas compuestas de reciente aparición v/s su antecesora”. Rev. Fac. Odontología. U. de Chile. 18:25-33.2000.
- 21.** Ortega, R.; Estudio comparativo *in vitro* de la resistencia al desgaste de 3 Resinas Compuestas de nanotecnología y 3 Resinas Compuestas convencionales” . Trabajo de investigación para optar al título de Cirujano Dentista, 2005, Universidad de Chile.
- 22.** Fleet, C.; “Análisis comparativo *in vitro* de la microfiltración marginal de una Resina Compuesta Microhíbrida convencional y tres de nanorelleno”. Trabajo de investigación para optar al título de Cirujano Dentista, 2004, Universidad de Chile.

- 23.** Boggioni C.; “Análisis comparativo *in vitro* del comportamiento físico-mecánico de restauraciones de resina compuesta realizadas con el adhesivo One Coat SL Bond versus el adhesivo One Coat SE Bond”. Trabajo de investigación para optar al título de Cirujano Dentista, 2007, Universidad de Chile.
- 24.** Barrancos J. “Operatoria dental”. Cuarto Edición. Editorial Panamericana. 2006.
- 25.** Pamir T, Türkün M. “Factors affecting microleakage of a packable resin composite: an *in vitro* study”. Oper Dent. 2005 May-Jun;30(3):338-45
- 26.** Guede, C.; “ Estudio comparativo *in vitro* de las propiedades mecánicas de resinas compuestas fluidas polimerizadas en distintos tiempos, a través de bloque de resinas compuesta previamente endurecida” Trabajo de investigación para optar al título de Cirujano Dentista, 2006, Universidad de Chile.
- 27.** Abate, P.; “Alternativas en materiales plásticos estéticos para el sector posterior”. Rev. A.O.A. Vol 86; p 390-95. 1998.
- 28.** Phillips R. “La ciencia de los materiales dentales de Skinner”. Octava Edición. Editorial Interamericana. 1988.
- 29.** Carolina Paes Torres, DDS Silmara Milori Corona. “Bond strength of Self-etching Primer and Total-etch Adhesive system to primary dentin”. Journal of Dentistry for Children-71:2,2004
- 30.** Montenegro M.A., Mery C., Aguirre A. “Histología y embriología del sistema estomatognático”. Facultad de Odontología. Universidad de Chile. 1986. cap. 5 y 6.
- 31.** O'Brien W. “Dental materials and their selection”. Segunda Edición. Editorial Quintessence Int. 1997. p. 39-48. cap. IV.
- 32.** Fusuyama T. et al. “Non-pressure adhesion of a new adhesive restorative resin”. Journal of Dental Research. 58(4): 1364-1370.1979.
- 33.** Toledano M. et al. “Influence of self-etching primer on the resin adhesion to enamel and dentin”. Am. Journal of Dentistry. 14(4):205-210. 2001.
- 34.** Van Meerbeek B., Perdigao J., et. al. “The Clinical performance of adhesives”. J.Dent. 26 (1): 1-20. 1998.
- 35.** Pradelle-Plasse N. et al. “Effect of dentin adhesive on the enamel-dentin/composite interfacial microleakage”. Am. J. Dent. 14: 344-349. 2001.

- 36.** Gagliardi RM, Alvear RP. "Evaluation of microleakage using different bonding agents". Oper Dent. 2002 Nov-Dec;27(6):582-6.
- 37.** Amaral CM, Hara AT, Pimenta LA, Rodrigues AL jr. "Microleakage of hydrophilic adhesive system in class V composite restorations". AM J Dent. 2001 Feb;14(1):31-3
- 38.** Banomyong D, Palamara JEA, Messer HH, Burrow MF. "Sealing ability of occlusal resin composite restoration using four restorative procedures". Eur J Oral Sci 2008; 116:571-578
- 39.** Rosales J.; "XP-BOND™ y el sellado de la interfase de unión". Artículo de la cátedra de Materiales Odontológicos. Facultad de Odontología. Universidad de Granada. Mayo, 2007.
- 40.** Saavedra, P.; "Comparación "In Vitro" del grado de resistencia adhesiva de los sistemas adhesivos Single Bond y Adper Single Bond 2." Trabajo de investigación para optar al título de Cirujano Dentista, 2006, Universidad de Chile.
- 41.** Abate P. F., Rodriguez V. I., Macchi R. L. "Evaporation of solvent in one-bottle adhesives". Journal of Dentistry 28: 437-440. Febrero, 2000
- 42.** Swift E., Perdigao J., Heymann H. "Enamel bond strengths of "one-bottle" adhesives". Pediatric Dentistry 20(4): 259-262. 1998.
- 43.** Llana P., Forner M. C. "Relación de la permeabilidad dentinaria con los nuevos sistemas adhesión dentinaria". EJDR. Junio 1997.
- 44.** Al-Ehaideb A., Mohammed H. "Microleakage of one bottle Dentín Adhesives". Op. Dent. 26: 172-175. Marzo 2001.
- 45.** Del-Nero M., Escribano N., De la Macorra J. C. "Análisis of Sealing v/s tensile Bond Strength of Eight Adhesive Restorative Material Systems". J Adhesive Dent 2: 117-127.2000.
- 46.** Camacho J. Investigación, poblaciones y muestra. Act Med Costarric. 2007; 49: 11-2.
- 47.** Triola M. Estadística. 9° ed. Mexico: Pearson educación; 2004.
- 48.** Lowry R. A first glance at the question of statistical significance. En: Concepts and applications of inferential statistics. Vassar College; 2007. Disponible en: <http://faculty.vassar.edu/lowry//ch4pt1.html>