



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE  
MÉXICO

---

---



**FACULTAD DE ODONTOLOGÍA**

SISTEMAS CERÁMICOS EN PRÓTESIS FIJA

**T E S I N A**

QUE PARA OBTENER EL TÍTULO DE

**C I R U J A N A   D E N T I S T A**

P R E S E N T A:

FERNANDA SUASTE MIGONI

TUTOR: Esp. YAZMÍN MARTÍNEZ CARRILLO



Universidad Nacional  
Autónoma de México

Dirección General de Bibliotecas de la UNAM

**Biblioteca Central**



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

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

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

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



## **Dedicatorias**

Este trabajo está dedicado a:

Mis papás Carlos y Margarita quienes con su amor, paciencia y esfuerzo me han permitido llegar a cumplir un sueño más, gracias por inculcarme el ejemplo del compromiso y perseverancia y por nunca dejar de creer en mí y estar ahí siempre para guiarme.

Mi hermana Verónica, abuelita Julia, mis tías Lorena y Odilia y mi primo Carlos, gracias por sus consejos y palabras de aliento que hicieron de mí una mejor persona y por acompañarme en todos mis logros.

# Índice

1.	Introducción.	5
2.	Características de los sistemas cerámicos.	6
	2.1. Clasificación.	7
3.	Cerámica feldespática.	10
	3.1. Generalidades.	10
	3.2. Componentes.	11
	3.3. Procedimiento en el laboratorio.	12
	3.4. Propiedades.	12
	3.5. Indicaciones.	13
	3.6. Contraindicaciones.	14
4.	Cerámica de disilicato de litio.	14
	4.1. Generalidades.	14
	4.2. Componentes.	15
	4.3. Procedimiento en el laboratorio.	15
	4.4. Propiedades.	18
	4.5. Indicaciones.	18
	4.5. Contraindicaciones.	19
5.	Cerámica de dióxido de zirconio.	20
	5.1. Generalidades.	20
	5.2. Componentes.	21
	5.3. Propiedades.	22
	5.3.1. Zirconia de primera generación. (3Y-TZP)	23
	5.3.2. Zirconia de segunda generación. (3Y-TZP)	23
	5.3.3. Tercera generación. (5Y-PSZ)	25
	5-3.4. Cuarta generación. (4Y-PSZ)	26
	5.4. Monocromáticos y multi-cromáticos.	27
6.	Cerámica infiltrada con resina: Vita Enamic.	27
	6.1. Generalidades.	27
	6.2. Componentes.	28
	6.3. Propiedades.	29
	6.4. Indicaciones.	30
	6.5. Contraindicaciones.	30
7.	Criterios de selección de los sistemas cerámicos.	31
	7.1. Resistencia a la fractura.	31
	7.2. Ajuste marginal.	32
	7.3. Estética.	32
	7.4. Supervivencia clínica.	33

8.	Chipping.	33
9.	Protocolo de Cementado.	34
	9.1. Generalidades de los sistemas adhesivos.	34
	9.2. Grabado total o selectivo.	39
	9.3. Generalidades de los cementos de resina.	40
	9.4. Acondicionamiento de la superficie de las cerámicas.	42
10.	Tecnología CAD-CAM.	47
11.	Conclusión.	48
12.	Referencias.	49

## **Objetivo Específico.**

Describir las características y aplicaciones clínicas de los sistemas cerámicos usados en rehabilitación oral fija, así como el manejo clínico para el acondicionamiento de cada sistema a través de una revisión bibliográfica.

# 1. Introducción

El desarrollo que han tenido los sistemas cerámicos a lo largo de los años ha ofrecido una gran variedad de opciones para la confección de prótesis fijas logrando adaptar estos sistemas a las necesidades de cada profesional para sus rehabilitaciones. Son materiales utilizados en odontología por sus amplias propiedades como su biocompatibilidad, buena resistencia mecánica y su estética, aunque se debe tener en cuenta que la estética es un concepto subjetivo y depende de las ideas y costumbres de la población a la que se dirige, pero en general las cerámicas buscan el equilibrio adecuado entre los factores biológicos, mecánicos, estéticos y funcionales.<sup>1</sup>

Como ya es sabido por muchos años se intentó sustituir a los metales utilizados en rehabilitación oral por factores como la estética y su biocompatibilidad pero no fue hasta el surgimiento de la odontología adhesiva cuando se empezó a utilizar los materiales libres de metal. La primera cerámica que se utilizó en odontología fue la cerámica feldespática y gracias al desarrollo de las investigaciones actualmente se cuenta con sistemas cerámicos que poseen microestructuras diferentes entre sí, lo que los dota de características e indicaciones distintas. La tecnología y sus avances han sido un gran impulsor del uso de los sistemas cerámicos ya que algunos grupos de cerámicas solo se pueden manufacturar con ayuda de la tecnología como por ejemplo el dióxido de zirconio que actualmente es el más novedoso y con grandes aplicaciones dentro de la odontología por las características que posee.<sup>5</sup>

Sin embargo, no todos los profesionales reconocen las aplicaciones y características de los sistemas cerámicos, por lo que se les dificulta escoger el material ideal para rehabilitar sus casos, se debe tomar en cuenta que aunque existe una gran variedad de cerámicas, cada una con propiedades distintas, una sola cerámica no está indicada para todos los casos.

Este trabajo tiene como propósito el describir cuatro sistemas cerámicos, desglosando sus características, generalidades, el procedimiento de fabricación, propiedades y aplicaciones clínicas para facilitar la elección del material adecuado según las necesidades que se presenten en cada paciente, además de explicar el manejo adecuado, según la literatura, para acondicionar cada material y así garantizar un mayor éxito en las restauraciones.

## 2. Características de los sistemas cerámicos

El origen de la palabra cerámica viene del griego *keramiké* “arcilla, alfarero”. Se refiere a la combinación de uno o más metales o semimetales con un elemento no metálico que generalmente es el oxígeno.<sup>1</sup>

Entre los materiales cerámicos en general se encuentra la arcilla, sílice, silicatos y vidrio y desde el punto de vista odontológico encontramos, alúmina, zirconio y porcelana <sup>1</sup>; dependiendo de las propiedades que se requieran de la cerámica son los componentes que se le van a adicionar. Las cerámicas en general están constituidas por:

- Materias primas plásticas: son arcillas y caolines, estos son necesarios para dar la forma deseada a la cerámica durante el proceso de conformado.<sup>3</sup>
- Elementos formadores de red: los más utilizados son los derivados del sílice, por ejemplo el cuarzo, estos le dan la característica vítrea a la cerámica.<sup>3</sup>
- Materiales fundentes: feldespatos, tienen como función reducir el punto de fusión en la cocción de la cerámica.
- Aditivos cerámicos: son diferentes compuestos químicos que desaparecen durante la cocción por lo que no forman parte del producto final.<sup>3</sup>

Las cerámicas presentan una estructura vítrea a la que también se le denomina amorfa; lo que significa que sus átomos no están colocados de forma ordenada, como se puede observar en la estructura de los cristales, por lo tanto, los átomos de las cerámicas no siguen un patrón repetitivo. (Fig 1). Al calentar un sólido hasta punto de fusión los enlaces químicos se rompen lo que provoca que desaparezca la estructura cristalina, cuando la masa se vuelve a enfriar y recupera su estado sólido los átomos tenderían a reordenarse, no obstante, en las cerámicas no se les da el tiempo necesario a los átomos para hacerlo y se obtiene un sólido amorfo. Aunque el orden de sus átomos no sigue un patrón, estos se acomodan de forma que su carga eléctrica esté balanceada y de ese modo se crean enlaces químicos fuertes y resistentes. Por lo tanto, las cerámicas obtienen sus características después de la fase de cocción.<sup>3</sup>

Las principales propiedades de las cerámicas son su biocompatibilidad y su estabilidad química, además que, debido a la ausencia de electrones conductores, los materiales cerámicos son buenos aislantes térmicos y eléctricos <sup>3</sup> posee altos valores de resistencia a la compresión, dureza y sobre

todo es utilizado en odontología ya que cuando es tratado con pigmentos se puede conseguir una apariencia similar a la del diente.<sup>2</sup>

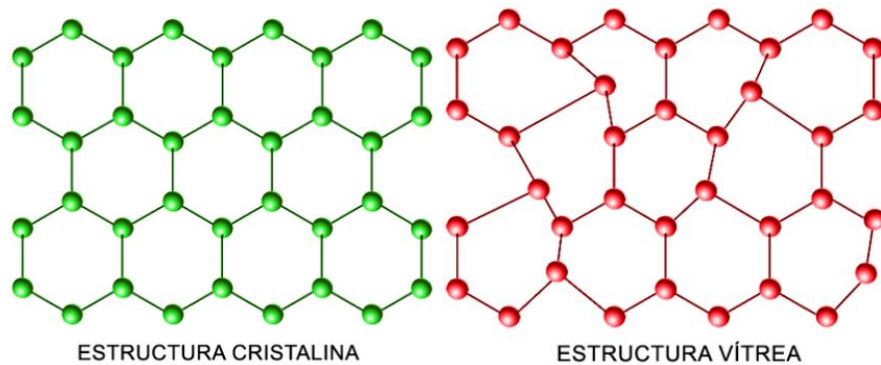


Fig 1. Microestructura de cerámica, cristal (izquierda) y vidrio (derecha). Tomada de: <https://cutt.ly/8F6hexW>

## 2.1. Clasificación.

Los sistemas cerámicos son clasificados con base a dos criterios: composición química y técnica de confección; los cuales se detallan a continuación:<sup>6</sup>

➤ Clasificación por la composición química:

-Cerámicas feldespáticas.

Poseen una microestructura mixta, una matriz vítrea en la cual se encuentran inmersas partículas de minerales cristalizados. Son las que presentan menor resistencia de los sistemas cerámicos.

Dentro de esta clasificación de porcelanas se encuentran las feldespáticas reforzadas que poseen un alto contenido de feldespato pero incorporan microcristales a la cerámica, lo que le da una mayor resistencia.<sup>6</sup> Las porcelanas reforzadas se clasifican y reciben el nombre del cristal que poseen como refuerzo:

Leucita.

Disilicato y ortofosfato de litio.<sup>1</sup>

-Cerámicas aluminosas

Material con una microestructura mixta en la que la alúmina permanece en suspensión dentro de la matriz.<sup>6</sup>

McLean y Hughes incorporaron a la porcelana feldespática cantidades importantes de óxido de aluminio reduciendo la proporción de cuarzo.

-Cerámicas circoniosas.

Este grupo de cerámicas es el más novedoso. Compuestas por dióxido de zirconio altamente sinterizado estabilizado parcialmente con óxido de itrio. Tiene una microestructura totalmente cristalina lo que le da como principal

característica una gran tenacidad.<sup>6</sup> Poseen las mejores propiedades mecánicas, excelente biocompatibilidad y muy buena estética.<sup>11</sup>

Este material actualmente se está perfilando como el ideal tanto para zonas estéticas como en áreas en las que se necesita soporte mecánico con carga funcional elevada, aunque se debe tener en cuenta que no es aplicable para todas las situaciones clínicas.<sup>6</sup>

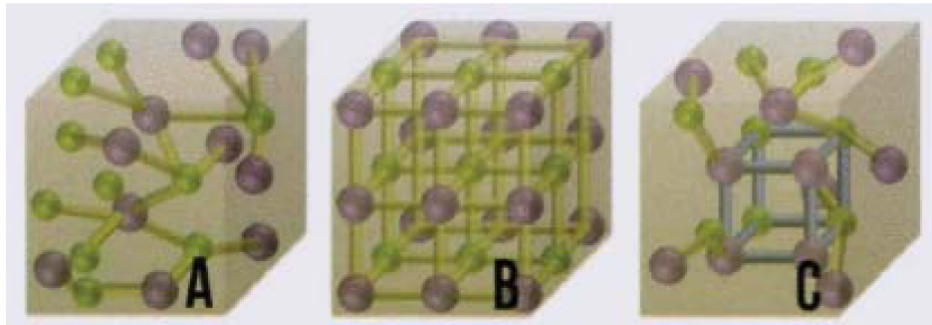


Fig 2. A. Microestructura de vidrio B. Microestructura de cristal C. Microestructura de cerámica parcialmente cristalina.<sup>11</sup>  
Tomada de: Ciencia y evolución del dióxido de zirconio, de la prioridad mecánica a la necesidad estética.

➤ Clasificación por la técnica de confección:

Se clasifican según la forma en cómo se trabajan en el laboratorio.

-Condensación sobre muñón refractario.

Técnica en la cual se obtiene un segundo modelo de trabajo mediante un material refractario que no sufre variaciones dimensionales al someterlo a la temperatura que requiera la cerámica para su cocción; la cerámica se va estratificando sobre estos modelos termoresistentes para su posterior sinterización.<sup>6</sup> (Fig 4).

El modelo refractario se realiza con materiales que toleran altas temperaturas sin desintegrarse y sin variaciones dimensionales por lo que es ideal para la confección de restauraciones de porcelana, ya que estas son sometidas a altas temperaturas.<sup>6</sup> En el proceso de sinterizado se parte de un material en polvo que mediante la combinación de presión y temperatura consigue la unión de las partículas.



Fig 4. Porcelana estratificada en modelo.<sup>27</sup> Tomada de: <https://cutt.ly/gF6hWzJ>



-Sustitución a la cera pérdida.

Técnica en la cual se modela un patrón en cera que posteriormente se reviste en un cilindro y se mete en un horno para derretir la cera, después se calienta la cerámica, su presentación es una pastilla que se calienta hasta su punto de fusión, y se inyecta al espacio que dejó la cera al ser derretida.<sup>6</sup> (Fig 5)



Fig 5. Demostración del material inyectado en el revestimiento.<sup>28</sup> Tomada de: <https://cutt.ly/oF6jtQS>

-Tecnología asistida por ordenador.<sup>6</sup>

Es este procedimiento se hace uso de la tecnología CAD-CAM (*Computer Aid Design- Computer Aid Machining*), por medio de la cual se diseñan las restauraciones cerámicas de forma precisa y más eficiente. (Fig 6 y 7)

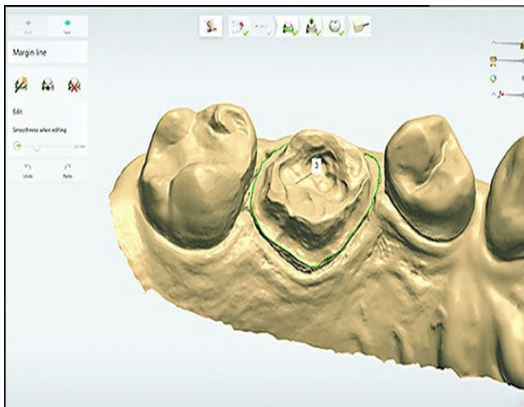


Fig 6. Diseño asistido por computadora.<sup>29</sup>  
Tomada de: <https://cutt.ly/zF6h08v>

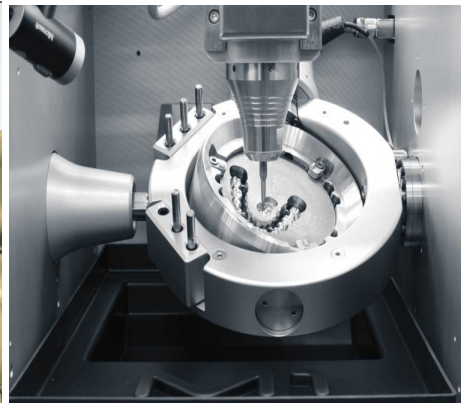


Fig 7. Fresado de los diseños.<sup>30</sup>  
Tomada de: <https://cutt.ly/qF6h8Fu>

También los sistemas cerámicos se clasifican por:

➤ Su resistencia a la fractura en tres grupos:

-Baja resistencia (100 a 300 MPa): Porcelanas feldespáticas.

-Resistencia moderada (300 a 700 MPa): Disilicato de Litio.

-Alta resistencia (mayor de 700 MPa) Cerámicas Circoniosas y aluminosas.<sup>6</sup>

➤ Su translucidez:

-Translúcidos: cerámica feldespática, disilicato de litio.

-Opacos: zirconia y alúmina.<sup>6</sup>

➤ Resistencia a los ácidos:

Dependiendo de la reacción que tengan frente a un ácido.

-Ácido sensible: feldespáticas, disilicato de litio.

-Ácido resistente: zirconia.<sup>8</sup>

### 3. Cerámica feldespática.

#### 3.1. Generalidades

Esta cerámica es la primera que se utilizó en odontología. Es una cerámica que está formada por una matriz de vidrio y una fase más cristalina.<sup>1</sup>

La primera porcelana que se utilizó dentalmente tenía la misma composición que las porcelanas utilizadas en las piezas artísticas. Compuestas por tres elementos básicos de la cerámica: feldespato, cuarzo y caolín, y aditivos de óxidos metálicos con el paso del tiempo esta fórmula fue cambiando hasta llegar a las actuales cerámicas feldespáticas.<sup>6</sup>

Las cerámicas feldespáticas presentan una fase vítrea, amorfa, que representa el 80% de la cerámica y una fase cristalina, ordenada, que actúa como relleno, esta fase representa el 20%.



Fig 8. Porcelana feldespática.<sup>31</sup>  
Modificada de: <https://cutt.ly/GF6jj1e>

### 3.2. Componentes

Compuestas por una matriz de feldespato en el que están dispersas partículas de cuarzo y en menor cantidad el caolín. La porcelana feldespática obtiene su estructura vítrea de la fusión del feldespato <sup>8</sup>, este al descomponerse en vidrio, es el responsable de la translucidez; el cuarzo es la fase cristalina y el caolín le da plasticidad y facilita el manejo de la cerámica cuando no está cocida; para disminuir la temperatura de sinterizado se incorporan fundentes y se le añaden pigmentos para obtener diversas tonalidades.<sup>6</sup> Su estructura amorfa consiste en una red desordenada de cadenas hechas de tetraedros de sílice unidos entre sí por compartir átomos de oxígenos comunes.<sup>8</sup>

La porcelana tradicional es una porcelana de fusión alta a media, por encima de 1,300 °C. La aparición de las coronas de metal desencadenó el desarrollo de formulaciones de porcelana de baja fusión, 850°C-1,100°C, que permitieron su fusión sobre estructuras de aleaciones metálicas; esto se logró al introducir óxidos de metales alcalinos como el potasio, sodio, calcio, magnesio y bario, estos también actúan como fundentes para aumentar la fluidez del vidrio en su punto de fusión.<sup>8</sup>

Otra característica es que el coeficiente de expansión térmica (CTE) se puede ajustar variando las proporciones de aditivos de óxido metálico para igualar el CTE de la subestructura a la que se le va a estratificar esta porcelana.<sup>8</sup>

La cerámica feldespática se produce fundiendo a 1,200°C- 1,600°C una mezcla de materias primas de grano fino y posteriormente templando el vidrio fundido en agua fría para romperlo en pequeños fragmentos, lo que recibe el nombre de frita. Este procedimiento se realiza varias veces para obtener una frita homogénea.<sup>8</sup> (Fig 9.) Posteriormente se muele la frita para obtener finas partículas, para después mezclarlas con un líquido acuoso y orgánico y aglutinantes poliméricos para formar una suspensión en polvo.<sup>8</sup>

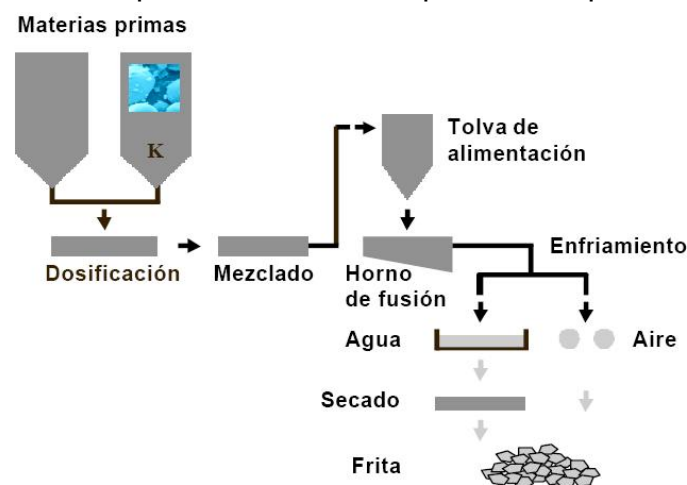


Fig 9. Elaboración de la frita.<sup>32</sup> Tomado de : <https://cutt.ly/AF6jml3>

### 3.3. Procedimiento en el laboratorio.

La suspensión de polvo se aplica sobre un molde refractario o sobre un núcleo dental (Fig 10), posteriormente se coloca en un horno para evaporar cuidadosamente el líquido y después calentar lentamente la porcelana, lo que provoca que se queme el aglutinante. Su temperatura de cocción es entre 750°C a 950°C, a estas temperaturas las partículas de vidrio se ablandan y se unen para formar una unidad densa y finalmente se enfría lentamente para evitar grietas o fracturas. El proceso de calentamiento se realiza al vacío para eliminar poros y burbujas de aire atrapadas que pueden provocar una reducción de la resistencia en la restauración.<sup>8</sup> (Fig 11)

Después de la elaboración de la restauración se fusiona un glaseado sobre la superficie exterior a baja temperatura para producir una superficie suave y brillante.<sup>8</sup> (Fig 12)

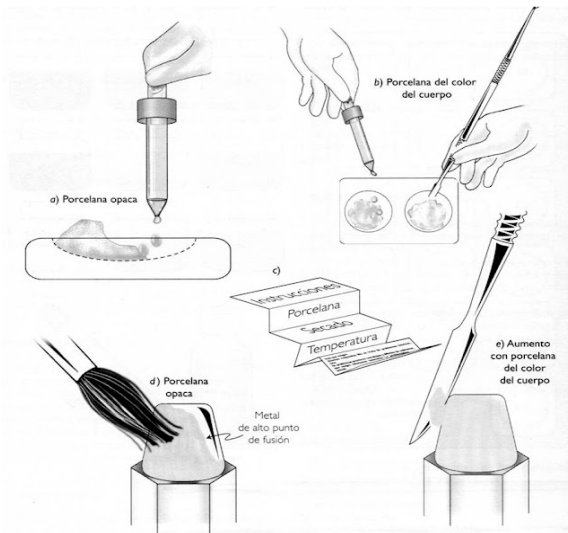


Fig 10. Método de condensación.<sup>33</sup>  
Tomado de: <https://rb.gy/knfd6c>

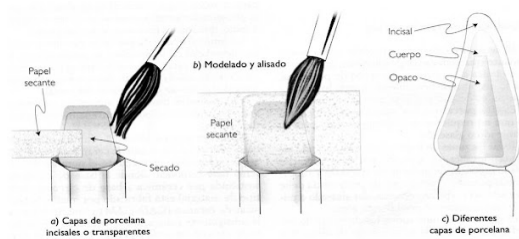


Fig 26.6. Aplicación de las capas de porcelana, secado, modelado y alisado de éstas.

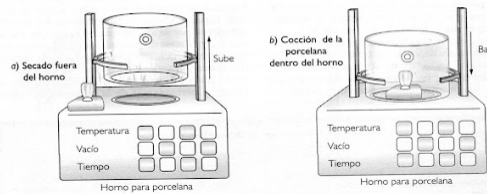


Fig 11. Proceso de cocción.<sup>34</sup>  
Tomado de: <https://rb.gy/ydnhpz>

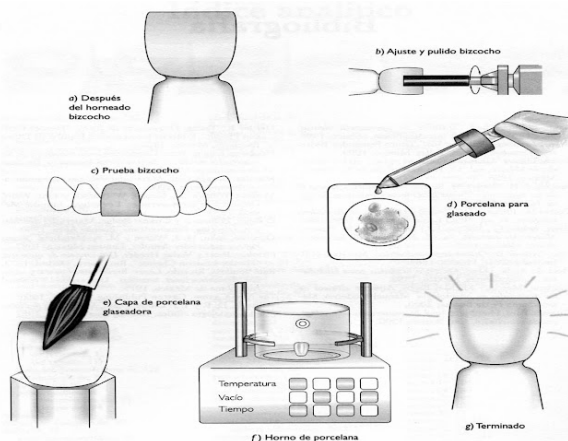


Fig 12. Proceso de glaseado y terminado.<sup>35</sup>  
Tomado de: <https://rb.gy/2j0hid>

### 3.4. Propiedades

Es la porcelana con mayor estética de todos los sistemas cerámicos debido a la mayor cantidad de su fase vítrea que le da la propiedad de ser translúcida

son biocompatibles pero se debe tener en cuenta que las porcelanas dentales más translúcidas también son las que tienen menor fuerza y resistencia.<sup>4, 24</sup> Esta porcelana se puede fabricar en varios tonos y en diferentes niveles de opacidad y translucidez para lograr imitar las propiedades ópticas de la dentina y el esmalte. Para la preparación de restauraciones sin metal se aplican los siguientes principios: preparación de hombro con bordes internos redondeados y/o preparación de chaflán. (Fig 17). La resistencia a la flexión de las cerámicas feldespáticas es de 120- 150 MPa.<sup>4</sup>



Fig 13. Porcelana feldespática.<sup>36</sup> Tomada de: <https://rb.gy/omomvq>



Fig 14. Estratificación de la porcelana color ENAMEL light<sup>37</sup> Tomada de: <https://rb.gy/dkduye>



Fig 15. Carillas ya sinterizadas<sup>38</sup> Tomada de: <https://rb.gy/vvakeo>



Fig 16. Sonrisa altamente estética.<sup>39</sup> Tomada de: <https://rb.gy/jt5qma>

### 3.5. Indicaciones

Esta porcelana debido a que la estética es su principal ventaja se utiliza para:

- Carillas en sector anterior.<sup>8</sup>

- Recubrimiento de estructuras metálicas o cerámicas. <sup>6</sup>
- Las porcelanas opacas se utilizan para opacar la estructura metálica o un diente con discromia y posteriormente estratificar porcelana más translúcida para lograr mimetizar la restauración con los dientes. <sup>8</sup>

### 3.6. Contraindicaciones

- No se utilizan en prótesis fija sin una subestructura en la cual montarse. <sup>6</sup>
- Onlays.
- Inlays.
- Coronas. <sup>8</sup>

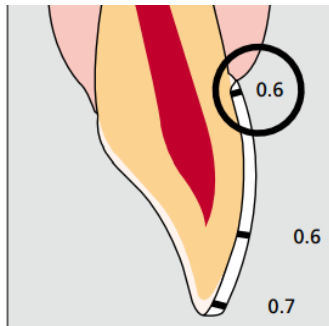


Fig 17. Grosor y dirección de tallado. Tomado de: t.ly/NZD4

## 4. Cerámica de disilicato de litio.

### 4.1. Generalidades

La casa comercial Ivoclar Vivadent creó un sistema llamado IPS Empress 1, basado en una cerámica vítrea reforzada con cristales de leucita en un 35-55%. Fue en 1988 cuando la cerámica de disilicato de litio se introdujo por primera vez para su uso como material termoprensado comercializado como IPS Empress 2 basado en la microestructura del Empress 1 pero este fue reforzado por cristales de disilicato de litio, siendo un 60-65% de relleno inmersos en una matriz amorfa vítrea. El sistema IPS Empress se centró en corregir el problema de contracción durante la cocción de la cerámica que sucede en las cerámicas feldespáticas. <sup>24</sup>

En el año 2005 se introdujo el sistema IPS e.max Press <sup>9</sup> a las cerámicas de vidrio mejorando la resistencia de las restauraciones individuales y múltiples. Clasificado como una cerámica vítrea que contiene aproximadamente 70% de relleno de cristales de disilicato de litio. <sup>9</sup> Con este avance se incorporaron técnicas de manufactura diferentes, la que ya se conocía que es por inyección (Fig 18) y la nueva que es asistido por computadora. <sup>7</sup> IPS e.max CAD se



introdujo en 2006 con la llegada de la odontología digital, esta cerámica estaba preparada específicamente para el uso de CAD-CAM es un “estado azul”<sup>9</sup> (Fig 19)



Fig 18. Pastillas para técnica de inyección<sup>40</sup>  
Tomado de: <https://rb.gy/eqdjdy>

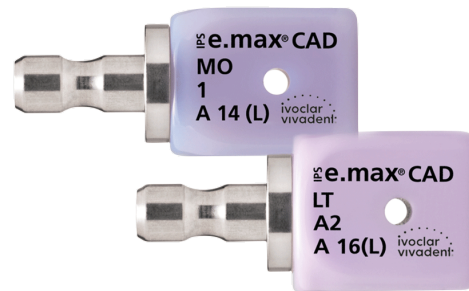


Fig 19. Bloques CAD-CAM metasilicato de litio.<sup>41</sup>  
Tomado de: <https://rb.gy/liyc1u>

## 4.2. Componentes

IPS e.max consiste en gran parte el 70% del volumen cristales finos de disilicato de litio ( $\text{Si}_2\text{Li}_2\text{O}_5$ ) y una pequeña cantidad de cristales de ortofosfato de litio que están inmersos aleatoriamente en una matriz vítrea.<sup>8</sup>

La cristalización del disilicato de litio es heterogénea y se puede lograr a través de dos rutas diferentes de procesamiento, de dos o tres etapas dependiendo de si la cerámica se utilizará como bloque para la técnica de fresado CAD-CAM o como pastilla para la técnica de inyección de cera perdida.<sup>8</sup>

## 4.3. Procedimiento en el laboratorio.

- Para la fabricación de restauraciones a partir de bloques CAD-CAM el disilicato de litio para por 3 etapas:

Primera etapa: un bloque cerámico se calienta a 450-550 °C durante 5 min a 1 hr. para asegurar el crecimiento cristalino de metasilicato.<sup>8</sup>

Segunda etapa: en esta etapa el bloque cerámico se calienta a 690-710°C durante 10-30min para formar cristales de metasilicato de litio ( $\text{Li}_2\text{SiO}_3$ ). Este material que se caracteriza por ser azul, aún es débil por su microestructura y se puede fresar, evitando un desgaste mayor de la fresa, para formar la restauración deseada.<sup>8</sup> (Fig 21, 22)

Tercera etapa: después del fresado el material se calienta a 850°C durante 20-30min en un horno de porcelana dental para llegar a la fase final donde tenemos un mayor número de cristales de disilicato de litio y menor número de cristales de ortofosfato de litio. En este proceso de sinterización el material

sufre una contracción del 0.2% que ya está contemplado en el software CAD-CAM.<sup>8</sup> (Fig 23, 24)



Fig 20. Metasilicato de litio. Tomado de: The science and application of IPS e.MAx dental ceramic

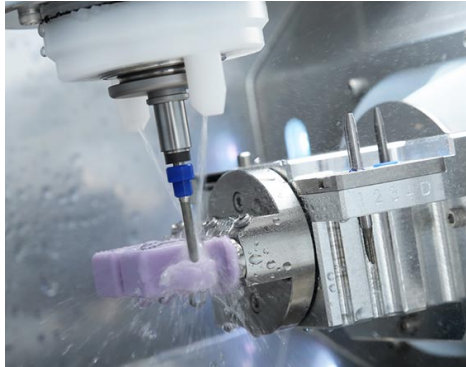


Fig 21. Fresado del bloque.



Fig 22. Colocación de la restauración en un perno.

Tomado de : The science and application of IPS e.MAx dental ceramic



Fig 23. Preparando la restauración para entrar al horno de sinterizado. Tomado de: The science and application of IPS e.MAx dental ceramic



Fig 24. Salida de la restauración del horno. Tomado de: The science and application of IPS e.MAx dental ceramic

- Para la fabricación de restauraciones por inyección la cerámica pasa por 2 etapas para su cristalización:

Primera etapa: La pastilla de vidrio, que contiene los núcleos formados durante el paso de enfriamiento o el paso de precalentamiento se cristaliza en disilicato



de litio en un solo tratamiento térmico a 750-850°C durante 2 hrs aproximadamente.<sup>8</sup>

Segunda etapa: se realiza ya en el laboratorio dental; la pastilla cristalizada se calienta a 920°C y se prensa para que fluya en el molde dental hecho por la técnica previa de cera perdida, se mantiene a esa temperatura durante 5-15 min.<sup>8</sup> (Fig 25, 26, 27 y 28)

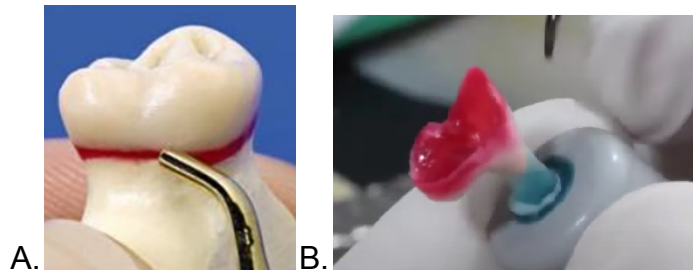


Fig 25. A. Encerado de la restauración. B. Colocación de la restauración con cueles. Tomado de: Clinical materials review.

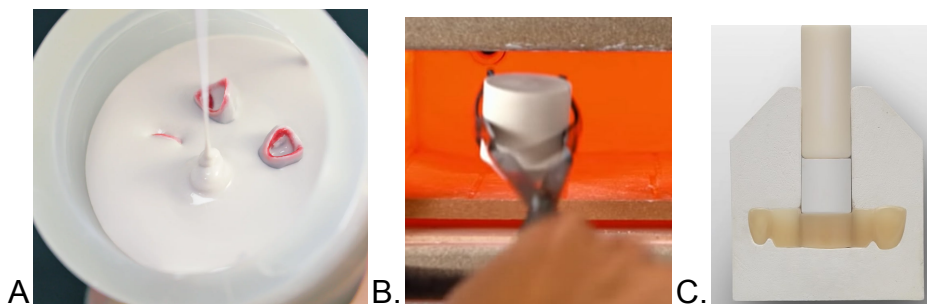


Fig 26. A. Inmersión de las restauración en el revestimiento. B. Introducción del bloque al horno de desencerado. C. Colocación de la pastilla de cerámica y pistón. Tomado de: Clinical materials review.



Fig 27. A. Horno de cerámica, B. Recuperación de las restauraciones. Tomado de: Clinical materials review.

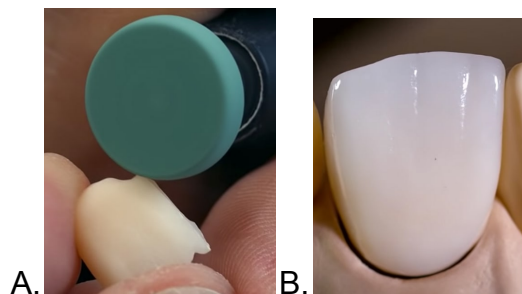


Fig 28. A. Recortado de las restauraciones, B. Restauración terminada. Tomado de: Clinical materials review.

#### **4.4. Propiedades**

Mantienen una fase vítrea importante lo que les sigue otorgando una translucidez considerablemente buena sobre otras cerámicas que contienen alúmina o zirconia, lo que se debe considerar al momento de seleccionar el sistema con el cual se va a rehabilitar.<sup>4</sup>

Tanto las pastillas como los bloques para CAD-CAM ofrecen diferentes niveles de translucidez-opacidad.

IPS e.max Press ofrece una gran variedad que son: “Multi” da la progresión del tono y la translucidez desde la dentina hasta el área incisal, “HT” alta translucidez, “MT” translucidez media, “LT” baja translucidez, “MO” opacidad media, “HO” alta opacidad y “Impulse” da un efecto opalescente realista para sustituir el esmalte.<sup>10</sup> (Fig 30)

El sistema IPS e.max CAD-CAM presenta tres niveles que son: “HT” high translucency, “LT” low translucency y “MO” medium opacity, con lo que se amplían las posibilidades clínicas.<sup>9</sup>

Esta cerámica tiene una resistencia a la flexión de 400 MPa, por el método de inyección, y de 360 MPa, por el método de CAD-CAM<sup>8</sup>, que ambos métodos son alrededor de 6 veces más que una feldespática para revestimiento.<sup>4</sup> En su estado de metasilicato de litio tiene una resistencia a la flexión de 130 MPa.<sup>9</sup> Los estudios clínicos han demostrado que las restauraciones de disilicato de litio tienen excelentes tasas de éxito a largo plazo se adhieren a estructuras de esmalte, la tasa de supervivencia de los inlays y onlays es del 92% a los 8 años, las carillas del 94% a los 12 años, y las coronas el 95% a los 11 años. Estos resultados sugieren que esta clase de materiales es ideal para los casos en los que queda una cantidad significativa de estructura dental y esmalte sanos, así como para los que el tejido remanente sea poco.<sup>2</sup>

#### **4.5. Indicaciones.**

Esta cerámica permite producir restauraciones monocromáticas, así como policromáticas.

Indicada para:

- Carillas mayor o igual a 0.3mm.
- Carillas oclusales (table tops) mayor o igual a 1.0 mm.
- Inlays.
- Onlays.
- Coronas parciales.

- Coronas mayor o igual a 1.0 mm en la región anterior y posterior.
- Prótesis fija de tres unidades en la región anterior (segundo premolar como último pilar).
- Endocrowns
- Pilares híbridos en implantología.
- Coronas sobre pilares híbridos.<sup>10</sup> (Fig 29)

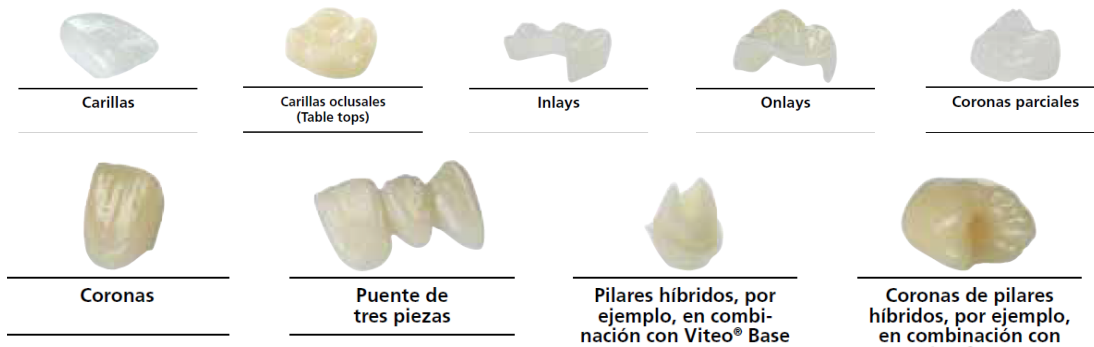


Fig 29. Indicaciones del disilicato de litio.<sup>10</sup> Tomado de: IPS e.max, la cerámica de inyección de disilicato de litio.

#### 4.6. Contraindicaciones.

- Subestructuras para implantes de arco completo.
- Prótesis fija en zona de molares.

	Policromático	Monocromático						
	IPS e.max Press Multi	IPS e.max Press HT	IPS e.max Press MT	IPS e.max Press LT	IPS e.max Press MO	IPS e.max Press HO	IPS e.max Press Impulse	
Pastilla								
Translucidez	 Progresión del tono y la translucidez desde la dentina hasta el área incisal	 Alta translucidez similar a la del esmalte natural	 Translucidez media	 Baja translucidez similar a la de la dentición natural	 Opacidad media	 Alta opacidad	 Efecto opalescente realista para la sustitución del esmalte	
Tonos	10 (BL2, A1, A2, A3, A3.5, B1, B2, C1, C2, D2)	20 (4 Bleach BL, 16 A-D)	7 (BL2, BL3, BL4, A1, A2, A3, B1)	20 (4 Bleach BL, 16 A-D)	5 (MO 0, MO 1, MO 2, MO 3, MO 4)	3 (HO 0, HO 1, HO 2)	2 (Opal 1, Opal 2)	
Indicaciones	Carillas, coronas, coronas con pilar híbrido,	Carillas finas, carillas oclusales, carillas, inlays, onlays, coronas parciales	Carillas finas, carillas oclusales, carillas, coronas parciales, coronas, puentes	Carillas, coronas parciales, puentes, pilares híbridos, coronas con pilar híbrido	Estructuras en núcleos ligeramente teñidos, pilares híbridos	Estructuras en núcleos ampliamente teñidos	Carillas finas, carillas oclusales, carillas,	
Técnica	Técnica de maquillaje Técnica de cut-back	Técnica de maquillaje Técnica de cut-back	Técnica de maquillaje Técnica de cut-back	Técnica de maquillaje Técnica de cut-back	Técnica de estratificación	Técnica de estratificación	Técnica de maquillaje Técnica de cut-back	

Fig 30. Tabla usos y características del disilicato de litio.<sup>10</sup> Tomado de: IPS e.max, la cerámica de inyección de disilicato de litio.

Para preparar el diente para esta cerámica se debe considerar los grosores y direcciones mínimos:

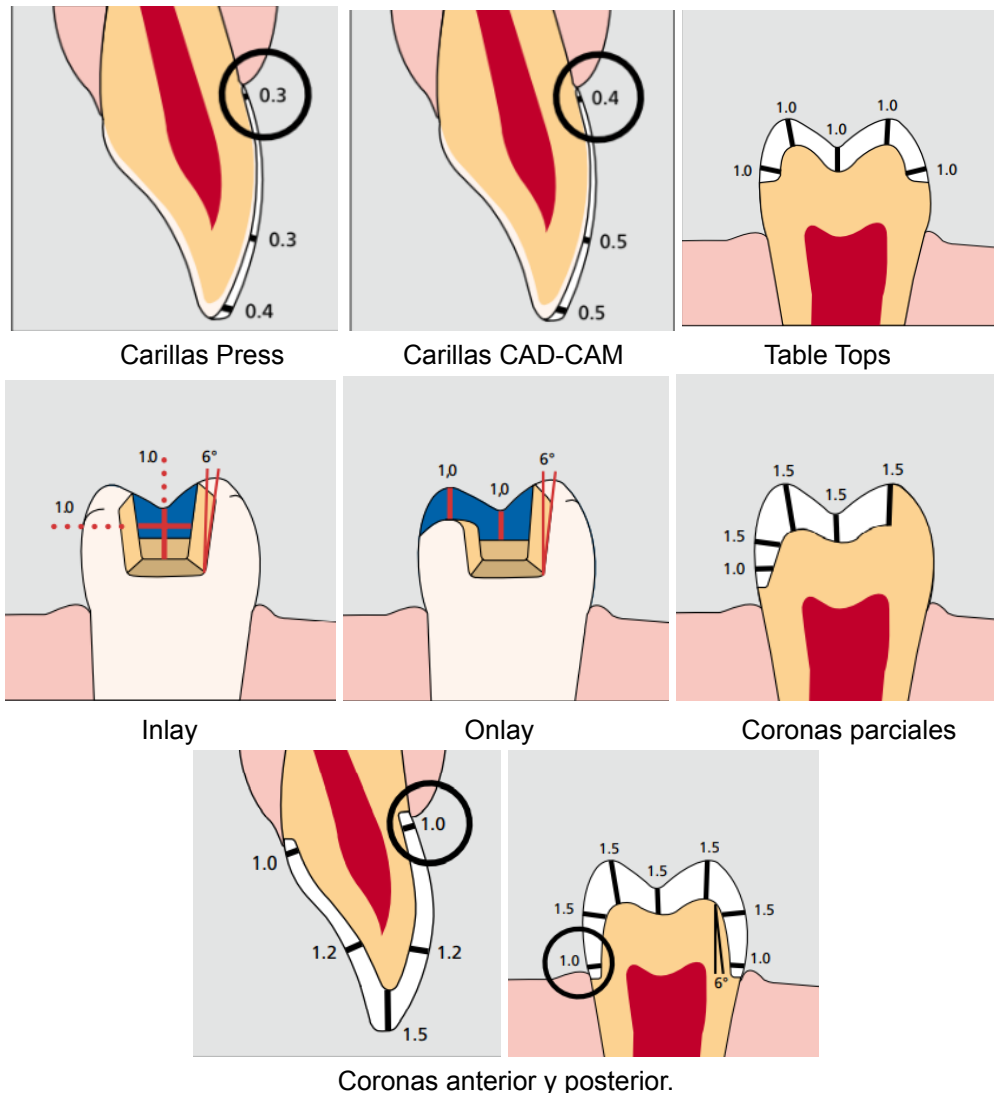


Fig 31. Grosor y dirección de tallado. Tomado de: t.ly/NZD4

## 5. Cerámicas de dióxido de zirconio.

### 5.1. Generalidades.

El químico Klapproth fue el que aisló por primera vez el dióxido de zirconio ( $ZrO_2$ ) en el año de 1798 <sup>11</sup>, el zirconio se encuentra abundantemente en la naturaleza de manera monolítica; también existen otras dos fases cristalinas que dependen de la temperatura para su transformación <sup>4</sup>. Este grupo de cerámicas es el más novedoso. <sup>6</sup>

El zirconio, como elemento, está incluido en el grupo de los metales de la tabla periódica, por lo tanto goza de las características del metal en resistencia, comportamiento químico y óptico. (Fig 32)



Fig 32. Zirconio (Zn) metal. <sup>42</sup> Tomado de: t.ly/Vdtn

## 5.2. Componentes.

El zirconio (Zn) como materia prima es un metal plateado, dúctil, brillante y relativamente blando. El óxido del metal es el que se utiliza en odontología y es el dióxido de zirconio ( $ZrO_2$ ), conocido como zirconia. <sup>12</sup>

Después de un proceso de producción y purificación se encuentra como un polvo cristalino blanco de alta fusión. <sup>12</sup>

La zirconia existe en tres fases: monoclítica, tetragonal y cúbica. <sup>12</sup> (Fig 33)

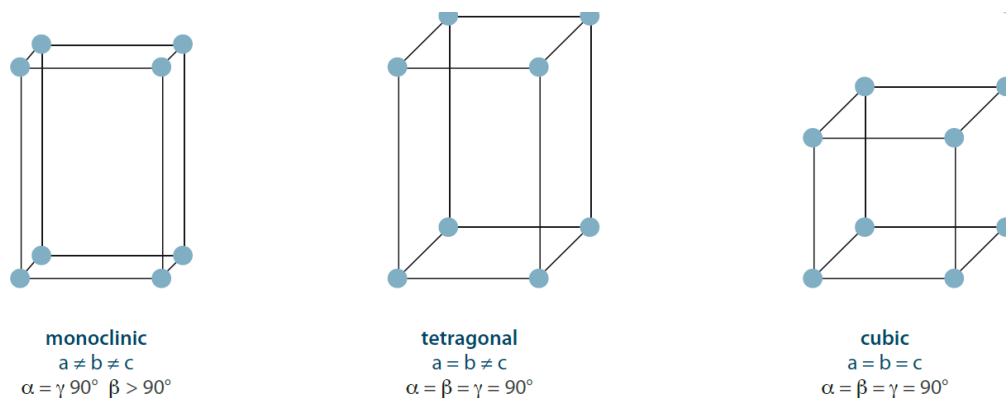


Fig 33. Las tres fases del dióxido de zirconio de izquierda a derecha: monolítico, tetragonal y cúbico. <sup>12</sup>

Tomado de: Three generations of zirconia: from veneered to monolithic.

La elaboración del dióxido de zirconio es la siguiente:

Se calienta la zirconia a  $1170^\circ C$ , la fase monoclítica se transforma a fase tetragonal, la que proporciona mejores propiedades mecánicas, después esta fase se transforma a la fase cúbica a  $2370^\circ C$ , esta fase cúbica tiene propiedades moderadas y es estable hasta los  $2680^\circ C$  a esta temperatura llega a su punto de fusión. <sup>4</sup>

Durante el proceso de enfriamiento de la masa fundida de zirconia pura, la fase cúbica primero se cristaliza a una temperatura de  $2680^\circ C$ , después se transforma a una fase tetragonal a  $2370^\circ C$ ; a una temperatura de  $1170^\circ C$  tiene lugar la transformación a la fase monoclítica, en la que se encuentra a temperatura ambiente. La última transformación de la fase tetragonal a monoclítica se describe como “transformación martensítica” caracterizada por un

aumento de volumen aproximadamente del 4%. Este aumento de volumen en la fase de enfriamiento hace que sea imposible producir cerámicas sinterizadas a partir de zirconia pura, ya que el aumento conduce a una tensión excesivamente alta y al desarrollo de grietas en la estructura de la restauración.<sup>12</sup>

Para evitar la transformación martensítica durante la fase de enfriamiento se le adicionan a la red cristalina de la zirconia estabilizadores, lo que congela, por así decirlo, la estructura en la fase tetragonal o en la cúbico-tetragonal. El estabilizador más utilizado es el óxido de itrio (Y-TZP)<sup>12</sup> Otros aditivos utilizados son: magnesio y ceria.<sup>4</sup>

De todas estas fases, la más ventajosa para el uso en odontología es la fase tetragonal. La zirconia parcialmente estabilizada con itrio muestra propiedades mecánicas superiores.<sup>4</sup> (Fig 34)



Fig 34. Presentación de la zirconia en el mercado.<sup>43</sup> Tomado de: t.ly/cp41

### 5.3. Propiedades

Las propiedades que tiene la zirconia le dan ventaja sobre un material metálico, las cuales son:

- Ausencia de alergia al contacto con los tejidos blandos.
- Muy alta resistencia.
- Óptima biocompatibilidad.
- Antimicrobiana.
- Translucidez mayor en comparación con una base metálica opacificada.
- Restauraciones con luminosidad más natural.
- Ausencia de bordes negros o grises en el área cervical.<sup>4</sup>

De esta cerámica se crearon generaciones de zirconia debido a la demanda del material y su uso en la clínica, por lo que sus características cambian según la generación a la que pertenecen debido a los cambios en su microestructura:<sup>12</sup>

### **5.3.1. Zirconia de primera generación. (3Y-TZP)**

El óxido de zirconio tetragonal parcialmente estabilizada con itrio (3Y-TZP) se desarrolló hace 15 años, también conocida como zirconia convencional o de primera generación.<sup>12</sup>

Esta zirconia tiene un alto índice de refracción de la luz, esto provocado por las numerosas estructuras cristalinas pequeñas por las que tiene que pasar la luz por lo que crean el carácter opaco del material, color blanco.<sup>11</sup>

Esta generación de zirconia puede ser revestida con cerámicas para lograr mimetizar el color blanco que la caracteriza.

La zirconia parcialmente estabilizada con itrio muestra mayor resistencia a la fractura de 1600MPa.<sup>11</sup>

La zirconia convencional puede volverse más translúcida cambiando la temperatura de sinterización. Los estudios muestran que también el enfriamiento afecta la translucidez.<sup>12</sup>

#### **→ Indicaciones:**

- Subestructuras sobre implantes de arco completo
- Núcleos de coronas para su posterior recubrimiento con porcelana feldespática tanto en la zona anterior como posterior.
- Pilar de implantes.
- Endopostes.
- Manufactura de implantes.
- Para cubrir un diente discrómico o un poste de metal.<sup>11</sup>

#### **→ Contraindicaciones:**

- Utilizarla en zonas de alta estética, como coronas monolíticas, debido a su color y opacidad.

### **5.3.2. Zirconia de segunda generación (3Y-TZP)**

En 2012 y 2013 se introdujo la segunda generación de zirconia, por la necesidad de mejorar la estética y translucidez con respecto a la primera generación y lograr mimetizar este material con el color de los dientes, sin embargo no se lograron cambios significativos entre la primera y la segunda generación.

A esta generación la modificaron molecularmente reduciendo el número y el tamaño de los granos de óxido de aluminio ( $\text{Al}_2\text{O}_3$ ) y se reubicaron en la estructura de la zirconia.<sup>12</sup> La reubicación de los granos de  $\text{Al}_2\text{O}_3$  tiene lugar en los límites del grano del zirconio. Esto significa que se logró simultáneamente una mayor translucidez de la luz, con respecto a la primera generación, aunque no fue tan significativa, con una buena estabilidad a largo plazo y una alta resistencia.<sup>12</sup> (Fig 35)

Se mantiene la estructura cristalográfica tetragonal de la cerámica y sus propiedades mecánicas en comparación con la primera generación no tenían mayor diferencia.

→ Indicaciones:

Se ha utilizado ampliamente en la práctica clínica para restauraciones únicas y múltiples como:

- Coronas, preferentemente para la zona posterior.
- Prótesis fija.
- Pilares de implantes.
- Prótesis sobre implantes.
- Endopostes cerámicos.
- Endocrowns.<sup>11</sup>

→ Contraindicaciones:

- Coronas en zonas donde se requiere de una alta estética.
- Pacientes con disfunciones masticatorias no controladas.
- No indicada para estructuras de arco completo
- Pacientes no estabilizados oclusal o periodontalmente.<sup>11</sup>

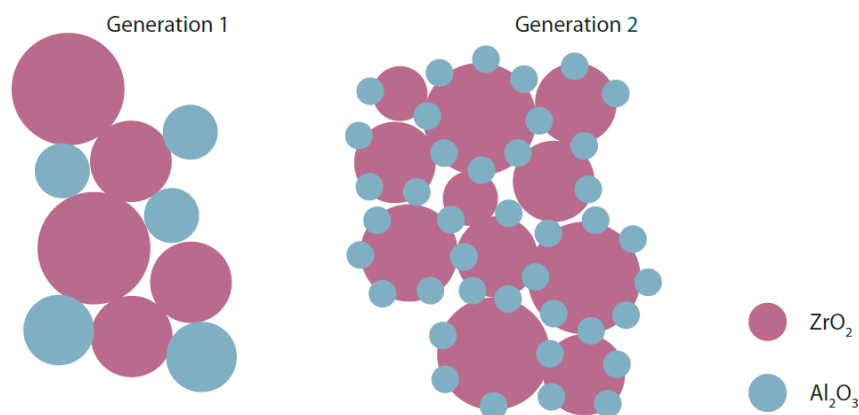


Fig 35. Primera y segunda generación de zirconia.<sup>12</sup> Tomado de: Three generations of zirconia: from veneered to monolithic.



### 5.3.3. Tercera generación. (5Y-PSZ)

Conocida como zirconia altamente translúcida o ultratranslúcida. Esta generación surge debido a que la zirconia de segunda generación aún era inferior a la translucidez de las vitrocerámicas, por lo que quisieron crear una zirconia más translúcida.<sup>12</sup>

Está zirconia de tercera generación es estable en la fase tetragonal y además contiene una porción de fase cúbica de hasta el 53%.<sup>12</sup>

Se describe como una zirconia completamente estabilizada con una estructura mixta cúbica/tetragonal; las porciones cúbicas se lograron por un aumento de óxido de itrio.<sup>12</sup>

La translucidez se logra ya que los cristales cúbicos tienen mayor volumen que los tetragonales, ocasionando que la luz se disperse con menos fuerza en los límites del grano y las porosidades residuales, lo que hace que el material sea más translúcido, además, las estructuras de cristal cúbico son más isotrópicas, haciendo que la luz incidente se emita de manera más uniforme en todas las direcciones espaciales. Esta propiedad también tiene una influencia significativa en la translucidez.<sup>12</sup>

La reducción de la fase tetragonal causa una disminución en las propiedades mecánicas, lo que es una posible desventaja para su uso.<sup>11</sup>

De acuerdo con el fabricante con la zirconia de tercera generación no se produce envejecimiento hidrotérmico, lo que significa que el material conserva su microestructura y resistencia incluso con el aumento del tiempo de uso.<sup>12</sup>

Esta generación presenta una resistencia a la fractura de 500-600 MPa.<sup>13</sup>

#### → Indicaciones:

- Coronas unitarias en zonas estéticas.
- Carillas.
- Prótesis fija monolítica en zona anterior.<sup>11</sup>

#### → Contraindicaciones:

- Subestructuras de prótesis para implantes
- Pilar de implante.
- Endoposte cerámico.
- Núcleos para coronas.
- Para cubrir un diente discrómico o un poste de metal.<sup>14</sup>

### 5.3.4. Cuarta generación. (4Y-PSZ)

Esta generación surge debido a la disminución de la resistencia mecánica en la tercera generación por lo que se siguió investigando para encontrar un equilibrio entre la estética y la mecánica.

En esta generación se trató de disminuir el óxido de aluminio de 10% a 6% y aumentar el dióxido de zirconio de 90% a 92%, logrando un aumento de la fase tetragonal a un 75% y disminución de la cúbica, 25%.

Esta generación presenta una mejora en sus propiedades mecánicas.

→ Indicaciones:

- Coronas unitarias monolíticas de preferencia.
- Prótesis fija de 3 unidades.

→ Contraindicaciones:

- Subestructuras de prótesis para implantes
- Pilar de implante.
- Endoposte cerámico.
- Núcleos para coronas. <sup>11</sup>

Para preparar el diente se debe considerar los grosores mínimos y las direcciones de tallado (Fig 36):

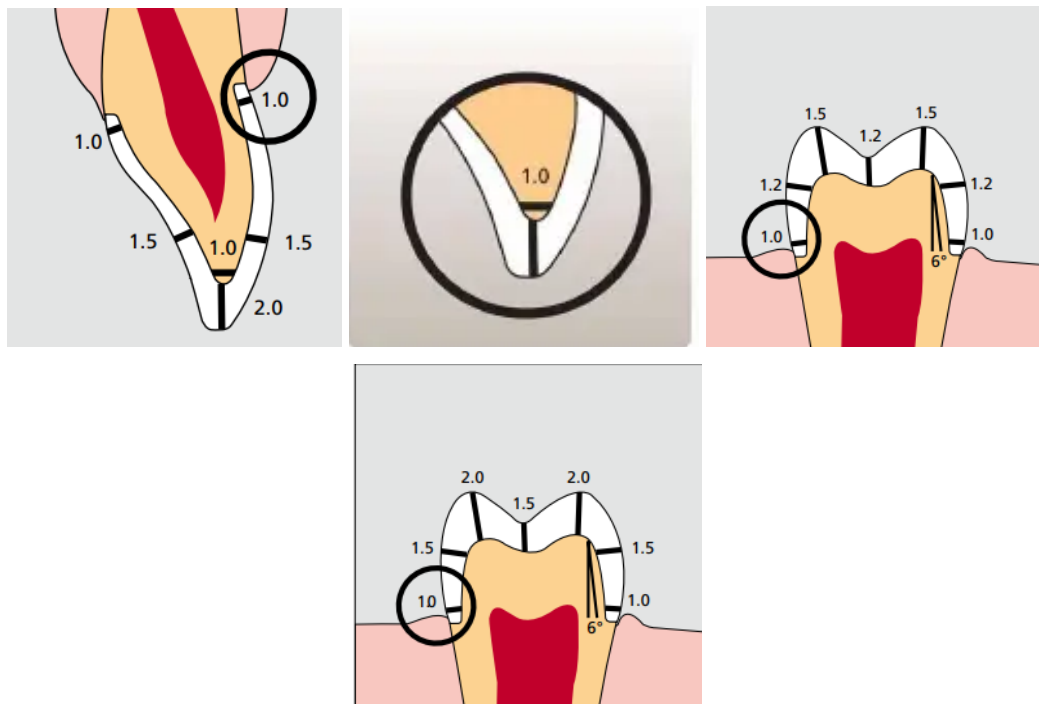


Fig 36. Grosor y dirección de tallado. Tomado de: t.ly/NZD4

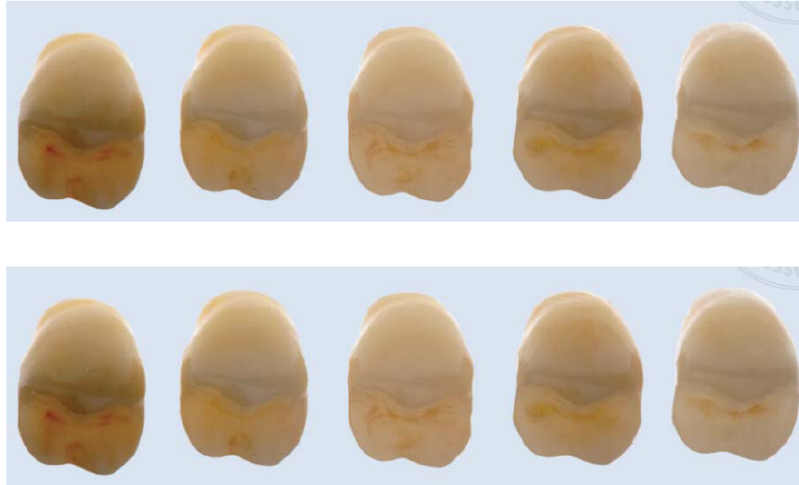


Fig 37. Comparación de la translucidez entre las generaciones de zirconia y disilicato de litio de derecha a izquierda 1° gen, 2° gen, 3° gen, disilicato de litio LT, disilicato de litio HT.<sup>11</sup> Tomado de: Ciencia y evolución del dióxido de zirconio, de la prioridad mecánica a la necesidad estética.

#### 5.4. Monocromáticos y multi-cromáticos.

Los bloques de zirconio para ser procesados por las tecnologías CAD-CAM están disponibles en un color totalmente blanco monocromático o multicapa.

La única diferencia es que los bloques o discos blancos monocromáticos se fabrican en un solo color mientras que los multi-cromáticos se fabrican por capas de diferentes tonos para imitar la degradación de los dientes naturales, que resulta como ventaja a favor del material para su elección.

Existe evidencia científica que menciona que cuanto más oscuro es el color mayor es el grado de opacidad y por lo tanto menor es la translucidez.<sup>12</sup>(Fig 38)

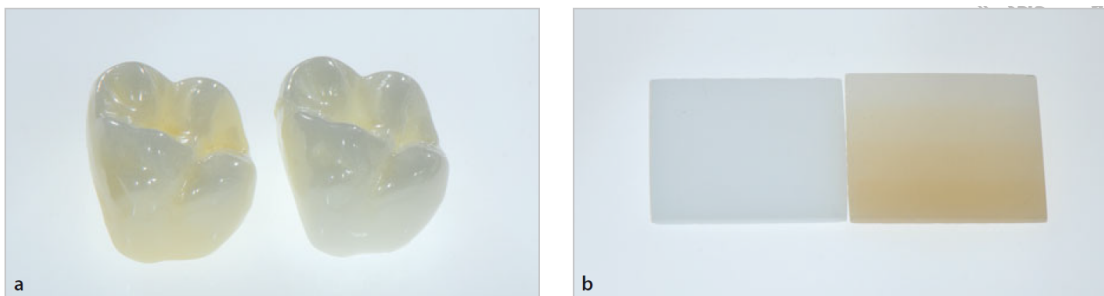


Fig 38. Monocromáticos y multicromáticos.<sup>12</sup> Tomado de: Three generations of zirconia: from veneered to monolithic.

## 6. Cerámica infiltrada con resina: Vita Enamic.

### 6.1. Generalidades.

VITA ENAMIC es una cerámica híbrida, se le considera híbrida ya que contiene una matriz dual cerámica y polimérica. Este material combina capacidad de carga elevada, elasticidad y posibilidad, con sus características, una confección sencilla, eficiente y precisa.<sup>4</sup> (Fig 39)

Este material combina las características de los materiales cerámicos con las características de los composites para la tecnología CAD-CAM.<sup>13</sup>



Fig 39. Presentación de Vita Enamic en el mercado.<sup>44</sup> Tomado de: t.ly/Cna9

## 6.2. Componentes.

La cerámica híbrida está formada por una matriz cerámica sinterizada cuyos poros se llenan con un material polimérico. El componente cerámico inorgánico constituye el 86% del volumen, y el componente polimérico orgánico el restante 14%.<sup>13</sup> La matriz de este material es una cerámica feldespática en la que se encuentra una fase orgánica de resina que contiene dimetacrilato de uretano y dimetacrilato de trietilenglicol.<sup>4</sup>

Estudios de laboratorio han demostrado que Enamic tiene una excelente resistencia al desgaste y a la fatiga en comparación con los materiales cerámicos tradicionales.<sup>4</sup> (Fig 40)

El proceso de fabricación de este material implica dos pasos: primero, se produce una red cerámica porosa pre sinterizada y condicionada por un agente de acoplamiento; luego, la estructura de la red se infiltra con los monómeros por acción capilar. La microestructura resultante tiene una estructura híbrida con redes interpenetradas de cerámica y polímero, imitando el enclavamiento de bandas prismáticas en los dientes naturales. La resistencia a la flexión, el módulo elástico, la dureza y la resistencia a la fractura del material Enamic han sido evaluados por varios investigadores, y tiene propiedades similares a las estructuras de los dientes naturales.<sup>4</sup>



Fig 40. Composición de Vita Enamic.<sup>14</sup> Tomado de: t.ly/YYxs

### 6.3. Propiedades.

Este material se comporta como una cerámica, como su nombre lo dice, cerámica híbrida, presenta menos fragilidad que los sistemas cerámicos tradicionales y mejor comportamiento de abrasión que la resina, además de que logra ser un material muy estético.<sup>14</sup>



Fig 41. Vita Enamic.<sup>45</sup> Tomado de: t.ly/1Ym0Q

Para que las restauraciones realizadas con Vita Enamic tengan éxito su fabricante le recomienda al clínico considerar los espacios de tallado en el diente:<sup>13</sup> (Fig 42)

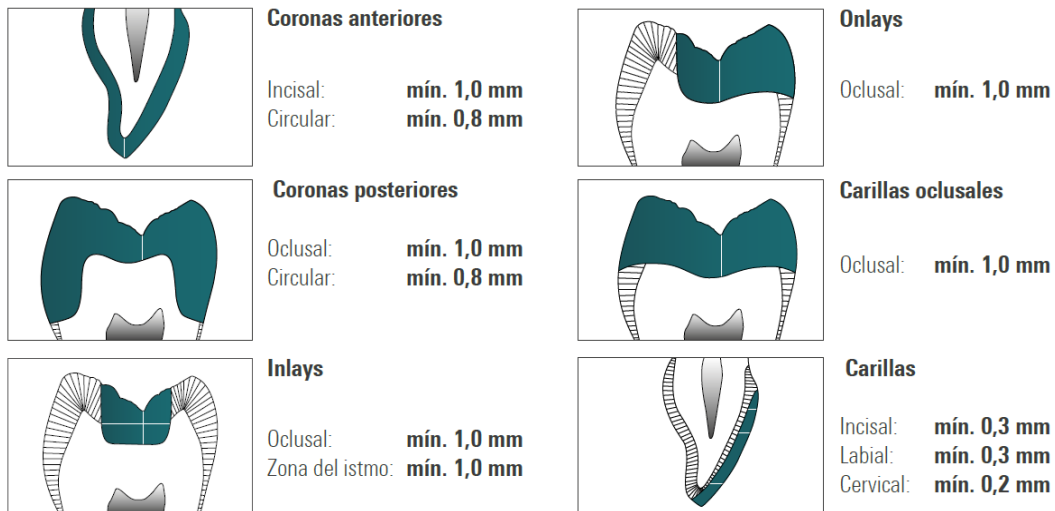


Fig 42. Grosos y direcciones de preparación.<sup>13</sup> Tomado de: t.ly/IOCn

Pueden fresarse restauraciones con grosores de pared más finos en comparación con la cerámica por lo tanto es ideal para restauraciones mínimamente invasivas.<sup>14</sup>

Enamic también es fácil de ajustar y pulir con los materiales de resina que maneja el clínico. Por lo tanto, es un material ideal para las restauraciones de 1 visita en la consulta.<sup>4</sup>

Además la red polimérica dúctil es capaz de distribuir eficazmente las tensiones en todas las direcciones lo que da como resultado que, los materiales de doble red interpenetrante, poseen resistencia a una variedad de fenómenos de rotura, incluyendo el daño por contacto y por flexión, así como las grietas por fatiga.<sup>4</sup>

Por otro lado el mecanizado de este material a través de la tecnología CAD-CAM es más rápida comparado con el tiempo en el que se fresa una cerámica, por ejemplo, una corona posterior de contorno completo tarda aproximadamente 5 minutos para fresar en comparación con una corona de zirconia que tarda aproximadamente 15 minutos, otra ventaja que tiene Enamic es que elimina la necesidad de la cocción posterior al fresado.<sup>4</sup>

Enamic tiene una resistencia a la flexión de 150-160 MPa.<sup>14</sup>

Variantes	Cromaticidad	0M1	1M1	1M2	2M1	2M2	2M3	3M1	3M2	3M3	4M2
<b>VITA ENAMIC ST</b> (Super Translucent)	mono-cromático										
<b>VITA ENAMIC HT</b> (High Translucent)	mono-cromático										
<b>VITA ENAMIC T</b> (Translucent)	mono-cromático										
<b>VITA ENAMIC HT multiColor</b> (High Translucent)	multi-cromático										

Fig 43. Variedad de colores y efectos de translucidez.<sup>13</sup> Tomado de: t.ly/IOCn

#### 6.4. Indicaciones.

Vita Enamic es adecuado para:

- Coronas de dientes anteriores y posteriores.
- Inlays.
- Onlays.
- Coronas parciales.
- Table tops.
- Carillas.
- Coronas sobre implantes.<sup>13</sup>

#### 6.5. Contraindicaciones.

Sus contraindicaciones son:

- Prótesis fija.
- Su uso en pacientes con parafunciones.

- Endocrowns.
- Endopostes.
- Pilar sobre implantes.
- Subestructuras.
- Subestructuras sobre implantes.<sup>13</sup>

## **7. Criterios de selección de los sistemas cerámicos.**

El rendimiento clínico está influido por una serie de variables como: el diseño de la restauración y la selección de los materiales que es un compromiso y requiere una comprensión fundamental de la ciencia de los materiales.<sup>2</sup>

Para seleccionar el sistema cerámico adecuado, es necesario conocer el comportamiento de los materiales y analizar los requisitos básicos que requiere una prótesis fija, como son:<sup>6</sup>

- Resistencia a la fractura.
- Precisión de ajuste marginal.
- Estética.
- Supervivencia clínica.<sup>6</sup>

### **7.1. Resistencia a la fractura.**

La estabilidad general de una restauración se le atribuye a las tensiones internas, las tensiones internas resultan, a su vez, en la diferencia de los coeficientes de expansión térmica del material de la estructura y de la estructura geométrica de la restauración. Estas tensiones internas se superponen a las tensiones inducidas externamente, que son las fuerzas de masticación. Cuando la suma de las tensiones internas y las tensiones inducidas externamente excede la resistencia de los materiales, es cuando se desarrollan las fracturas.<sup>12</sup>

La fractura de la cerámica es uno de los principales problemas que afectan la longevidad de las restauraciones. La resistencia a la fractura de los sistemas cerámicos es de gran importancia clínica ya que permite delimitar las indicaciones de cada sistema. Sin embargo, se debe tomar en cuenta que la resistencia de la restauración depende también de factores clínicos como: la preparación dental, el diseño de la estructura y el protocolo de cementado que se elija. Si se manejan de forma adecuada estos factores la probabilidad de fractura se reduce.<sup>6</sup> (Fig 44)

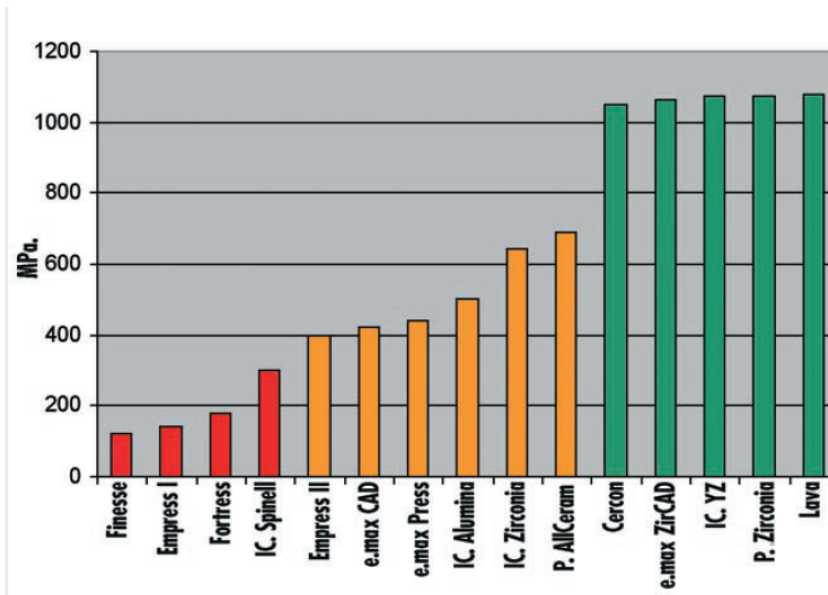


Fig 44. Resistencia a la fractura de distintos sistemas cerámicos.<sup>6</sup> Tomado de: Cerámicas dentales: clasificación y criterios de selección

## 7.2. Ajuste Marginal.

Las restauraciones indirectas generan una interfase entre el diente y la restauración; esta interfase se sella por el uso del agente cementante, el cual aumenta la retención y mantiene la integridad de ambos.<sup>6</sup>

El ajuste marginal es un aspecto importante ya que si no se consigue la consecuencia al paso del tiempo es el fracaso del tratamiento. Este se logra cuando coincide el margen de la restauración y el ángulo cavo superficial. Los sistemas cerámicos ofrecen un ajuste marginal de 40 a 70 micrómetros.<sup>6</sup>

## 7.3. Estética.

Este factor es uno de los más importantes en la elección de estos sistemas. Existe una clasificación en dos grupos que son translúcidos y opacos. En el grupo de los translúcidos se encuentran las cerámicas que tienen una mayor fase vítrea como lo es la feldespática y el disilicato de litio.<sup>6</sup>

En el segundo grupo se incorporan las cerámicas que presentan menor fase vítrea y son las aluminosas y circoniosas.<sup>6</sup>

Este aspecto es muy importante al momento de seleccionar el sistema cerámico porque se toma en cuenta el color del sustrato y en función de esto se elige una cerámica translúcida u opaca.<sup>6</sup> (Fig 45)



Dentro de este criterio se habla también sobre la anatomía a elegir en caso de una rehabilitación grande o en caso de tratarse solo de un solo diente debe ser simétrica y proporción a los dientes adyacentes.<sup>6</sup>

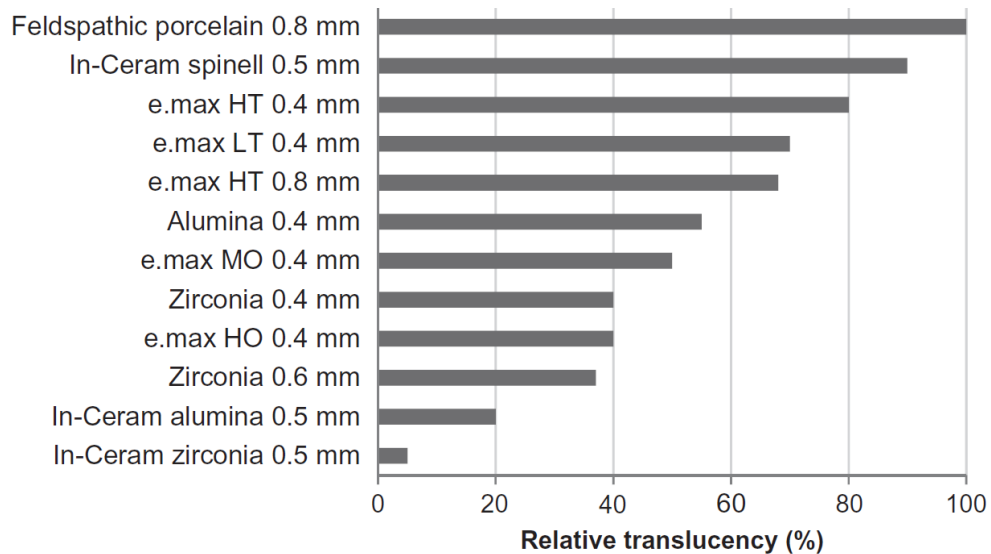


Fig 45. Translucidez de las cerámicas dentales.<sup>8</sup> Tomado de: Dental glasses and glass-ceramics.

#### 7.4. Supervivencia clínica.

En la práctica clínica se deben valorar diversos aspectos en el paciente como son: características oclusales, la presencia de hábitos parafuncionales, el grado de higiene, la dieta etc. que son importantes para la longevidad de las restauraciones.<sup>6</sup>

## 8. Chipping

El chipping o deslaminado de la porcelana de recubrimiento es la complicación más frecuente en restauraciones conformadas por un núcleo y revestidas por porcelana.<sup>15</sup> (Fig 46)

Heintze y col. determinaron unos puntos a considerar para disminuir el riesgo de chipping que son:

- Coeficientes de expansión térmica: Cuando existe una diferencia grande entre el CET del núcleo y del recubrimiento, el deslaminado de la porcelana se dará con mayor frecuencia, por lo que sus CET deben ser similares.
- En específico con la zirconia, esta posee una baja termoconductividad, lo que puede provocar fatigas internas en la restauración durante los procesos de horneado y enfriamiento de la porcelana de revestimiento.

Si se realizan enfriamientos prolongados se reducirán las fatigas residuales.

- El riesgo de chipping aumenta si el espesor de la porcelana de recubrimiento excede el doble o más del espesor del núcleo.
- También aumenta el riesgo si el núcleo no posee forma anatómica con buen soporte para la cerámica.<sup>15</sup>

También se clasifica este tipo de fractura en:

- Cohesivo: si la fractura se limita al material de revestimiento sin afectar la interfase cerámica-núcleo
- Adhesivo: si la fractura se sitúa entre el núcleo y la cerámica.<sup>15</sup>

Los autores afirman que el tipo más frecuente de fractura en las restauraciones que tienen núcleo de zirconia es el fallo cohesivo. Por otro lado, en el caso de las restauraciones con núcleo metálico la fractura es de tipo adhesiva.<sup>15</sup> (Fig 47)



Fig 46. Fractura de la cerámica en una prótesis fija de 3 unidades.<sup>11</sup> Tomado de: t.ly/qYsf



Fig 47. Chipping en una corona estratificada.<sup>46</sup>

## 9. Protocolos de cementado.

### 9.1. Generalidades de los sistemas adhesivos.

La odontología adhesiva ha estado en progreso en las últimas décadas. Junto con los cambios de la tecnología, los adhesivos también han evolucionado desde sistemas sin grabado hasta grabado total, 4ta y 5ta gen., y sistemas de autograbado, 6ta, 7ma y 8va generación.<sup>18</sup>

Los adhesivos son soluciones de monómeros con grupos hidrofílicos e hidrófobos estos hacen posible la interacción restauración-sustrato dental, están conformados por:

- Primers: está formado por monómeros hidrofílicos y solventes, agua, acetona, etanol. Son soluciones de monómeros con grupos hidrófilos que mejoran la humectabilidad de los tejidos dentales duros.<sup>16</sup>

-Bond: es una resina libre de solventes que se aplica para que penetre en los túbulos dentinarios o prismas del esmalte que al fotopolimerizar formará la capa híbrida; los grupos hidrófobos permiten la interacción y la copolimerización con el material de restauración.<sup>16</sup>

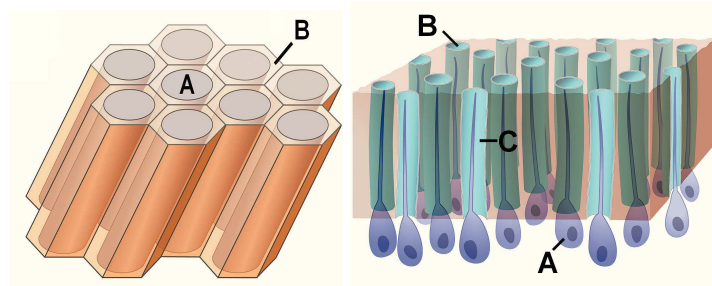


Fig 48. Esquema de la estructura del esmalte dental. A.prismas del esmalte, B. esmalte interprismático. Esquema estructura de la dentina con odontoblastos A.procesos celulares, B túbulos dentinarios C. Fibras de colágeno.<sup>25</sup> Tomado de: t.ly/oj0o

### ➤ Barrillo dentinario

Cuando se trabaja en el diente con la pieza de alta y las fresas de corte generamos una capa de residuos conocida como barrillo dentinario, el cual está compuesto principalmente por hidroxiapatita y colágeno desnaturalizado, esta capa de residuos oblitera los túbulos dentinarios comportándose como una barrera física al reducir la permeabilidad en un 86%.<sup>16</sup> Para superar esta barrera, se requiere de un cierto grado de grabado.<sup>18</sup> Los adhesivos actuales y su éxito dependen de la interacción que tienen con el barrillo dentinario, ya sea disolviendo o logrando permear.<sup>16</sup> (Fig 49)

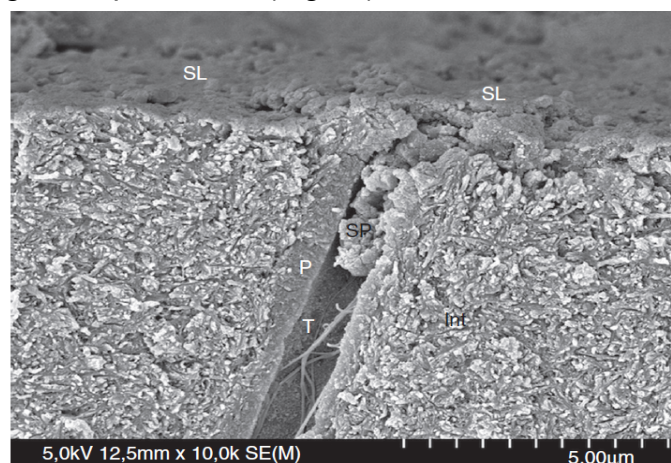


Fig 49. Barrillo dentinario.<sup>25</sup> Tomado de: t.ly/oj0o

➤ Clasificación de los sistemas adhesivos.

Clasificar a los sistemas adhesivos por generaciones se ha vuelto obsoleto, actualmente se clasifican de acuerdo a los pasos y el procedimiento de aplicación.<sup>17</sup> (Fig 50)

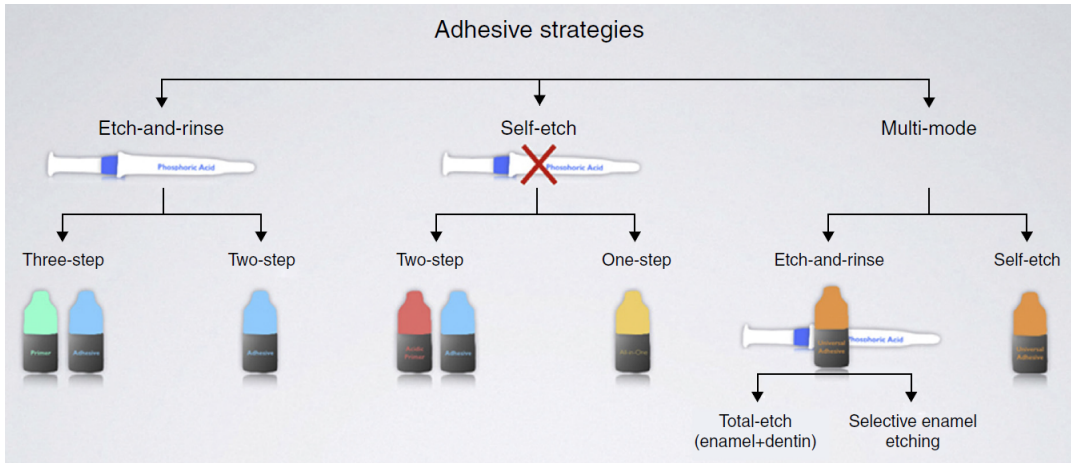


Fig 50. Estrategias de adhesión.<sup>17</sup> Tomado de: t.ly/o05U

➤ Etch-and-rinse.

Esta estrategia adhesiva de grabado y enjuague incluye dos tipos de adhesivos según el número de pasos:

1. Adhesivos de tres pasos (4ta generación).

Conformado por un grabado total, primer y bonding, todo por separado.<sup>16</sup>

Se realiza grabado total, se enjuaga con agua, se retira el exceso de agua para aplicar el primer, se seca al aire para volatilizar el solvente, se aplica el bonding y se fotopolimeriza.<sup>16</sup>

Son los tipos de adhesivos que mejores resultados brinda a esmalte, volviéndose el estándar de oro.<sup>16</sup> (Fig 51)



Fig 51. Ácido grabador, Primer y Adhesivo.<sup>47</sup> Tomado de: t.ly/cf6T

## 2. Adhesivos de dos pasos (5ta generación).

Conformado por el ácido grabador y por aparte el primer junto con el bond en un solo frasco.<sup>16</sup>

Se realiza grabado total con ácido fosfórico, enjuagar con agua, se retira el exceso de agua de la dentina, posteriormente se aplica el primer y bond simultáneamente ya que vienen en el mismo frasco, seguido del secado para volatilizar solventes y polimerizar.<sup>16</sup>

Estos adhesivos son los más sensibles a la humedad de la dentina lo que da como resultado una imprimación inadecuada por lo que tienden a la sensibilidad postoperatoria y tienen mala estabilidad a largo plazo.<sup>18</sup> (Fig 52)



Fig 52. Ácido grabador y el primer y adhesivo aparte en un solo frasco.<sup>48</sup> Tomado de: t.ly/NIsL

### ➤ Self-etch.

Esta estrategia adhesiva de autograbado incluye dos tipos de adhesivos, simplifican y reducen los tiempos de aplicación.<sup>16</sup>

## 1. Adhesivos de autograbado de dos pasos (6ta generación).

Conformado por el ácido grabado y el primer en un frasco y el bonding por separado en otro frasco.<sup>16</sup>

Esmalte y dentina se acondicionan simultáneamente con el primer y el autograbado ácido, después se aplica el bonding la cual se polimeriza.<sup>16</sup>

Su ventaja es que la dentina grabada queda imprimada por lo que no quedan desobturados los túbulos dentinarios, por lo que no hay mucha sensibilidad. Por su tipo de solvente que es agua, son los adhesivos que tienen una mejor adhesión a dentina pero no en esmalte por lo que la literatura propone realizar un grabado selectivo solo en esmalte.<sup>18</sup> (Fig 53)



Fig 53. Adhesivo autograbado de dos pasos.<sup>49</sup> Tomado de: t.ly/sZoS

## 2. Adhesivos de un solo paso (7a. generación).

Conformados por los tres pasos en un mismo frasco.<sup>16</sup>

En este tipo de adhesivos la imprimación ácida y la resina adhesiva se unen en una sola solución de autograbado. Por lo que una única solución, acondiciona, prepara e infiltra el sustrato antes de la polimerización.<sup>16</sup>

Estos adhesivos son los que tienen los peores resultados en cuanto a sellado y adhesión y además tiene una mala estabilidad a largo plazo. Limita la profundidad de infiltración de la resina por lo que se generan espacios, la capa híbrida formada es muy superficial.<sup>18</sup> (Fig 54)



Fig 54. Adhesivos de un solo paso.<sup>50</sup> Tomado de: t.ly/m9Vv

### ➤ Multi-mode.

Adhesivos universales o multimodo son adhesivos que son compatibles con todos los tipos de grabado, pueden utilizarse como autograbantes, grabado total y enjuague o con un grabado selectivo en esmalte y autograbante en dentina.<sup>18</sup>

Estos adhesivos contienen monómeros funcionales como el MDP (metacriloyloxidecil dihidrógeno fosfato) por lo que tienen potencial de adhesión química.<sup>18</sup> (Fig 55)





Fig 55. Adhesivo universal.<sup>51</sup> Tomado de: <https://n9.cl/obqvm>

## 9.2. Grabado total o selectivo.

El grabado dental se define como la desmineralización del esmalte o la dentina con el fin de crear microporosidades para crear una retención mecánica. Actualmente se utiliza ácido fosfórico al 30-40%; el tamaño de las microporosidades es de 7.5 micrones, además de que el pH, que es de 0.1-0.4, de este ácido disuelve en cierta cantidad el barrillo dentinario y mata la mayoría de las bacterias residuales.<sup>18</sup>

La técnica de grabado total es cuando se coloca el ácido fosfórico en el esmalte y la dentina; el grabado selectivo se refiere a únicamente grabar el esmalte.

El esmalte está compuesto por una estructura cristalina sólida, contiene el 96% de materia inorgánica, que es hidroxiapatita, y el 4% de materia orgánica y agua. Cuando se aplica el ácido en esmalte la hidroxiapatita se disuelve selectivamente lo que genera macro y micro porosidades. Los autores recomiendan dejar actuar el ácido 30 segundos en esmalte, posteriormente debe enjuagarse profusamente y secarse por completo para recibir el adhesivo. La adhesión en esmalte es considerada el estándar de oro.<sup>16</sup> (Fig 56)

La adhesión a dentina es más compleja que con el esmalte, esto por la composición de la dentina, su composición es 50% hidroxiapatita, 30% colágeno y 20 % agua haciéndolo un tejido hidrofílico, en este tejido lo que se busca es la formación de la capa híbrida y tags de resina en los túbulos dentinarios. Cuando se aplica ácido a la superficie de la dentina se solubiliza el 50 % del volumen del mineral del barrillo dentinario y de la hidroxiapatita superficial exponiendo la red de colágeno. La literatura recomienda dejar 10 segundos actuando al ácido fosfórico sobre el tejido y enjuagar profusamente. El agua evita que las fibras de colágeno colapsen, por lo que, después de enjuagar con agua, la dentina no debe secarse completamente ya que esta

colapsaría y bloquearía la infiltración del primer y la formación de tags de resina; se debe retirar el exceso de agua con puntas de papel o un microbrush, por el otro lado tampoco debe dejarse demasiado húmeda ya que esto afectaría al primer y al adhesivo, disolviéndolos.<sup>16</sup> Para finalizar se debe frotar clorhexidina al 2.0 o 0.2% con un microbrush en la dentina para inhibir a las metaloproteinasas o también se pueden utilizar autoacondicionantes.<sup>19</sup> (Fig 57)

Cuando la dentina es parcialmente desmineralizada, por un proceso carioso o por el ácido fosfórico, reduce el pH, generando un ambiente favorable para las metaloproteínas. La aplicación de condicionantes o de clorhexidina en la superficie dentinaria luego del grabado ácido promueve la integridad y estabilidad de la capa híbrida creada por los adhesivos.<sup>19</sup>

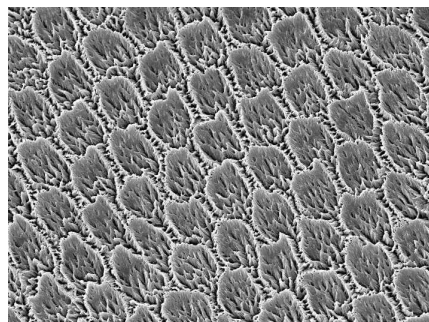


Fig 56. Grabado ácido del esmalte con microporosidades y zonas retentivas.<sup>19</sup> Tomado de: <https://n9.cl/bvk84>

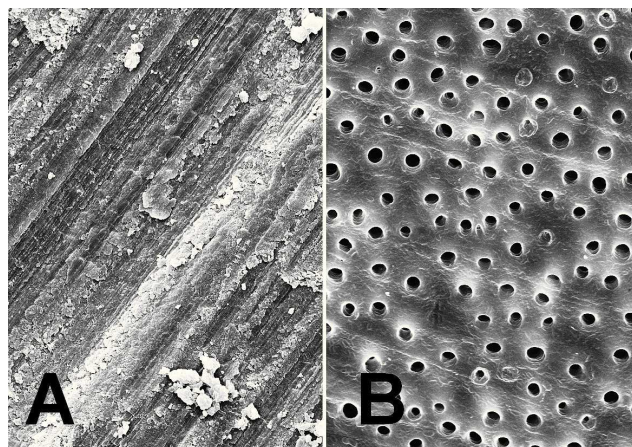


Fig 57. A. Capa de barrillo dentinario. B. Túbulos dentinarios expuestos tras el grabado ácido.<sup>19</sup> Tomado de: <https://n9.cl/bvk84>

### 9.3. Generalidades de los cementos de resina.

Los cementos de resina son definidos como cementos a base de polímeros, fueron diseñados para adherirse a la estructura dental.<sup>21</sup>

Los cementos de resina son similares en estructura a las resinas de obturación ya que poseen una matriz orgánica e inorgánica integradas por un silano como



agente de unión. Son menos viscosos, menos resistentes y tienen mayor susceptibilidad al desgaste.

Sus componentes son el monómero metacrilato, ácidos monómeros funcionales y relleno.<sup>21</sup>

➤ Clasificación de los cementos de resina

Los cementos a base de resina se clasifican en:

-Autopolimerizado químico.



Fig 58. Cemento autopolimerizado.<sup>52</sup> Tomado de: <https://n9.cl/hrvr3>

-Fotopolimerizado.



Fig 59. Cemento fotopolimerizado.<sup>53</sup> Tomado de: <https://n9.cl/olppz>

-Dual. (21)



Fig 60. Cemento Dual.<sup>54</sup> Tomado de: <https://n9.cl/ikp2a>

El cemento fotopolimerizado se indica para carillas o porcelana estratificada porque estos materiales permiten el paso de la luz de la lámpara por lo que el cemento logra una polimerización completa. El cemento dual es recomendado

para inlays, onlays y coronas cerámicas. Los cementos autopolimerizados se indican en prótesis fija donde el material no permite la transmisión de la luz.<sup>22</sup>

➤ Ventajas.

-Tiene doble resistencia a la tracción que los ionómeros de vidrio y fosfato de zinc.

-Presenta gran estabilidad a los cambios de la presión ambiental.

-Baja solubilidad a los fluidos orales.

-Presenta gamas de colores.<sup>21</sup>

➤ Desventajas.

-Inhibición parcial en presencia de óxido de zinc y eugenol.

-Estudios han demostrado escasa retención en estructuras sobre implantes.

-Costo elevado.<sup>21</sup>

#### **9.4. Acondicionamiento de la superficie de las cerámicas.**

Como anteriormente se describieron ciertos pasos para lograr una adecuada preparación del sustrato dental en el que se van a colocar las restauraciones, igualmente hay protocolos que funcionan para acondicionar el material cerámico y prepararlo para el cementado y estos dependen de las características de los sistemas cerámicos.<sup>20</sup>

Cuando se realizan los protocolos de adhesión en las cerámicas el objetivo es conseguir retenciones micromecánicas y químicas.<sup>5</sup>

➤ Protocolo de cementado para porcelana feldespática.

En la restauración.

Retención micromecánica: por ser una cerámica ácido-sensible se consigue grabando la restauración con ácido fluorhídrico al 9.6% durante 2 min, no se debe exceder el tiempo de grabado ya que disminuye la fuerza de adhesión y la resistencia a la flexión de la porcelana.<sup>5</sup>

Retención química: se obtiene por medio de silanos. Las moléculas de silano reaccionan con las moléculas de agua formando grupos silanol que reaccionan con la sílice de la porcelana formando una red de siloxanos y los grupos

metacrilato de los silanos reaccionan con el mismo grupo de las resinas adhesivas del cemento.<sup>5</sup>

Se puede aplicar bonding para mejorar la humectabilidad, se debe aplicar inmediatamente antes de cargar el cemento, aplicar ligeramente aire para adelgazar la capa y no se debe fotopolimerizar.<sup>20</sup> (Fig 61)

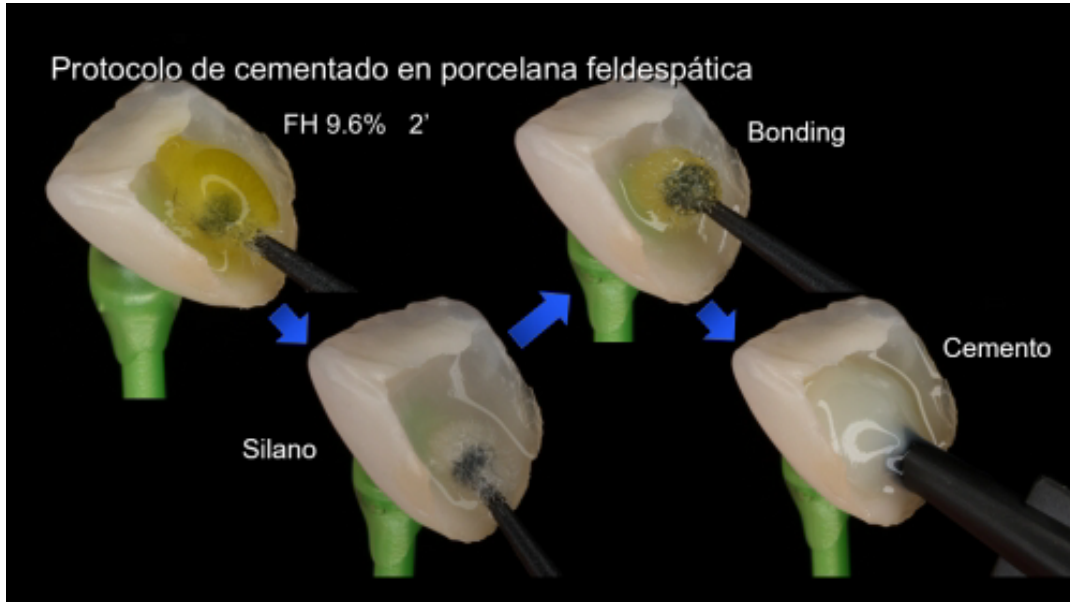


Fig 61. Protocolo de cementado en porcelana feldespática.<sup>5</sup> Tomado de: <https://n9.cl/bcda4t>

En el diente.

Primero se realiza profilaxis en el diente para aumentar la tensión superficial, se desinfecta la preparación con clorhexidina, se coloca el gel del ácido grabador, dependiendo de la técnica que se utilice, se escoge el sistema adhesivo tomando en cuenta el sustrato dental, se aplica el primer si es que hay dentina expuesta o simplemente se aplica un bonding en esmalte, se carga el cemento en la restauración y se coloca en la preparación para fotopolimeriza, como la cerámica feldespática es la más translúcida deja pasar el haz de luz de la lámpara por lo que se realiza una adecuada polimerización del cemento.<sup>20</sup>

➤ Protocolo de cementado para cerámica de disilicato de litio.

En la restauración.

Retención micromecánica: esta cerámica también es ácido-sensible pero, debido a que en esta porcelana hay menor proporción de fase vítrea, la concentración del ácido será menor. Se utiliza ácido fluorhídrico al 4.9% durante 20 seg. Si se graba con el ácido fluorhídrico al 9% la fuerza de adhesión es menor a si se hace con el ácido al 4.9%.<sup>5</sup>

Retención química: se aplica silano y una capa de bonding para aumentar la humectabilidad sin polimerizar.<sup>20</sup> (Fig 62)

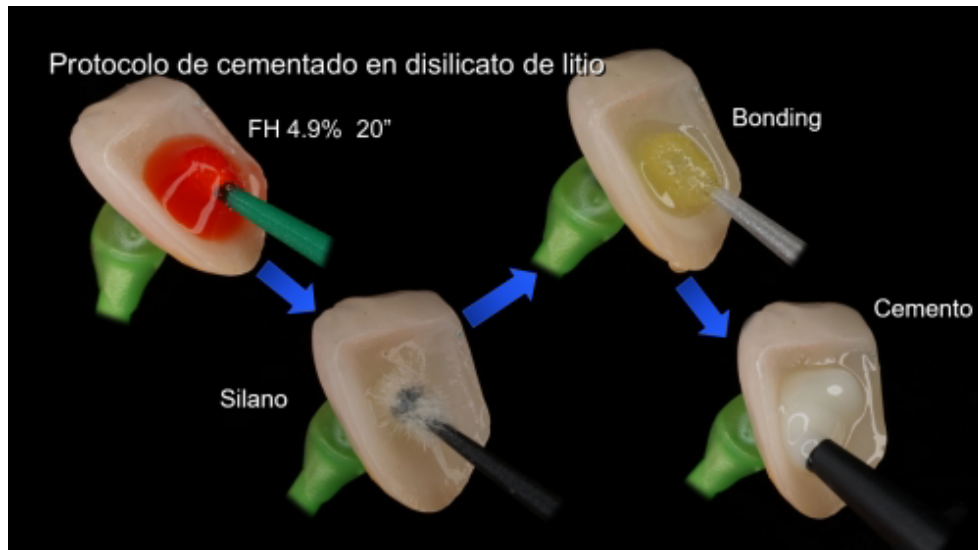


Fig 62. Protocolo de cementado de disilicato de litio.<sup>5</sup> Tomado de: <https://n9.cl/bcda4t>

Para las porcelanas a base de sílice como la feldespática y el disilicato de litio, después del grabado se elimina el ácido con agua y al secarla la cerámica adquiere un aspecto mate, semejante a la tiza, lo que indica que el grabado se realizó correctamente. Esta superficie blanquecina mate son precipitados de hexafluorosilicatos que se desprenden por acción del grabado y que se deben eliminar para que no interfieran en la adhesión y el silano y el adhesivo interactúen directamente con la superficie grabada. Se sumerge la restauración en un godete con acetona, agua destilada o alcohol y se introduce a una tina de ultrasonido durante 4 min; también se puede aplicar ácido fosfórico al 37% durante 60 seg frotándose en la superficie, como alternativa al ultrasonido.<sup>5</sup> (Fig 63)



Fig 63. Presencia de hexafluorosilicatos después del grabado, restauración limpia después de pasarla por tina de ultrasonido.<sup>5</sup> Tomado de: <https://n9.cl/bcda4t>

En el diente.

Al igual que en la cerámica feldespática primero se realiza profilaxis en el diente para aumentar la tensión superficial, se desinfecta la preparación con clorhexidina, se coloca el gel del ácido grabador, dependiendo de la técnica que se utilice, se escoge el sistema adhesivo tomando en cuenta el sustrato dental, se aplica el primer si es que hay dentina expuesta o simplemente se aplica un bonding en esmalte, se carga el cemento en la restauración y se coloca en la preparación para fotopolimeriza, como la cerámica feldespática es la más translúcida deja pasar el haz de luz de la lámpara por lo que se realiza una adecuada polimerización del cemento.<sup>20</sup>

➤ Protocolo de cementado en cerámicas de dióxido de zirconio.

En la restauración.

Retención micromecánica: arenar el interior de la restauración con partículas de óxido de aluminio de 50 micras mejorará la retención de las restauraciones a base de dióxido de zirconio.<sup>5</sup>

Retención química: para obtenerla se tiene que conseguir la formación de enlaces covalentes con los óxidos metálicos de las restauraciones. Se obtiene a través de cementos que contienen monómeros como el MDP (metacrilóxidecil dihidrógeno fosfato), los primer para zirconia contienen moléculas que presentan en un extremo un grupo fosfato el cual formará los enlaces con los óxidos metálicos y por el otro extremo un grupo acrílico la cual se une al adhesivo.<sup>5</sup> Aplicar bonding para mejorar la humectabilidad, aplicar aire para adelgazar la capa y no polimerizar para después cargar el cemento.<sup>20</sup> (Fig 64)

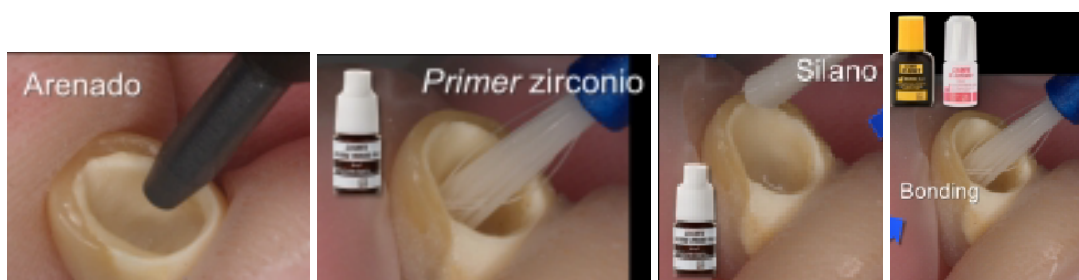


Fig 64. Protocolo para cementado de dióxido de zirconio.<sup>5</sup> Tomado de: <https://n9.cl/bcda4t>

En el diente.

Realizar profilaxis en la preparación lo que aumentará la tensión superficial, dependiendo del sistema adhesivo que se utilice se va a acondicionar al sustrato en el cual se va a colocar la restauración. Posteriormente se va a

realizar la mezcla del cemento dual o autopolimerizable y se colocará en la restauración, previamente preparada, para asentar en la preparación, en el caso de ser cemento dual fotopolimerizar por 3 seg y retirar excesos de cemento y posteriormente volver a polimerizar por 20 seg desde todos las caras de la restauración.<sup>20</sup>

➤ Protocolo de cementado en Enamic.

En la restauración.

Retención micromecánica: se obtiene al grabar con ácido fluorhídrico al 4.9% durante 60 seg, se elimina el ácido enjuagando la restauración y se seca por 20 seg.<sup>13</sup>

Retención química: aplicar silano en la superficie grabada y dejar que se volatilice.<sup>13</sup> (Fig 65)

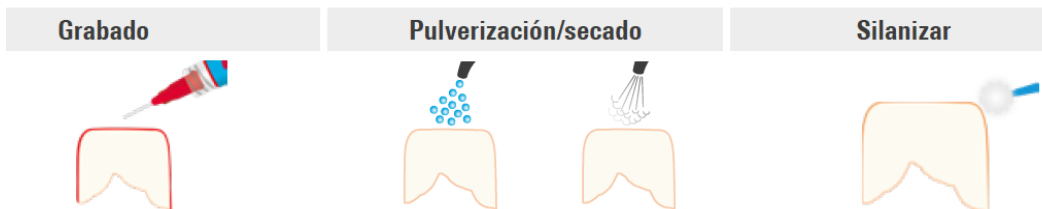


Fig 65. Protocolo de cementado de Enamic.<sup>13</sup> Tomado de: t.ly/IOCn

En el diente.

Realizar profilaxis, se graba el sustrato dental durante 20 seg, con el ácido fosfórico, lavar profusamente y eliminar el exceso de agua, si se grabó dentina frotar con un microbrush clorhexidina para inhibir las metaloproteinasas, aplicar el sistema adhesivo elegido y realizar los pasos de acuerdo a tipo de adhesivo. Mezclar el cemento dual y llevarlo a la restauración para posteriormente colocarlo en el diente, polimerizar por 3 seg, quitar excedente de cemento y volver a polimerizar durante 20 seg desde todas las caras de la restauración.<sup>13</sup> (Fig 66)



Fig 66. Protocolo de cementado en diente Enamic.<sup>13</sup> Tomado de: t.ly/IOCn



## 10. Tecnología CAD-CAM.

Muchos avances tecnológicos han contribuido al uso de la porcelana en la prótesis fija, como el desarrollo de la tecnología de cocción al vacío y la llegada de las tecnologías de prensado y CAD-CAM en los 1980s aumentó el actual interés por la odontología mínimamente invasiva y las restauraciones de 1 visita en la consulta.<sup>4</sup>

CAD-CAM son métodos de procesamiento asistido por ordenador, el significado de sus siglas es: Computer Aid Design/ Computer Aid Manufacturing que se traduce como Diseño Asistido por Ordenador/ Fabricación Asistida por Ordenador.

### ➤ Proceso CAD-CAM

Un sistema CAD-CAM consta de los siguientes pasos:

1. Digitalización: los medios ópticos permiten el escaneado del objeto, las propiedades del objeto pueden influir en la exactitud de los datos obtenidos en el escaneado. Se obtiene la imagen directamente de la restauración en boca, de un modelo o de una impresión, por medio de los escáner.<sup>23</sup> (Fig 67)

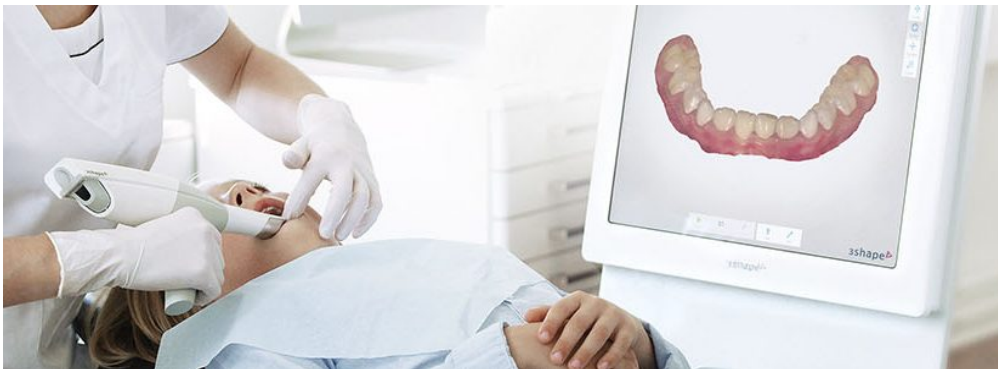


Fig 67. Escaneo intraoral.<sup>55</sup> Tomado de: <https://n9.cl/dygsi>

2. Diseño por ordenador: se realiza mediante un software específico de cada sistema.<sup>23</sup> (Fig 68)

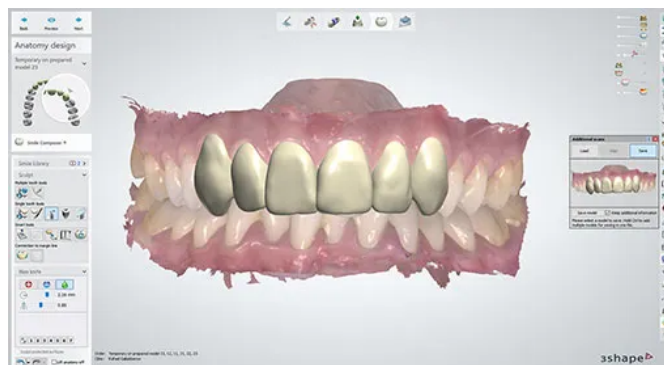


Fig 68. Diseño.<sup>56</sup> Tomado de: <https://n9.cl/153xi>

3. Mecanizado: en el caso de los sistemas cerámicos se realiza el fresado de bloques presinterizados o sinterizados, los presinterizados conllevan a un menor desgaste de las fresas y a un menor tiempo de fresado.<sup>23</sup> (Fig 69)



Fig 69. Fresado de los diseños previamente realizados.<sup>57</sup> Tomado de: <https://n9.cl/nqc95h>

➤ Ventajas.

Reducen el tiempo de trabajo al eliminar pasos de técnicas utilizadas en laboratorio.

Restauraciones más precisas.

Permiten el empleo de distintos materiales principalmente de cerámicas.<sup>23</sup>

➤ Desventajas.

Se necesita de un equipo costoso.

Capacitación del profesional para utilizar los programas.<sup>23</sup>

## 11. Conclusión.

Como profesionales debemos conocer las características, componentes y manejo de cada uno de los sistemas cerámicos con los que se trabaja, además, entender que cada sistema tiene propiedades diferentes que nos pueden ayudar, si se escogen de manera adecuada para cada situación, o perjudicar si el clínico no toma en cuenta las propiedades de la cerámica al momento de su elección. Debemos ser conscientes que los sistemas cerámicos seguirán evolucionando y adaptándose para ofrecer mejores propiedades, por lo tanto la actualización continúa es indispensable para ser capaces de utilizar todos los materiales que se tienen al alcance y lograr explotar sus características para ofrecer cada vez más mejores rehabilitaciones. También la tecnología es una herramienta muy útil dentro de la Odontología donde se están utilizando softwares para agilizar y mejorar la precisión de procedimientos no sólo en rehabilitación oral con los sistemas cerámicos sino en la mayoría de las ramas de la Odontología, ayudando a ser más precisos y agilizar tiempo de manufactura.



## 12. Referencias.

1. Cova JL. Biomateriales dentales para una odontología restauradora exitosa. Edición 3ra. Medellín: AMOLCA; 2019.
2. Gracis S, Thompson V, Ferencz J, Bonfante E. A new classification system for all-ceramic and ceramic-like restorative materials. [Internet]. 2015 [Consultado 25 Feb 2022]; 28(3): 227-35.
3. Zchimmer&Schwarz. Propiedades físicas y químicas de la cerámica [Internet]. España, 2020 [consultado 01 Mar 2022]. Disponible en: <https://www.zschimmer-schwarz.es/noticias/propiedades-fisicas-y-quimicas-de-la-ceramica/>
4. Bertoldi A. Porcelanas dentales RAAO [Internet] 2012 [consultado 01 Mar 2022]; 50 (2):25-41 Disponible en: <https://www.ateneo-odontologia.org.ar/articulos/102/articulo3.pdf>
5. Mallat E. Decálogo del cementado adhesivo. PMCM [Internet] 2018 [Consultado 01 Mar 2022]; Disponible en: <http://prosthodonticsmcm.com/decalogo-del-cementado-adhesivo/>
6. Martínez R, Pradíes R, Suárez G, Rivera G, Cerámicas dentales: clasificación y criterios de selección RCOE. 2007 [consultado 03 Mar 2022]; 12(4): 253-263.
7. Stephen J, Chu. Clinical materials review. DMD. 2012 [consultado 03 Mar 2022]; 33(1): 64-67.
8. Jegou S. Dental glasses and glass-ceramics. DOI. 2014 [consultado 03 Mar 2022]; capítulo 12: 255-75
9. Willard A, Chu G. The science and application of IPS e.MAx dental ceramic.KJMS [Internet] 2018 [consultado 03 Mar 2022]; 34 (4): 238-242 Disponible en: <https://www-sciencedirect-com.pbidi.unam.mx:2443/science/article/pii/S1607551X1730757X>
10. Ivoclar Vivadent. IPS e.max, la cerámica de inyección de disilicato de litio. [Internet] 2013 [consultado 05 Mar 2022] Disponible en: [http://dentaleverest.es/wp-content/files\\_mf/1370271750IPS\\_emax\\_System.pdf](http://dentaleverest.es/wp-content/files_mf/1370271750IPS_emax_System.pdf)

11. Marcelo J, Gallet G, Fernández L, Hinojosa D. Ciencia y evolución del dióxido de zirconio, de la prioridad mecánica a la necesidad estética. Rev EH. 2020 [consultado 05 Mar 2022]; 30(3): 224-36.
12. Stawarczyk B, Keul C, Eichberger M, Figge D, Edelhoff, Lu. Three generations of zirconia: from veneered to monolithic. Part I. [Internet] 2017 [consultado 05 Mar 2022]; 48(5): 369-380 Disponible en: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/pbidi.unam.mx:2443/28396886/>
13. Vita. Cerámica híbrida VITA Enamic. [Internet] 2021 [consultado 06 Mar 2022] Disponible en: <https://www.vita-zahnfabrik.com/es/VITA-ENAMIC-24973,27568.html>
14. Vita. Vita Enamic. Documentación científica- técnica. [Internet] 2021 [consultado 06 Mar 2022] Disponible en: <https://www.vita-zahnfabrik.com/es/VITA-ENAMIC-24973,27568.html>
15. Segura G. ¿Zirconio, cerámica o metal-porcelana? Revisión de la literatura. [Internet] 2014 [consultado 06 Mar 2022]; No. 259: 134-142. Disponible en: [http://files.epeldano.com/publications/pdf/97/gacetadental\\_259.pdf](http://files.epeldano.com/publications/pdf/97/gacetadental_259.pdf)
16. Sezinando A. Looking for the ideal adhesive- A review. SPEMD. [Internet] 2014 [consultado 08 Mar 2022]; 55(4): 194-206. Disponible: <https://www.sciencedirect-com.pbidi.unam.mx:2443/science/article/pii/S1646289014000582>
17. Frankenberger R, Schipper H, Roggendorf M. Técnica adhesiva 2010: ¿sistemas de grabado y lavado o sistemas autograbantes?. OC. [Internet] 2012 [consultado 08 Mar 2022]; 25(7): 387-392. Disponible en: <https://www.elsevier.es/es-revista-quintessence-9-articulo-tecnica-adhesiva-2010-sistemas-grabado-S0214098512001420>
18. Sofan E, Sofan A, Palaia G, Tenore G, Romeo U, Migliau G. Classification review of dental adhesive systems: from the IV generation to the universal type. [Internet] 2017 [consultado 08 Mar 2022]; 8(1): 1-17: Disponible en: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/28736601/>
19. Pereira V, Asquino N, Apellaniz D, Bueno R, Tapia G, Bologna R. Metaloproteinasas de la matriz extracelular (mmps) en odontología. [Internet] 2016 [consultado 09 Mar 2022]; 18(28): 20-29 Disponible en: <http://www.scielo.edu.uy/pdf/ode/v18n28/v18n28a04.pdf>
20. Corts J, Abella R. Protocolo de cementado de restauraciones cerámicas. AO. [Internet] 2013 [consultado 09 Mar 2022]; 10(2): 37-44. Disponible

en:<https://revistas.ucu.edu.uy/index.php/actasodontologicas/article/download/950/943/3669>

21. Condori B. Indicaciones de zirconio en prótesis fija convencional. UPT. 2016. España [consultado 09 Mar 2022]; 1-34.

22. Sulaiman T, Awab A, Altinchi A, Ahmed A, Terence D. Mechanical properties of resin-based cements with different dispensing and mixing methods. JPD. [Internet] 2018 [consultado 10 Mar 2022]; 119(6): 1007-1013.

Disponible en:

<https://www-sciencedirect-com.pbidi.unam.mx:2443/science/article/pii/S002239131730433X>

23. Wai Kim R, Chow T, Matinlinna J. Ceramic dental biomaterials and CAD/CAM technology: State of the art. JPR. [Internet] 2014 [consultado 10 Mar 2022]; 58(4): 208-216. Disponible en:

<https://www-sciencedirect-com.pbidi.unam.mx:2443/science/article/pii/S1883195814000899>

24. Kelly J, Benetti P. Ceramic materials in dentistry: historical evolution and current practice. ADJ. [Internet] 2011 [consultado 11 Mar 2022]; 56(1): 84-96.

Disponible en: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/21564119/>

25. Flury S. Principios de la adhesión y la técnica adhesiva. [Internet] 2012 [consultado 13 Mar 2022]; 25(10): 604-609. Disponible en:

<https://www.elsevier.es/es-revista-quintessence-9-articulo-principios-adhesion-tecnica-adhesiva-S021409851200219X>

26. Figueroa R, Goulart F, Frutado R, Pereira F, Gragas M. Rehabilitación de los dientes anteriores con el sistema cerámico disilicato de litio. JO. [Internet] 2014 [consultado 22 Mar 2022]; 8(3): 469-474. Disponible en:

<https://scielo.conicyt.cl/pdf/ijodontos/v8n3/art23.pdf>

27. Fig 4. Porcelana estratificada en modelo. Disponible en:

<https://gacetadental.com/wp-content/uploads/2020/05/fotos.001.jpg>

28. Fig 5. Demostración del material inyectado en el revestimiento. Disponible en:

[https://biodentales.com/wp-content/uploads/2017/02/Revestimientos\\_WhipMix-1.jpg](https://biodentales.com/wp-content/uploads/2017/02/Revestimientos_WhipMix-1.jpg)

29. Fig 6. Diseño asistido por computadora. Disponible en:

[https://img.medicaexpo.es/images\\_me/photo-g/71366-14980365.jpg](https://img.medicaexpo.es/images_me/photo-g/71366-14980365.jpg)

30. Fig 7. Fresado de los diseños. Disponible en:  
<https://www.escolapejoan.com/wp-content/uploads/2017/12/fresado-dental-768x521.jpg>
31. Fig 8. Porcelana feldespática. Disponible en:  
<https://i.pinimg.com/474x/8f/a8/6d/8fa86d331eea01c015d5a5722ba09716.jpg>
32. Fig 9. Elaboración de la frita. Disponible en:  
[https://obj.construmatica.com/construpedia/images/7/75/Ascer\\_Fig4.JPG](https://obj.construmatica.com/construpedia/images/7/75/Ascer_Fig4.JPG)
33. Fig 10. Método de condensación. Disponible en:  
<http://4.bp.blogspot.com/-uLSZS7WqtuA/UKnVPjLHvjI/AAAAAAAAAoQ/FTOPM2JkxY8/s640/21.jpg>
34. Fig 11. Proceso de cocción. Disponible en:  
<http://1.bp.blogspot.com/-VLKx1yy6tAw/UKnVQgDFnWI/AAAAAAAAAoY/NvN3ezESKoU/s640/22.jpg>
35. Fig 12. Proceso de glaseado y terminado. Disponible en:  
[http://2.bp.blogspot.com/-aaah8j7eLS8/UKnVSI1UIWI/AAAAAAAAAog/lxU-qzJ\\_3wQ/s640/23.jpg](http://2.bp.blogspot.com/-aaah8j7eLS8/UKnVSI1UIWI/AAAAAAAAAog/lxU-qzJ_3wQ/s640/23.jpg)
36. Fig 13. Porcelana feldespática. Disponible en:  
[https://dentacarts.com/images/thumbnails/800/600/detailed/9/Untitled-1\\_59de-is.jpg](https://dentacarts.com/images/thumbnails/800/600/detailed/9/Untitled-1_59de-is.jpg)
37. Fig 14. Estratificación de la porcelana color ENAMEL light. Disponible en:  
[https://www.dental-visionist.com/portal/pics/berechnet/elemente/3218/klein\\_Breda-1\\_6.jpg](https://www.dental-visionist.com/portal/pics/berechnet/elemente/3218/klein_Breda-1_6.jpg)
38. Fig 15. Carillas ya sinterizadas. Disponible en:  
[https://www.dental-visionist.com/portal/pics/berechnet/elemente/3219/klein\\_Breda-1\\_7.jpg](https://www.dental-visionist.com/portal/pics/berechnet/elemente/3219/klein_Breda-1_7.jpg)
39. Fig 16. Sonrisa altamente estética. Disponible en:  
[https://www.dental-visionist.com/portal/pics/berechnet/elemente/3223/klein\\_Breda-1\\_11.jpg](https://www.dental-visionist.com/portal/pics/berechnet/elemente/3223/klein_Breda-1_11.jpg)
40. Fig 18. Pastillas para técnica de inyección. Disponible en:  
<https://highlights.ivoclar.com/hubfs/highlights%20ivoclar/highlights%20Lab/IPS-e.max-Press.jpg>
41. Fig 19. Bloques CAD-CAM metasilicato de litio. Disponible en:  
<https://shop.pluradent.at/medias/prod220935.png?context=bWFFzdGVyfGlTYWdlc3wxMjE2NzI8aW1hZ2UvcG5nfGlTYWdlcy9oN2MvaDk2Lzg5NTIyOTAyMTM5M>

TgucG5nfDQyOGFmY2EzYTNIZTk2NzZhODYyMWVmN2FhZjg2ZjA0N2EyY2I1Y2Q2NjcyMGE1OGQwMTVmM2RkYjE5Nzk5NDk

42. Fig 32. Zirconio (Zn) metal. Disponible en:

<https://www.escuelapedia.com/wp-content/uploads/Zirconio-Zr.jpg>

43. Fig 34. Presentación de la zirconia en el mercado. Disponible en:

<https://sc01.alicdn.com/kf/Hb186a4c6752c429787e3aa061c5090edq.jpg>

44. Fig 39. Presentación de Vita Enamic en el mercado. Disponible en:

[https://www.clvmexico.com/wp-content/uploads/2020/06/VITA\\_ENAMIC.jpg](https://www.clvmexico.com/wp-content/uploads/2020/06/VITA_ENAMIC.jpg)

45. Fig 41. Vita Enamic. Disponible en:

[https://www.vita-zahnfabrik.com/portal/pics/pdb/Machinable-Materials/ENAMIC/Patientenfall\\_Link\\_web.jpg](https://www.vita-zahnfabrik.com/portal/pics/pdb/Machinable-Materials/ENAMIC/Patientenfall_Link_web.jpg)

46. Fig 47. Chipping en una corona estratificada. Disponible en:

[https://encrypted-tbn0.gstatic.com/images?q=tbn:ANd9GcSsYPgH11O0IYVRN MfMW\\_A5\\_p04irPTeu2JigSzQScNqrBWkEQvlg\\_cAhLxCceplAtufBo&usqp=CAU](https://encrypted-tbn0.gstatic.com/images?q=tbn:ANd9GcSsYPgH11O0IYVRN MfMW_A5_p04irPTeu2JigSzQScNqrBWkEQvlg_cAhLxCceplAtufBo&usqp=CAU)

47. Fig 51. Ácido grabador, Primer y Adhesivo. Disponible en:

[https://cdn.shopify.com/s/files/1/3005/0188/products/KE60534\\_600x600\\_crop\\_center.jpg?v=1618790872,https://encrypted-tbn0.gstatic.com/images?q=tbn:ANd9GcS8L2WpUmoBz3xEq04deukrPpkn6zTfC82Eng&usqp=CAU](https://cdn.shopify.com/s/files/1/3005/0188/products/KE60534_600x600_crop_center.jpg?v=1618790872,https://encrypted-tbn0.gstatic.com/images?q=tbn:ANd9GcS8L2WpUmoBz3xEq04deukrPpkn6zTfC82Eng&usqp=CAU)

48. Fig 52. Ácido grabador y el primer y adhesivo aparte en un solo frasco.

Disponible en: <https://www.blasdent.cl/wp-content/uploads/2020/08/Sb2-6.jpg>

49. Fig 53. Adhesivo autograbado de dos pasos. Disponible en:

[https://www.kuraraynoritake.com.br/es/product/adhesives/clearfil\\_se\\_bond.html](https://www.kuraraynoritake.com.br/es/product/adhesives/clearfil_se_bond.html)

50. Fig 54. Adhesivo de un solo paso. Disponible en:

[https://www.3m.com.es/3M/es\\_ES/p/d/v000075981/](https://www.3m.com.es/3M/es_ES/p/d/v000075981/)

51. Fig 55. Adhesivo universal. Disponible en:

<https://multimedia.3m.com/mws/media/773434P/single-bond-universal-vial-cut-out-apac-la-cee-mea.jpg>

52. Fig 58. Cemento autopolimerizado. Disponible en:

<https://www.dentalmex.mx/wp-content/uploads/2019/10/Multilink-Speed-transparente-de-la-marca-Ivoclar.-Deposito-Dental-Dentalmex.jpg>

53. Fig 59. Cemento fotopolimerizado. Disponible en:

[https://www.ivoclar.com/es\\_latam/products/cementation/variolink-esthetic](https://www.ivoclar.com/es_latam/products/cementation/variolink-esthetic)

54. Fig 60. Cemento Dual. Disponible en:

<https://multimedia.3m.com/mws/media/945585P/espe-relyx-u200.jpg>

55. Fig 67. Escaneo intraoral. Disponible en:

<https://www.centroodontologicoinnova.com/wp-content/uploads/2018/04/cabece-ra-escaner-intradental-825x300.jpg>

56. Fig 68. Diseño. Disponible en:

[https://media.3shape.com.imgeng.in/-/media/corporate/news-images/2021/ds-and-sirora-integration\\_xs.jpg?h=277&w=511&v=a07b186c-11f4-43e1-915a-b77f3749309f&hash=0B62124A3647C43B7D8072739CC23C64](https://media.3shape.com.imgeng.in/-/media/corporate/news-images/2021/ds-and-sirora-integration_xs.jpg?h=277&w=511&v=a07b186c-11f4-43e1-915a-b77f3749309f&hash=0B62124A3647C43B7D8072739CC23C64)

57. Fig 69. Fresado de los diseños previamente realizados. Disponible en:

[https://st3.depositphotos.com/1855003/12858/i/600/depositphotos\\_128583716-stock-photo-dental-milling-machine.jpg](https://st3.depositphotos.com/1855003/12858/i/600/depositphotos_128583716-stock-photo-dental-milling-machine.jpg)