



Nota:

El presente documento es una pequeña contribución para todas aquellas personas que navegan en Internet en busca de información exacta, fiable, sin propósitos comerciales y con el fundamento científico necesario para ser tomada en cuenta.

Esta revisión bibliografica fue terminada en 2002, utilizando la información mas actualizada de ese momento y es libre para compartir, esperando que sea de gran ayuda para incrementar sus conocimientos.

**Dr. Mauricio Eduardo Mendez Renderos
Odontologo Prostodoncista**

**Pasantia en Ciencias Restaurativas, Universidad de Costa Rica.
Especialidad en Odontología Restauradora c/m Prótesis Fija, Universidad de Valparaíso.
Profesor titular del area de Restaurativa, Universidad de El Salvador**

Cerámica Dental

Revisión Bibliográfica.

Dr. Mauricio E. Méndez

Historia

La palabra cerámica se deriva del griego “keramicos” que significa “de tierra”. “Keramos” es el nombre asignado a la alfarería o también a una “cosa quemable”⁽⁴⁾.

Una cerámica se puede definir como la combinación de 1 o mas metales con un elemento no metálico usualmente el oxígeno. La cerámica talvez fue de los primeros materiales hechos artificialmente por el hombre y es de los primeros en haber sido investigado.

Existen varios tipos de cerámica y todos tienen los mismos componentes pero sus proporciones cambian según su aplicación.

La mayoría de las cerámicas se caracterizan por tener:

- Naturaleza refractaria.
- Dureza y a la vez susceptibilidad a la fractura.
- Inercia química.
- Propiedades aislantes (baja difusión térmica, conductividad térmica y eléctrica).

En excelentes recopilaciones^(5,17), Jones y Nelly narran la historia de la porcelana dental que retomaremos a continuación. Se han encontrado artículos cerámicos fabricados que datan de hasta 23,000 años atrás. Históricamente hay 3 tipos de materiales cerámicos:

1. “Earthenware”: materiales horneados a baja temperatura con relativa porosidad.
2. “Stoneware”: aparece en China en el año 100 a.c. Es horneado en altas temperaturas lo que resulta en mayor fuerza y resistencia al agua.
3. Porcelana: resulta de fundir barro blanco con piedras de China para producir un stoneware blanca y translúcida.

El trabajo de la porcelana fue un secreto guardado celosamente por los chinos y existieron muchos intentos por parte de europeos de tratar de imitar este arte. Pero no fue hasta 1717 que un jesuita de apellido d’Entrecolles se gana la confianza de los alfareros chinos y le mostraron el proceso de fabricación. La composición de la porcelana que en ese tiempo los chinos llamaban “pasta dura” era 50% caolín, 25% feldespato y 25% cuarzo; ahora las formulas modernas han disminuido el porcentaje de caolín y aumentado el de feldespato sin contar la adición de fundentes y fritas. Así que la porcelana dental que actualmente poseemos es el resultado de largos entrenamientos y experiencia.

La propia historia de la porcelana como material dental se remonta a 1774 cuando el francés Duchateau, impulsado por cambiar sus dentaduras de marfil, probó experimentar con porcelana. El marfil era un material antihigiénico que por su porosidad, adquiría mal olor y se manchaba. Observando la resistencia y durabilidad de los instrumentos cerámicos, Duchateau junto con fabricantes de cerámica en Guerhard logro confeccionar el primer juego de dentaduras minerales. Por supuesto que surgieron problemas como la contracción del material durante el horneado que obligaba usar modelos sobredimensionados y el tamaño de partícula era muy difícil de controlar; para llegar hasta la dentadura final, se requerían de muchas pruebas y corrección de errores antes de entregarse.

Tomando en cuenta sus problemas y tratando de mejorar los procedimientos, Duchateau se asocio con un dentista de apellido de Chemant con quien mejoro la formula de porcelana.

El secreto fue nuevamente guardado por de Chemant durante largo tiempo y siempre se limito a la confección de dientes artificiales para prótesis.

Los hornos también sufrieron muchos cambios ya que comenzaron siendo calentados con carbón y fuelle, luego de gas o aceite y finalmente se convirtieron en eléctricos. Para 1913, Hellberger utilizo un horno con ambiente al vacío y no fue introducido para aplicaciones dentales hasta finales de los 40's.

Para uso en coronas, la porcelana fue introducida a mediados de 1800's. Se planteo inicialmente como una corona metálica con retención a través de un poste intrarradicular. La idea se concretizo gracias a la combinación de 2 avances importantes: en 1806 Guiseppangelo Fonzi logro adherir dientes de porcelana a pines de platino que llamo "terro metálicos incorruptibles" y en 1880 Richmond creo el diseño de corona que hoy lleva su nombre y que fue perfeccionado por Logan en 1885. Finalmente en 1962, Weinstein, Katz y Weinstein patentaron el método de fabricar las coronas metal-cerámica como lo conocemos en la actualidad.

El sustrato de adhesión de la porcelana fue inicialmente el oro. Sin embargo en 1974 se introdujeron aleaciones diferentes como las de paladio-plata, las cuales se volvieron muy populares años después cuando el oro llego a valer \$850 la onza.

Cuadro No.1: Generalidades sobre la porcelana dental

Usos:	Ventajas:	Desventajas:
Frentes (vener) sobre coronas de metal colado.	Resistente a cambios termicos repentinos.	Contracción después de cocción.
Coronas fundas (jacket) e incrustaciones.	Limpieza con mucha facilidad si esta correctamente glaseado.	Dificultad de igualar el color exacto y textura del diente.
Dientes artificiales para prótesis.	Fácil de aplicar. Color estable. Durable. Compatible con tejidos blandos. Resistente a la abrasión.	Frágil.

Las coronas jacket se originaron en 1873 gracias al concepto de Beers y la creación de un método de confección basado en experiencias de Herbst en 1882 quien hacia inlays de vidrio (pero no de porcelana) hecha de frita de vidrio molido; el proceso era muy complejo: se tomaba impresión con cera y se vaciaban modelos con una mezcla de "plaster" y asbesto. Como se esperaba mucha contracción, se agregaba más porcelana y se volvía a hornear en otro modelo. Debido a las inexactitudes inherentes, se limito para uso exclusivo de inlays.

Land fue un dentista que hizo 3 aportes importantes en la utilización de porcelana para fines dentales:

- En 1886, patento la idea de fundir porcelana sobre una lámina delgada de platino.
- En 1898 desarrollo la porcelana de baja fusión aunque tenia deficiencias por su alto contenido de bórax que la hacia deteriorarse en boca. Años después, Jenkins termino de perfeccionar la formula.
- En 1903 introdujo formalmente la corona jacket.

El factor físico-mecánico siempre ha sido una preocupación para la utilización de solo porcelana como restauración. El desarrollo de las coronas metal-cerámica en parte ha ayudado pero la tentación de obtener una alta estética lograda con el uso de solo cerámica, hizo que los investigadores continuaran buscando una porcelana lo suficientemente resistente.

En 1965, McLean y Hughes desarrollaron la porcelana aluminosa la cual tenia un 50% mas de modulo de elasticidad con respecto a las porcelanas convencionales y ha tenido una gran aceptación para las coronas jacket.

En 1983 O'Brien desarrollo un material a base de magnesio de alta expansión para ser aplicado en núcleos completamente cerámicos. Tiene la misma fuerza de la porcelana aluminosa pero con mayor coeficiente de expansión térmica. Esto la hacia mas compatible con las porcelanas de cuerpo que se usan en tecnología metal cerámica y ya no es necesario comprar porcelanas especiales.

Hasta la fecha han surgido muchos materiales cerámicos para ser utilizados en situaciones que se requieren alta estética. Para entender la evolución y relación con otras cerámicas hay que clasificarlos de varias formas (ver Fig. No.1 y No.2)

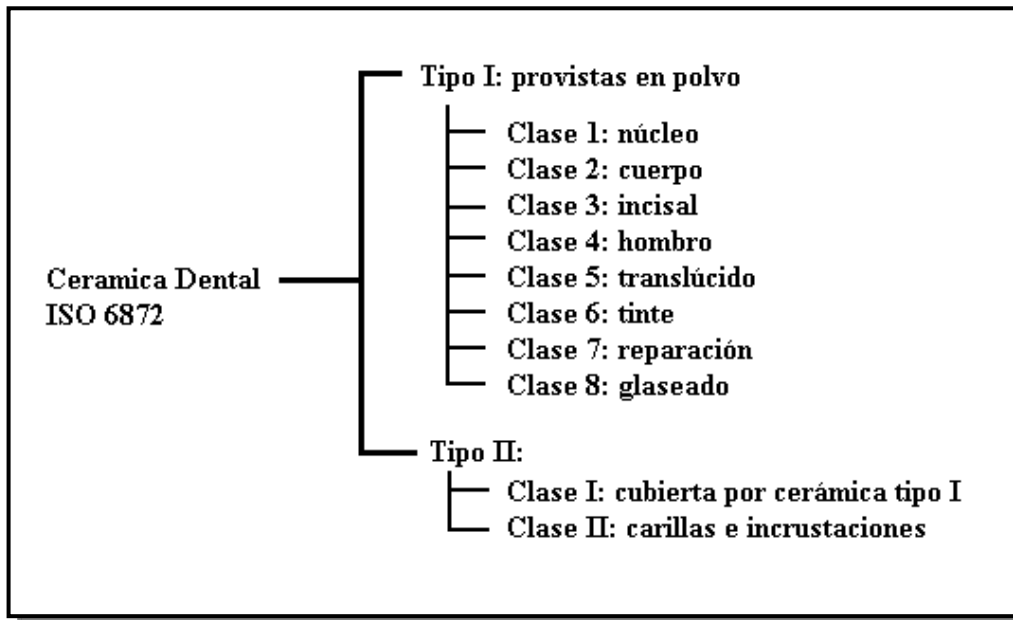


Fig No.1: Clasificación establecida para la cerámica dental por el ISO 6872 (1995).

La tecnología metal cerámica es la mas usada para PPF debido a su alta resistencia a fuerzas especialmente de fatiga y predictibilidad sobretodo en sector posterior. Sin embargo, su translucidez es afectada por la cofia metálica que limita la transmisión de luz a través de la restauración y aumenta la capacidad de reflexión. En ese sentido, la corona completamente cerámica lleva gran ventaja por sus excelentes características ópticas. La selección entre un sistema y otro depende de:

- Resistencia.
- Simplicidad de fabricación.
- Potencial para fabricar muchas unidades.

- Ajuste marginal e interno.
- Costo-beneficio.
- Experiencia personal.
- Comportamiento estético: por ejemplo, si el paciente es joven, la translucidez es favorable para mimetizar los dientes aunque se debe de controlar porque podría resultar en una restauración muy gris.

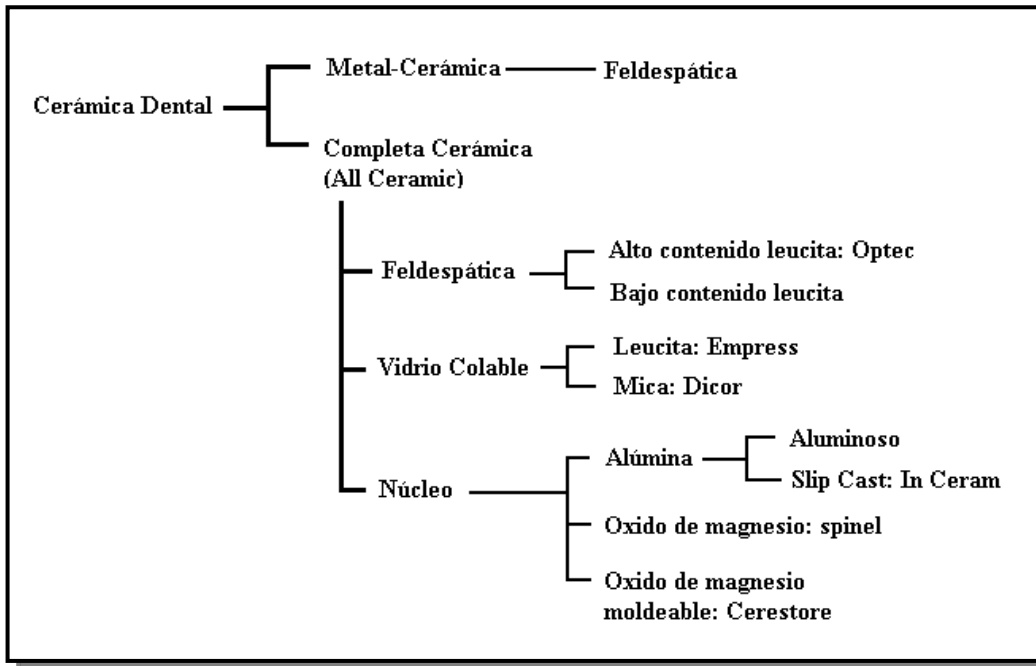


Fig. No.2: Clasificación actual de la cerámica dental (Touati, 2000).

Parte I: Cerámica Dental –Conceptos básicos-

Fabricación y Componentes:

Para la manufactura de la porcelana dental, todos los componentes son fundidos a una temperatura tal que suceden reacciones químicas en altas temperaturas. Luego son enfriadas rápidamente lo que hace que la masa fundida y caliente se fracture por choque térmico. Así, la mayoría de contracción y formación de gas ocurre antes de que el polvo se ocupe en el laboratorio. El proceso se llama fritación y se repite varias veces después del cual el producto llamado frita es triturada en polvo fino ⁽¹⁾. El tamaño de partícula del polvo se regula en rangos pequeños por varias razones ⁽¹⁰⁾:

- Permite una mejor condensación de la porcelana húmeda y por lo tanto se logra una masa más densa y resistente.
- Se logra una sinterización más rápida y en mayor proporción.
- Mayor facilidad de glaseo.
- Menor cantidad de microfracturas.

Cuadro No.2: Composición de las porcelanas

	Dental (%)	Decorativo (%)
Feldespatos	81	15
Cuarzo	15	14
Caolín	4	70
Pigmentos	<1	1

Básicamente las porcelanas dentales son vidrios pulverizados que forman una matriz en donde quedan suspendidas pequeñas cantidades de cristales sin reaccionar. La matriz se representa como una red tridimensional de silicio que consiste en un átomo de sílice combinado con 4 de oxígeno formando una configuración tetragonal, sin simetría en la que ninguna unidad de la estructura se repite a intervalos regulares formando cadenas que se mueven más fácil a bajas temperaturas ^(1,2,3,39).

El sinterizado es un proceso que consiste en calentar partículas para alcanzar uniones que logren aumentar la densidad de la estructura. Gracias a él, se obtiene una matriz con estructura irregular, desordenada, áspera, arborescente e intrincada con presencia de cristales de leucita. La tasa de sinterizado es inversamente proporcional a la viscosidad y tamaño de partícula y directamente proporcional a la tensión superficial de la porcelana.

La porcelana que se utiliza en tecnología metal-cerámica se le conoce también como “feldespática” porque su componente principal es el feldespatos ($K_2O \cdot Al_2O_3 \cdot 6SiO_2$) cerámica usada por más de 35 años.

El feldespatos forma una fase matriz de vidrio y 1 o más fases de cristales con el fin de crear una porcelana térmicamente compatible con las aleaciones metálicas más comunes.

Características:

- Presente en una proporción de 75-85%.
- Su cantidad en % es lo que hace las diferencias con otros tipos de cerámica.
- Jamás es puro y generalmente se encuentra combinado con óxidos metálicos.
- Tiene un color entre gris y rosado.
- Se funde a 1290°C y si no es calentado en exceso retiene su forma.

- El hierro y la mica son impurezas que se remueven durante el procesado industrial para que no interfieran con el color de la porcelana.
- Se elige por su facilidad de colorearse o hacerse frita.

Cuando el feldespato se funde, se mezcla con óxidos metálicos que son de naturaleza alcalina y sirven para aumentar el coeficiente de expansión térmica a través de la interrupción de la integridad de la red de silicio, reduciendo la cantidad de uniones cruzadas. Los óxidos más comunes son ^(7,10):

- a) Potasio: se funde con el feldespato entre 1250-1500°C para formar un vidrio de alta viscosidad que permite el control del flujo pirolástico durante el sinterizado para mantener la forma de una restauración durante el horneado. Proporciona cualidades de translucencia. también se le conoce como ortosa u ortoclasa y es el que se prefiere mas para metal-cerámica.
- b) Sodio: también llamado albita, disminuye la temperatura de fusión y aumenta el flujo pirolástico. Por estas características indeseables para la tecnología metal-cerámica, no se usa mucho.

La porcelana después de hornearse tiene 2 fases:

- 1) Vítrea: fase prominente en las porcelanas dentales que se une bien a la fase cristalina. Cuando el vidrio fundido se enfría es muy viscoso y por eso se dice que es un líquido solidificado más que un sólido cristalino. Proporciona propiedades parecidas a un vidrio como fragilidad, patrones de fractura sin dirección y flujo bajo estrés. Vitricación es el desarrollo de una fase vítrea y estructura vítrea se entiende como todo fundido que solidifica en forma amorfa o sea, sin seguir una red cristalina determinada ⁽⁴⁾.
- 2) Cristalina: compuesto por leucita que es un feldespatoide cristalino artificial creado por tratamiento de calor. Entre las funciones que tiene están:
 - Forma un esqueleto refractario cuyos espacios el vidrio llena.
 - Otorga piroplasticidad.
 - Eleva el coeficiente de expansión térmica.
 - Aumenta la dureza y temperatura de fusión

Se incorpora en las fritas en un porcentaje de 35-40%. Cambios en cantidad de leucita causa el desarrollo de un desequilibrio en los coeficientes de contracción térmica entre el metal y la porcelana produciendo estrés y grietas. Algunas porcelanas de reparación están libres de leucita lo que las vuelve menos abrasivas y necesitan menos calor para agregarse pero tienen el defecto de deformarse con horneados múltiples y si hay combinación de porcelanas de alta y baja fusión, ocurre cierta dificultad de pulir/glasear ⁽²⁾.

Un nombre mas correcto para la porcelana feldespática seria el de “leucítica” porque el feldespato ya no esta presente en la porcelana procesada final.

Las porcelanas para metal cerámica están hechas de grandes cantidades de feldespato potásico ⁽⁴⁾ lo cual tiene 2 desventajas:

- Presentan una gran tendencia a la desvitricación que impide su sometimiento a cocciones repetidas ya que aumenta el riesgo de fractura y oscurecimiento de la porcelana.
- Reducción de la durabilidad química (resistencia a los ataques de agua, ácidos o álcalis).

Actualmente, la vitalidad y apariencia de las restauraciones con porcelanas feldespáticas ha mejorado por logros como ⁽²⁵⁾:

- Opalescencia.
- Técnicas de teñido interno especializado.
- Porcelanas resistentes a la “oxidación verde”

Desafortunadamente, la porcelana feldespática es muy débil para la construcción de coronas jacket y durante el horneado podría haber discrepancias significativas en ajuste o adaptación marginal a menos que se hagan varias cocciones correctivas que redundan en la desvitrificación.

El óxido bórico es un componente que actúa como fundente formando una red gemela con el sílice, interrumpiéndola para producir un descenso de la temperatura de ablandamiento del cristal. También impide aumentos en la expansión térmica e incrementa el contenido de álcali para bajar aun más la temperatura de fusión ⁽¹⁾.

Otros componentes de la porcelana feldespática:

1. Cuarzo (12-22%): es molido a grano fino para proporcionar una estructura donde otros ingredientes fluyen; ayuda a endurecer y estabilizar la masa en altas temperaturas. también previene el “slump” ⁽⁷⁾.
2. Caolín (4%): es una arcilla que se encuentra en el fondo y orillas de los ríos donde las rocas ígneas feldespáticas son lavadas continuamente por agua. Con el tiempo van perdiendo potasio, quedando como silicato de aluminio hidratado, o sea, el caolín. Las formas más puras se lavan, secan y tamizan. Sirve de aglutinante, proporcionando opacidad, moldeabilidad a la porcelana húmeda y elasticidad a la porcelana fundida. Si la proporción aumenta en más de 10%, la opacidad es demasiado grande ^(1,3).
3. Óxidos colorantes: Para dar los distintos colores a la porcelana, se utiliza lo que se conoce como frita coloreada que consiste en una mezcla de óxidos metálicos, vidrios finos y feldespato que se funden y se muelen para mezclarse con frita sin pigmento. Los óxidos más utilizados son:
 - Hierro o níquel: café.
 - Cobre: verde.
 - Titanio: café amarillento.
 - Manganeso: lavanda.
 - Cobalto: azul.
 - Circonio, Titanio o Estaño: opacadores.

Es de mencionar que la temperatura de fusión puede afectar el color ya que algunos pigmentos claros no son bastante estables a temperaturas elevadas, alterando el color final. La frita coloreada es mezclada con los polvos cerámicos antes de embotellarse ^(7,10).

Cuadro No.3: Propiedades físico-mecánicas de la porcelana

Propiedad	Valor
Fuerza transversa	62-90 Mpa
Shear strenght	110 MPa
Fuerza tensil diametral	34 MPa
Fuerza compresiva	172 MPa
Modulo de elasticidad	69 GPa
Dureza knoop	460 Kg./mm ²
Conductividad térmica	0.003 cal/sec/cm ²
Difusión térmica	0.64 mm ² /sec
Coefficiente expansión térmica lineal	12x10 ⁻⁶ /°C

Adhesión de la porcelana al metal:

Las distintas formas de adhesión de la porcelana a sustratos como el metal han sido explicadas en múltiples documentos ^(1,3,4,6,7,11); resumiendo los fundamentos de cada una, son las siguientes.

1. **Mecánica:** es producida por el contacto de la porcelana con una superficie texturizada (con microrrugosidades) hechas por partículas de óxido de aluminio lanzadas desde un arenador. Además el arenado elimina irregularidades superficiales que concentran estrés. Es un mecanismo que guarda mucha similitud con el sistema adhesivo en superficies dentales grabadas con ácido.

La adhesión mecánica contribuye a la resistencia contra esfuerzos tangenciales aunque se cree que su aporte en cuanto a retención no es mucho. Luego de realizar el texturizado superficial, es necesaria la limpieza preferentemente con vapor, de metal y contaminantes como el polvo de arenador, residuos de piedras abrasivas, etc.

La rugosidad excesiva origina la concentración de tensiones en interfase metal-cerámica por una mala humectación ya que la porcelana no penetra en los espacios dejando vacíos en la interfase.

2. **Química:** se da por la interacción de óxidos provenientes de un sustrato metálico con la porcelana. El indio y estaño son metales emigran hacia la superficie de una aleación y forman óxidos que establecen enlaces iónicos y covalentes con la porcelana fundida a lo largo de toda su interfase. Los metales nobles son muy resistentes a la oxidación y no ligan químicamente, por lo tanto deben poseer en su composición trazas de metales base que puedan oxidarse.

Características de la capa de óxido:

- No debe ser gruesa porque se fractura.
 - Permitir una buena humectación de la porcelana al metal o capa de óxidos.
 - Óxido debe ser soluble en porcelana.
 - La capa de óxido no debe decolorar la porcelana o interferir con la formación de vidrio.
 - El metal o los óxidos no deben de reaccionar de tal forma que reduzcan las fuerzas de la porcelana o introduzcan altos estreses internos.
 - El óxido o metal no debe corroer o producir efectos tóxicos en las personas.
 - El óxido debe tener una expansión térmica parecida al metal y la porcelana para evitar esfuerzos durante calentamiento o enfriamiento que dan lugar a fracturas.
3. **Fuerzas de van der Waals:** uniones débiles generadas por una atracción física entre partículas cargadas. Se dan cuando la porcelana va humedeciendo al metal durante el horneado y es un factor importante en cuanto a la retención mecánica de la porcelana al metal: entre mejor sea el humectado de la porcelana al metal, mayores serán las fuerzas. Cuando la superficie es demasiado rugosa o contaminada, se inhibe la humidificación.
 4. **Compresión:** el metal contrae más rápido que la porcelana pero es resistida por el bajo coeficiente de expansión térmica de la última que enfría más rápido en su capa exterior y que sufre contracción térmica durante la sinterización. Deliberadamente se preparan los sistemas de metal y cerámica con un pequeño grado de desigualdad térmica para dejar a la porcelana en un estado de compresión:
 - Valor de la porcelana: $13-14 \times 10^{-6}/^{\circ}\text{C}$
 - Valor del metal: $13.5-14.5 \times 10^{-6}/^{\circ}\text{C}$

La ligera diferencia hace que el metal contraiga un poco mas para hacer que la porcelana al contraerse por el sinterizado, quede compresionando el metal y contrarreste las fuerzas de tensión dentro de ella.

Si el metal y la cerámica tuvieran diferentes coeficientes de expansión térmica, los 2 materiales contraerían en diferentes rangos durante el enfriado, formándose un fuerte estrés residual en la interfase el cual podría separar la porcelana del metal o debilitar la interfase.

Tipos:

Porcelana de hombro ^(6,13,17,40):

Porcelana formulada para sinterizar a menor temperatura que el opaco pero mayor que el cuerpo para producir un margen estético en coronas metal cerámica.

- Necesita reducción de tejido dental vestibular de 0.8-1.5 mm para proporcionar grosor adecuado de porcelana sin atentar la vitalidad del diente.
- El ángulo del hombro debe ser de 90-100° lo cual es importante para asegurar la fuerza de la porcelana sin soporte.
- Un buen adapte marginal de la porcelana al hombro necesita de un terminado de la línea de terminación con diamantes de grano fino para evitar asperezas.
- El hombro de porcelana promueve luminosidad interna o efecto de “fibra óptica” junto con la raíz y tejidos blandos.
- Posee resistencia aumentada al flujo piroplástico.
- Como también este tipo de porcelana contrae, es necesario a veces hacer un segundo horneado.

Porcelana opaca:

Son polvos que contienen óxidos insolubles como dióxido de titanio, óxidos de zirconio (más usado) o cerio, los cuales al mezclarse con un vehículo líquido se hornean a temperaturas entre 960-1010°C para formar capas de 0.1-0.2 mm sobre una estructura metálica ^(1,6).

Funciones ^(8,9):

- Por su alto índice de reflexión y una textura irregular, causa dispersión de la luz incidente en la porcelana de cuerpo.
- Bloquea el color oscuro del metal.
- El color de una restauración es determinado en gran parte por el color del opacador el cual es degradado con el recubrimiento de algún tipo de porcelana de cuerpo más translucido, dando una sensación de profundidad.
- Responsable de la adhesión de la porcelana al metal.

Los óxidos opacificadores en un porcentaje total de 8-15% del contenido total de componentes, son molidos finamente en partículas menores de 5 um. Algunos sistemas incluyen un juego de porcelanas opacas que se llaman modificadores opacos a los cuales el fabricante le agrega mas pigmento para dar mayor saturación ⁽⁷⁾.

En orden de reducir el grosor del opaco al mínimo y no alterar la estética, es necesario formularlas con la mínima capacidad de transmisión de luz lo cual significa que el opaco al ser cubierta con una porcelana translucida, se vuelve altamente reflectiva sobretodo en el tercio cervical e incisal de una restauración.

Si no ha habido una correcta preparación de un pilar para proveer grosores adecuados de porcelana, a veces la situación obliga al ceramista a sobrecontornear la restauración para

que no quede muy opaca ⁽¹³⁾; en dientes posteriores no es tanto problema pero si es muy serio a medida nos acercamos a los incisivos centrales ya que la opacidad aumenta el reflejo de la luz y el metamerismo ⁽¹⁵⁾.

Si el opaco se mantiene prolongadamente en la fuente de calor, este se glasea aumentando mas la reflexión y por lo tanto el valor o brillo; en cambio si el opaco mantiene una superficie rugosa, baja el valor y por lo tanto la restauración parece mas oscura o menos brillante.

Hay algunos autores que recomiendan incorporar stains después de haber horneado el opaco para obtener mayor intensidad del color con efecto de profundidad. Sin embargo si el color seleccionado no es el adecuado se debe eliminar toda la porcelana de cuerpo de la zona para acceder al stain. Por lo tanto se recomienda que los stains sean colocados superficialmente para un mejor acceso y ajuste del color ⁽¹⁴⁾.

Porcelana de cuerpo:

Vidrio feldespático con contenidos variables de pigmentos minerales que se funden sobre el opaco. Por su menor cantidad de óxidos opacificantes, tienen poca habilidad de enmascarar metal. Puede ser de 3 tipos:

- Dentina: también llamada gingival o cervical. Sirve para confeccionar la mayor parte de una restauración. Poseen una pigmentación mas saturada.
- Esmalte o incisal: vidrio con que se cubren las porcelanas de dentina para obtener características de translucencia inherente al esmalte. No hay que usar grandes cantidades de porcelanas incisales en una corona porque puestas en boca adquieren un color gris debido al juego entre el fondo oscuro de la boca y la luz incidiendo en la superficie vestibular.
- Translucidas: son diferentes al incisal, sirven para proporcionar profundidad y translucidez natural sin alterar sustancialmente el color de la dentina. No son transparentes ya que no permiten la transmisión libre de toda la luz.
- Modificadores: porcelanas de cuerpo un poco mas pigmentadas para crear efectos cosméticos especiales o para obtener colores que no son posibles de lograr con los convencionales.

Cuadro No.4: Componentes de la porcelana opaca y de cuerpo.

	Función	% Opaco	% Cuerpo
Silica	Formador de vidrio	48-59	59.2-66.2
Alumina	Oxido intermedio	16.3-20	14.5-18.9
Potasa	Fundente	8.4-10.3	9.5-12.3
Soda	Fundente	5.7-7	4.7-9.7
Oxido bórico	Fundente	1.2-1.45	
Oxido de calcio	Fundente	1.2-1.45	0.4-2.1
Oxido de titanio	Opacificador	2.7-3.3	0.25-0.29
Oxido de estaño	Opacificador	4.3-5.25	
Oxido de zinc	Opacificador	1.2-1.5	
Oxido férrico	Opacificador	trazas	0.045-0.055
Fluoruro		-----	0.2-0.5

Se dice que los modificadores son colores intensos, los cuerpos son colores predominantes, los incisales y transparentes colores reducidos. La diferencia radica en la cantidad de

pigmentos. Excepto esto, la composición es la misma y los 4 tipos de cuerpo pueden ser mezclados libremente uno con el otro para dar un efecto deseado.

El espesor del opaco y la porcelana de cuerpo tienen efectos estéticos: entre más cuerpo y menos opacos, se logran resultados más estéticos. Es recomendable un espesor de cuerpo de por lo menos 0.8-1.1 mm (dependiendo si el color es oscuro o claro respectivamente) para conseguir la tonalidad apropiada. Por debajo de 1 mm, el color es más difícil de reproducir y se ve influenciado demasiado por el color del opaco. Mas allá de 2 mm, la porcelana se considera sin soporte y se vuelve más propensa a fracturarse ⁽¹³⁾.

No es bueno hornear la porcelana de cuerpo y el incisal por separado porque la mezcla de colores no es tan vital como si estuvieran sinterizados juntos.

La porcelana de cuerpo tiende a la desvitrificación e inestabilidad hidrolítica. Los productos actuales han mejorado muchísimo pero aun así no soportan muchas horneadas.

Glaseadores:

Al salir la porcelana del horno, apreciamos un brillo superficial llamado “glaze” el cual se obtuvo de forma natural ya que la capa más exterior se fundió y proporciona este aspecto ⁽²⁾. Sin embargo, en algunas ocasiones hay que modificar la porcelana y el “glaze” se pierde. Para recuperar el brillo se dispone de los glaseadores que son polvos de vidrio de baja fusión y sin color, añadidos en la superficie de la porcelana. Al ser calentado a temperaturas más bajas que la de fusión del cuerpo, adquiere una alta fluidez formando una capa vítrea transparente o brillante. Se hornea sin vacío para evitar burbujas y se sostiene a cierta temperatura (unos 5 minutos) hasta obtener el brillo deseado ^(4,7).

Funciones ⁽¹⁸⁾:

- Sellado de grietas y poros abiertos: una capa delgada de glaseador es fundida ligera y apropiadamente, uniéndose partículas y llenando defectos de superficie para proporcionar la lisura requerida en una porcelana lo cual reduce la abrasión de los dientes adyacentes y antagonistas y evita la adherencia de la placa bacteriana.
- Dar brillo a una restauración.

El glaze siempre se coloca sobre superficies no glaseadas naturalmente porque se puede ampollar y pelar.

Controlando tiempos y temperaturas podemos obtener distintos tipos de glaseado. Altas temperaturas producen brillos muy altos, casi espejos que reflejan casi toda la luz incidente; además al fundirse las capas superficiales, la restauración tiende a redondearse en su forma. Por otra parte, con temperaturas menores se obtiene un brillo no tan pronunciado también llamado “mate” pero sobretodo se retienen aspectos anatómicos tallados en la porcelana. La observación minuciosa de la cantidad de brillo en un diente es necesaria para informar al laboratorio para que sea reproducida en la corona/puente ^(14,15).

A veces el grado de brillo no es tan alto y tal vez puliendo la porcelana sea suficiente. De todas maneras hay que recordar que el pulido de la porcelana feldespática depende de la cantidad de fase cristalina presente y la temperatura de fusión de esta. Para mayor información ver apartado sobre pulido de porcelana.

Posterior al contorneo o ajuste, la porcelana queda rugosa y un glaseador sobre ella no garantiza la completa lisura superficial. Es aconsejable alisar previamente con un disco de hule de baja velocidad antes de glasear, eliminando la mayor parte de irregularidades ⁽¹⁸⁾.

Abusar del glaseado produce:

1. Disminución de la resistencia de la porcelana por el alto contenido de modificadores vítreos del glaseador.

2. Produce un brillo alto y no muy natural; recordemos que no todos los dientes siempre tienen un esmalte de superficie lisa, uniforme o brillante.
3. Aumenta la porosidad por incidencia de burbujas superficiales.
4. Afecta la forma y color de una restauración.

Stains ^(7,14):

Son fritas coloreadas que se hornean a temperaturas mucho más bajas que las porcelanas de cuerpo. En sí, son vidrios de baja fusión con menor contenido de sílica o aluminio y más óxidos metálicos. Se presentan como polvos que se mezclan con un líquido y cuando se encuentra en estado cremoso, se aplica con un pincel para crear efectos especiales. La mayor concentración de óxidos metálicos le da más fluidez a temperaturas mayores de 871°C.

Cuadro No.5: Óxidos usados para distintos tipos de stains

Oxido	Color
Hierro	Rojo
Cromo-estaño o cromo-aluminio	Rosado
Cromo	Verde
Cobalto	Azul
Indio o hierro	Negro
Plata	Naranja
Níquel o platino	Gris
Oro	Morado
Zinc	Blanco
Titanio	Marrón amarillento
Manganeso	Violeta.

Para escoger mejor un color de stain, hay que entender el método sustractivo del color.

Hay que ser cuidadosos con la cantidad utilizada y las indicaciones en que se utilizan los stains porque la restauración pierde fluorescencia y si existen previamente discrepancias de color, estas se harán más evidentes. Además, estaremos concientes que los stains aplicados superficialmente son temporales ya que se pierde eventualmente con el cepillado dental.

Usos comunes ⁽⁵⁾:

1. Replicar variaciones naturales: se busca crear sombras y luces, alterar formas, reducir monocromaticidad y darle más vida a una restauración. Algunos de los aspectos que se pueden reproducir con stains son:
 - Aumento de saturación de color en el 1/3 cervical.
 - Tinción interproximal que dan una ilusión de profundidad; en puentes se logra un efecto de piezas separadas.
 - Recreación de exposición radicular (sumamente difícil).
 - Simulación de áreas de hipocalcificación.
 - Modificaciones del borde incisal: cualquier modificación sugerida por un fabricante acerca de usar stains de colores grises o azules para aumentar la translucencia de los bordes incisales en las coronas, no es tan efectiva como lograr profundidad que la porcelana incisal permita el máximo de transmisión de luz. Para reducir la translucencia de un borde incisal es útil colocar una capa de blanco en lingual del

borde. Este método solo es bueno para pequeñas áreas. Mayores cambios, es mejor reemplazar todo el borde por uno nuevo.

- Caracterización por cambios de edad.
2. Alterar color: se recomienda usarse solo en situaciones sumamente necesarias y con el conocimiento de las siguientes limitantes inherentes:
- Es un tratamiento superficial interpretado como poner un filtro o una mascara sobre otro color.
 - Están sujetas a cambios metamericos.
 - Se logran colores más opacos y grises.
 - Si se hace de una forma superficial, se considera más como un retoque final de lo obtenido.

El primer paso para alterar el color es determinar la dimensión en donde ha ocurrido el problema: si es el tono hay que buscar otro que lo aumente o neutralice; si es el croma es mas complicado de regular los cambios porque por ejemplo, si se baja el croma se hace a expensas del valor y la restauración toma un color artificial.

Dentro de las posibilidades de cambiar color con stains tenemos:

- a) Alterar el tono: sin embargo cuando el cuerpo entero de la restauración requiere cambio de color, es mejor cubrir con una nueva capa de porcelana del tono correcto.
- b) Aumentar el croma.
- c) Bajar el valor
- d) Neutralizar un tono: Por ejemplo, para neutralizar el color amarillo, se usan tonos azul o rojo que dan origen al violeta. Neutralizar un tono con un stain de color complementario no trabaja en la práctica igual que en la teoría ya que los stains usados son muy transparentes y se destruye la apariencia natural de la restauración.

Cuadro No.6: Distintos tipos de stains y aplicaciones.

Situación	Stain
Subir el croma	Stain amarillo para colores amarillos y naranjas en amarillos-rojos
Bajar el croma	Uso de colores complementarios. Usar amarillo con violeta y naranja con azul-verde. El amarillo disminuye el rojo del amarillo-rojo.
Cambiar de croma	Rosado-púrpura cambia de amarillo a amarillo-rojo.
Hipocalcificaciones	Blanco
Coloraciones proximales	Café o naranja.
Fracturas de esmalte	Blanco, amarillo, gris, café o naranja.
Halo incisal	Blanco y amarillo en proporción de 4:1 en linguoincisal.

Los stains resultan más efectivos si despues de colocarse, se coloca una finísima capa de porcelana sin color para aparecer más natural.

Clasificación:

Según la temperatura de fusión, las porcelanas feldespáticas se clasifican en ^(2,3,7):

1. Alta fusión: 1315-1370°C. Es la porcelana mas fuerte, insoluble, translucida y exacta aun despues de horneados repetidos (o sea que contraen menos). Son fáciles de reparar o glasear. Son utilizadas para la confección de dientes artificiales.
2. Media fusión: 1090-1260°C. Su composición ha sido modificado con fundentes para lograr disminuir la temperatura de fusión. También son usados para la confección de

dientes artificiales. Las porcelanas de alta y media fusión tienen la misma microestructura y sus diferencias son en cuanto a la cantidad de fundentes que poseen en su composición.

3. Baja fusión: 870-1065°C. también son modificadas con fundentes pero en mayor porcentaje para ser utilizadas en metal cerámica con el fin de solventar el problema de la diferencia entre los coeficientes de expansión térmica de ambos materiales. Contraen más que el resto de porcelanas. Las porcelanas de baja fusión son semejantes químicamente con la de alta fusión pero microestructuralmente difieren porque sus componentes casi se disuelven por completo de modo que al enfriarse muestran una microestructura casi homogénea de vidrio amorfo. Estas características son deseables para el proceso de fritación que es como usualmente se obtienen. Se utiliza especialmente con estructuras de titanio. La baja temperatura tiene ventajas como:
 - Permite repetidas cocciones preservando la microestructura cerámica.
 - Excelente ajuste marginal.
 - No requiere equipo especial.
 - Índice de abrasión similar a los dientes naturales.
 - Opalescencia
4. Ultra baja fusión: < 850°C. Se denominan también correctivas para rectificar contactos oclusales, puntos de contacto, etc o para ser utilizables con aleaciones de titanio.

Comercialmente a los últimos 2 tipos se les conoce como de alta y baja fusión respectivamente aunque no es una clasificación universal.

Defectos superficiales de la porcelana:

- 1) Burbujas: se deben a la inclusión de aire durante la fusión de la porcelana. Si se producen muchas, estas reducen la translucidez y resistencia de la porcelana. En parte, el control en la formación de burbujas se logra con la cocción al vacío, buen mezclado y condensación de la porcelana ⁽¹⁾.

- 2) Grietas: se forman durante el enfriamiento después del retiro de la porcelana del horno durante el periodo denominado de “maduración”. Llamadas *microgrietas de Griffith* son de tamaño diminuto (1-2 um) y tienen la característica de concentrar tensiones ⁽¹⁰⁾. Lo que sucede es que la capa más externa se enfría y contrae más rápido que la parte interna: la primera queda bajo compresión y la parte interna contiene tensiones traccionales. Como una vez endurecida la porcelana carece de ductibilidad, la absorción de energía que hace posible el alivio de tensiones por deformación plástica no sucede y rompe la capa más externa en forma de grietas debido a que las fuerzas opuestas que tratan de neutralizarse entre si en esa zona superan con facilidad la resistencia del cuerpo cerámico. Una vez activadas se propagan con trayectoria al azar hasta encontrar otra grieta, poro, partícula cristalina y causar fractura total ⁽¹⁾.

Entre mas profunda sea la grieta, ocurre mayor concentración de estrés y menor la fuerza aplicada para su propagación. Cuanto mas aguda es la forma del extremo de la grieta, mayor facilidad de propagación. Las microgrietas de Griffith pueden permanecer sin evolucionar y luego desarrollarse por fuerzas masticatorias. Por esta situación se recomienda retardar la cementación definitiva por unos días para someter a la restauración a un periodo de prueba ⁽¹⁰⁾.

Múltiples horneados causan aumento del coeficiente de expansión térmica y la vuelve mas propensa a agrietarse por el desarrollo de estrés tensil térmico residual a los que se

agregan aquellos inducidos por fuerzas oclusales. Por ejemplo, un paciente típicamente muerde con una fuerza de 400-800 N (90-180 lbs) entre molares. Pacientes que padecen de bruxismo o actividades parafuncionales sobrecargan el sistema de grietas inherentes de la porcelana y causan fracturas repentinas. Por lo tanto existe cierta cantidad de pacientes que podrían fracturar una restauración metal cerámica si hay estrés residual⁽²⁾.

El acabado con piedras de una porcelana debe ser lo más cuidadosa para no dejar irregularidades o surcos marcados que predisponga a grietas. Cuando se pule y ajusta la porcelana se genera calor que a la vez crea diferencias en la expansión en porciones diferentes de la porcelana.

Fuerzas a las que se somete la porcelana:

Durante la función, las porcelanas son sometidas a distintos tipos de fuerzas⁽¹⁰⁾:

1. Compresión: fuerzas que tienden a cerrar grietas. Normalmente son bien toleradas pero si se dan en exceso deforman el material produciendo desmoronamiento en fragmentos.
2. Tracción: fuerzas que tienden a separar grietas. La resistencia a la tracción de la porcelana es baja debido a los inevitables defectos de la superficie, su fragilidad y carencia de ductibilidad. Las fallas mas comunes de la porcelana se dan por fuerzas tensiles y por eso la mayoría de pruebas de laboratorio se orientan a eso.
3. Flexión: fuerza que se da sobretodo en puentes la cual cierra grietas en la superficie que encara la fuerza y abre las de la superficie opuesta. O sea que en un puente, cierra grietas a nivel de la superficie oclusal y abre grietas debajo de los conectores y pónicos.

Si la cerámica se cuece demasiado, su resistencia a los distintos tipos de fuerza disminuye por la tendencia a la desvitrificación.

Una de las formas de compensar la falta de resistencia de una porcelana, es colocarla sobre una estructura metálica logrando refuerzo. El metal debe cumplir los siguientes requisitos⁽¹⁾:

- Coeficiente de expansión térmica casi igual a la porcelana para evitar las tensiones por tracción.
- Modulo de elasticidad mayor para reducir las tensiones que se ejercen sobre la porcelana.
- No debe fundirse durante la cocción de la porcelana.
- Baja temperatura de fusión.
- Buena unión con la porcelana.

La dureza y resistencia de una porcelana depende de⁽¹⁰⁾:

- Composición y granulometría de los polvos cerámicos.
- Cantidad de alumina agregada.
- Condensación de la porcelana.
- Temperatura de fusión: si es muy alta se cristaliza demasiado y forman demasiadas grietas; si es muy baja no hay correcta sinterización.
- Glaseado.
- Tiempo de secado, precalentado y cocido.
- Numero de cocciones.

Manipulación:

Degasificado ⁽⁷⁾:

Proceso de tratamiento con calor de una subestructura metálica colada como paso preparatorio para aplicar porcelana opaca. Se somete el metal a elevadas temperaturas (980-1050°C) al vacío con los siguientes objetivos:

- Quemar impurezas orgánicas en la superficie.
- Eliminar gases atrapados durante el colado para disminuir incidencia de burbujas.
- Producir oxidación como capa lo cual es necesario para la adhesión de la porcelana al metal.
- “Envejecer” la aleación.

Condensado ⁽⁴⁾:

La condensación se define como el proceso de empacar partículas más densamente y de remover el líquido con que se hace una mezcla de porcelana húmeda. Para obtener mayor densidad, los polvos deben tener forma redonda y poseer varios tamaños de partículas (por lo menos de unos 3 tamaños) para ser fácilmente compactados.

El líquido que se usa comúnmente para hacer la mezcla es agua destilada; algunos fabricantes agregan glicerina o propilenglicol para una mejor lubricación. El agua del grifo no es muy recomendada para mezclar porcelana porque contiene impurezas que contaminan la porcelana y causan decoloraciones a la restauración horneada.

El líquido no debe evaporarse rápidamente porque vuelve difícil el condensado de los incrementos y pueden quedar burbujas dentro de la masa.

El retiro de agua de la porcelana previo al horneado sirve para:

- Causar un mayor acercamiento por tensión superficial entre partículas.
- Eliminar la mayor cantidad de burbujas, poros y humedad.
- Provocar menos contracción.

Existen varios métodos de retirar el agua. Por ejemplo, se puede vibrar ligeramente la masa para llevar la humedad hacia la superficie; si se hace este procedimiento en exceso, la porcelana pierde forma y las mezclas de varios colores desaparecen. También se logra alisando la superficie con una espátula. En ambos casos se seca la humedad con un papel absorbente.

La pérdida de agua ocurre en varios tiempos: al escurrirse, al precalentarse y durante el horneado. Las primeras 2 son necesarias para prevenir la formación de vapor dentro del horno lo cual mermaría las propiedades físicas de la porcelana.

Al perder el agua hay una pérdida de espacio intersticial acompañado de un 30% de contracción volumétrica.

Factores que afectan la calidad de la porcelana dental:

1. Forma y grado de condensación.
2. Procedimientos de regulación de la temperatura de fusión: es mejor la cocción que recurre a la temperatura mas baja durante un tiempo mas prolongado que a una de cocción con alta temperatura porque se preservan mejor las características anatómicas definidas y para permitir que la masa fundida viscosa fluya completamente a través de las partes no fundidas y las unifique. Si la temperatura es muy alta, la viscosidad disminuye y fluye porque se funde demasiado el material.

Horneado al vacío ⁽⁴⁾:

El advenimiento de la fusión de porcelana al vacío permitió reducir el número de burbujas y el tamaño de los polvos, con la ventaja de ser más fáciles de manejar y producir superficies más densas a diferencias de sus antecesoras horneables en aire caliente, cuyas partículas eran muy grandes.

A grandes rasgos, lo que se pretende es remover el aire de los espacios intersticiales dentro de la porcelana húmeda antes de que ocurra el enfriamiento superficial de la masa fundida y por lo tanto no habrá nada que estorbe a la porcelana para que encoja más densa y libre de poros. El mecanismo actual en los hornos dentales es realmente mantener un poco de aire en los espacios intersticiales pero a menor presión. Al romper el vacío del horno y cuando el aire del ambiente exterior contacta nuevamente a la porcelana, se ejerce una fuerte compresión sobre la superficie densa lo cual comprime hidráulicamente a la porcelana.

Además el vacío produce una sinterización más rápida.

Detalles a tomar en cuenta:

1. Secar bien la porcelana para evitar la formación de vapor.
2. El vacío debe aplicarse antes de la elevación de temperatura lo cual sirve para reducir poros.
3. El vacío no debe prolongarse si la porcelana de cuerpo ya ha madurado y la piel superficial se ha sellado porque podría causar ampollamiento por burbujas residuales que tratan de salir a través de la masa fundida.
4. Todo glaseado debe hacerse sin vacío.
5. El vacío se debe romper cuando el horno está aun caliente para permitir la compresión hidráulica de las burbujas internas.

Pulido de porcelana ⁽¹⁸⁾:

La porcelana no es lisa siendo sus asperezas las que contactan en primer momento con otras superficies. Como es frágil, las rugosidades se van rompiendo cada vez más durante contactos deslizantes. Microscópicamente se observan surcos y rayaduras típicas en las facetas de desgastes de los dientes. Dado que el último mm del ciclo masticatorio está guiado por dientes, el potencial abrasivo de la cerámica es significativo.

La estructura del material cerámico, tamaño de los cristales y la lisura de la superficie tienen un papel importante en la cantidad de desgaste que sufrirá un diente antagonista a una restauración cerámica.

Por lo tanto, al momento de realizar ajustes correctivos con fresas de diamantes o piedras, la porcelana deberá ser pulida antes de reglasearse porque como mencionamos anteriormente, al quedar rugosa, un glaseador no garantiza la completa lisura superficial de la porcelana. Consecuencia de ello es el desgaste abrasivo del diente antagonista, aumento de placa bacteriana e inflamación de los tejidos blandos que contactan.

Además el pulido puede ejercer un efecto reforzador al aumentar la fuerza de la porcelana adherida al metal por el desarrollo de estrés residual compresivo en la superficie.

Muchos ceramistas prefieren pulir antes que glasear para controlar el lustre superficial. Investigadores como Rosenstiel han encontrado que la dureza de fractura de la porcelana pulida es mayor que la glaseada y ambos tipos de tratamiento superficial eran resistentes a la mancha de café.

Formas de tratar la superficie de la porcelana:

1. Arenado con óxido de aluminio antes de glasear.

2. Pulido con discos de hule, piedra pómez en pasta y oxido de estaño.
3. Discos Soflex.
4. Puntas de diamante de grano fino, fresas de carburo de 30 hojas y pasta de diamante.
5. Solo pasta de diamante.
6. Sistema Shofu que contiene puntas de diamante, piedras de contorneo Dura-White y puntas de pulido Ceramista.

Parte II: Refuerzo completamente cerámico

Generalidades

Las cerámicas son materiales inorgánicos no metálicos y el término se aplica a una gran variedad de materiales que incluyen óxidos metálicos, boruros, carburos, nitratos y mezclas complejas de estos materiales ⁽²⁾.

Sabemos que todos sus componentes vítreos se funden en una sola masa pero hay ingredientes que no se funden completamente (fase cristalina) los cuales permanecen rodeados de ingredientes fundibles. La presencia en porcentaje de cada fase es quien proporciona altas propiedades físicas a una cerámica. Los primeros materiales cerámicos para núcleos eran muy opacos y resultaban en restauraciones opacas de alto valor las cuales no hacían diferencia con los sistemas metal-cerámicos.

Indicaciones ^(21,24):

1. Alta estética requerida.
2. Alergia al metal.
3. Apoyo de laboratorio adecuado.
4. Zonas de alto soporte de carga si el paciente asume el riesgo de fractura.

Contraindicaciones ^(21,24):

1. Cuando hay fuerzas laterales fuertes que son el resultado de función de grupo posterior y dimensión vertical disminuida.
2. Bruxismo fuerte y facetas de desgaste grandes.
3. Dientes cortos.
4. Cámaras pulpares grandes.
5. Incapacidad de proporcionar desgastes dentarios que permitan grosores adecuados del material cerámico.
6. Dientes antagonistas ocluyendo en cervical de una corona.

La porcelana adquiere su fuerza al ser adherido a sustratos mas fuertes que el como esmalte, metal o cerámica. Si el tejido dental es disminuido o hay presencia de materiales de modulo de elasticidad mas bajo como la resina, el diente flexionara bajo carga. Esto hará que se concentren las fuerzas en la cerámica de mayor modulo de elasticidad y podría inducir a su fractura con la mas mínima fuerza.

Podríamos decir que la resistencia a la fractura de una corona completamente cerámica se basa en:

- Soporte adecuado de la preparación.
- Selección adecuada del paciente.
- Tipo de material cerámico.
- Tipo de cemento seleccionado.

Las coronas completamente cerámicas ayudan a una mejor tolerancia periodontal a nivel cervical de una restauración a diferencia de las coronas metal cerámica donde las porcelanas opacas/cuerpo las cuales poseen grano grueso, actúan como reservorio de placa bacteriana. Además la ausencia de porcelana opaca permite obtener translucencia natural del área gingival sin tener necesidad de sobrecontornear.

Es más fácil para un técnico el acertar el color de un diente sin pigmentaciones usando materiales de núcleo que acierten la translucidez y valor de la dentina. Hay 2 formas de dar color a un núcleo completamente cerámico:

1. Maquillaje con tintes: se recomienda para incrustaciones y restauraciones que estarán en zonas de alto estrés.

2. Núcleo con carilla de porcelana de esmalte.
3. Núcleo con cobertura completa de porcelana de dentina y esmalte para máxima estética.

Cuadro No.7: Aspectos de diseño para restauraciones completamente cerámicas

Dientes posteriores	Dientes anteriores	Puentes
Material con grosor de 0.5 mm. para aspectos axiales	Material con grosor de 0.3 mm. en aspectos axiales.	Los retenedores seguirán las mismas pautas que para las coronas dependiendo de su ubicación.
Material con grosor de 0.7 mm. para las áreas palatinas u oclusales.	Material con grosor de 0.7 mm. en áreas interproximal, palatino y borde incisal.	Los conectores tendrán un grosor mínimo de 4 mm. oclusogingival y 3 mm. bucolingualmente.
La subestructura debe poseer un cincho o collar proximal y lingual de 1 mm de ancho y 2 mm de alto para soportar la porcelana y dar mayor fuerza.	Cincho de las mismas características que en posteriores.	No se coloca porcelana de recubrimiento en zonas de alta tensión como debajo de los conectores y por necesidad de refuerzo como las troneras linguales.
		En la región interproximal adyacente a la brecha edéntula se preparan cajas para permitir mayores grosores del material del núcleo a nivel de los conectores
		Todo material de núcleo expuesto al ambiente debe ser pulido y glaseado apropiadamente.

- Tradicionalmente las coronas cerámicas han sido hechas en matrices de platino, refiriéndose a ellas como “jacket”. Los materiales y técnicas han ido mejorando enormemente, superando a sus antecesoras.

Sistemas completamente ceramicos disponibles en el mercado:

Actualmente existen muchos productos con distintas características y procedimientos de fabricación y haremos una revisión de cada uno de ellos.

Nota: exceptuando perfiles técnicos e información provista por los fabricantes, existe muy poca documentación disponible. Cada uno de los apartados siguientes ha sido redactado y editado de forma tal que se reúnan los aspectos más generales e importantes de los materiales.

Cerámicas feldespáticas reforzadas ^(17, 33, 37,38):

Características generales:

- Buena para incrustaciones y carillas.
- Amplia selección de colores.
- No necesitan equipos especiales.
- Se construyen en capas finas
- Necesitan grandes reducciones dentales porque mecánicamente no son muy adecuados.
- Diente subyacente no debe tener pigmentaciones.

Todas las cerámicas feldespáticas para uso completamente cerámico necesitan de un dado de trabajo hecho de revestimientos especiales a base de cuarzo y a veces la presencia de láminas de platinos de 0.025 mm de grosor.

Las cerámicas feldespáticas generalmente son reforzadas con cristales como:

- a) Leucita: Optec (Jeneric Pentron).
- b) Alumina: Desarrollada en 1965 por McLean y Hughes, consiste en un tipo de porcelana con distribución de cristales cerámicos de alta fuerza y alto modulo de elasticidad en la matriz vítrea. El refuerzo cristalino es alumina en 50% de peso y que se sinteriza con el resto de la masa aunque no se disuelve completamente en esta. Ejemplos son Hi Ceram (Vita), Mirage II.

La alumina es un mineral altamente puro (95%) de color blanco o cremoso que se extrae de la bauxita la cual se calcina a 1250°C para luego ser molida en partículas debajo de los 10-20 um de tamaño.

Entre las características más importantes tenemos:

- Temperatura de fusión mucho más alta (200°F o 110°C más que la porcelana para metal-cerámica).
- Son menos sensitivas al sobrehorneado y pérdida de contorno.
- Translucidez disminuida.
- Al trabajarse a temperaturas de 900-1150°C, la alumina es completamente estable y no sufre creep.
- Tiene alta resistencia ténsil.
- Alta resistencia a la cristalización lo que permite soportar horneados múltiples.

Además del material de núcleo, también se debe tener porcelana aluminosa para “veneers” (carillas) quien tiene un coeficiente de expansión térmica ligeramente alto con la finalidad de lograr compatibilidad, dar resistencia al choque térmico y soportar múltiples horneados sin perder translucencia. Sin embargo la transmisión de luz es limitada por los cristales de alumina y la resistencia en sector posterior es todavía insuficiente.

Cuando se desarrollaron las porcelanas aluminosas para carillas, se usaban agentes fluorescentes a base de septóxido diuranio sódico el cual producía un color amarillo-verdoso fuerte que si se combinaba con cerio producía un blanco azulado similar al de los dientes humanos. Sin embargo por su radioactividad, este fluorescente se retiró del mercado y se tuvo que cambiar por otros óxidos como los de terbio o cerio, los cuales no proporcionan el mismo efecto ^(6,8,12).

La desventaja de estos sistemas es que durante el sinterizado, las partículas producen microporosidades y falta de homogeneidad lo cual inicia la formación de fracturas.

Tradicionalmente se da por sabido que las coronas jacket de porcelana feldespática reforzada fallan tras algunos años de servicio a causa de microfisuras o agrietamientos en la superficie interna de la restauración con solo estreses no mayores de 0.1%.

El grabado y cementado adhesivo puede limitar esta situación a través de la formación de “puentes” entre las grietas por parte del agente cementante o sistema adhesivo utilizado, redistribuyendo el estrés y evitando que el agua produzca estrés por corrosión. El grabado con ácido fluorhídrico en una porcelana feldespática produce microrretenciones a costa de la fase vítrea, dejando pequeños espacios alrededor de los cristales reforzadores. Posteriormente los espacios serán llenados por el agente adhesivo, creando microrretención

(28)

Dicor (5, 17, 29, 37, 38):

McCulloch describió por primera vez en 1968 el uso de la cerámica vítrea pero no fue hasta que Grossman y Adair desarrollaron en 1973 en Corning Glass Works un producto comercializable para aplicaciones dentales que se llamo Dicor, el cual consiste en un vidrio fundido que se convierte en cerámica a través de un proceso llamado “ceramizado”.

Esta compuesto por un 45% volumen de vidrio y 55% de mica tetrasilica cristalina. Las restauraciones resultantes se les conoce como coronas “Willi’s glass”.

Características:

- Pueden ser calentadas varias veces sin tener que preocuparnos de afectar propiedades o integridad marginal
- Presenta una buena resistencia a la fractura, erosión y choque térmico.
- La translucidez es parecida al esmalte y esto se debe al índice de refracción que poseen los cristales micáceos que es muy parecido a la fase vítrea que la rodea. Así la cantidad de luz que se dispersa internamente en la interfase vidrio-cristal es menor. Si la luz es selectivamente filtrada, se debe a los tintes superficiales con que se maquillan las restauraciones o porcelanas de recubrimiento.
- La capa superficial esta compuesta por cristales de “enstatita” los cuales tienen forma filiforme y están orientados perpendicularmente. Se piensa que dejarlos produce considerable porosidad residual, volviéndose más abrasiva que el tipo feldespático.
- Tienen falta de dureza de fractura y necesita la cementación adhesiva para reforzar.
- Produce brechas marginales entre 30-60 μm .
- En dientes anteriores tiene una tasa de fallas entre baja y moderada. Caso contrario es el sector posterior, donde la tasa de falla es alta a corto y mediano plazo aunque si son cementadas adhesivamente, tienen 2 veces mejor supervivencia. Dicor es más indicado para inlays.
- El proceso de ceramizado predispone a una contracción adicional que provoca falta de homogeneidad y porosidades.

Procedimiento de laboratorio:

- a) Sobre un modelo de trabajo, se encera una cofia como si fuera una corona metálica. La cofia no debe llevar ángulos agudos o sobreextensiones. Se reviste con bebederos largos (3-4 mm.) y reservorios generosos para asegurar que el vidrio fundido que posteriormente llenara el molde durante el colado ocupe el espacio adecuadamente. Para una corona anterior se usa un bebedero y para posterior dos. Generalmente 2 coronas pueden ser coladas en un anillo.

- b) El anillo debe ser cubierto con un liner especial que permita la expansión térmica necesaria del revestimiento (1.6%). Luego se vacía un revestimiento de formula especial fosfatada. El anillo debe dejarse fraguar 1 hora antes de ser llevado al horno de desencerado. Como la cerámica y el revestimiento son de silica, se espera un buen humectado que garantice una inexactitud mínima de 25 um aproximadamente.
- c) Dentro del horno de desencerado, el calentamiento del anillo se hace en 2 tiempos:
 - Temperatura de 480°F por 30 minutos.
 - Temperatura de 1750°F por 2 horas.
- d) Simultáneamente, en una maquina especial de colado se coloca un lingote de 4 gm que será fundido en una mufla de carbono con una resistencia eléctrica de platino montada sobre un motor que realiza la acción centrifuga. La temperatura aumenta hasta 1358°C y se sostiene por 6 minutos. Cuando ya es momento de colar, una alarma suena y la centrifuga se activa. Posteriormente el anillo se deja enfriar por 45 minutos.
- e) Se elimina el revestimiento con un cuchillo de laboratorio o aire abrasivo y se remueven los bebederos. Los sobrantes del botón y bebederos no pueden ser utilizados nuevamente porque el vidrio ha sido alterado durante el ciclo de fundido. En este punto, el colado es una forma de vidrio no cristalina.
- f) El proceso llamado “ceramizado” consiste en llevar al colado a una forma 55% cristalina. Para ello, 50 gramos de polvo para “embedment” se mezcla con agua destilada y se colocan junto a los colados cerámicos sobre una charola especial, dejándose reposar por unos 15-30 minutos. Posteriormente, la charola se lleva a un horno especial que requiere de 114 minutos para alcanzar una temperatura de 1960°F que será sostenida automáticamente durante 6 horas. Una vez completado el tiempo, se deja enfriar hasta que la temperatura descienda a 392°F, momento en que la charola se remueve del horno para que termine de enfriar a temperatura ambiente. El “embedment” se elimina con las manos y la corona se limpia arenando con oxido de aluminio de 25 um a 40 psi.
- g) Ya terminado el ceramizado, se inspecciona la cofia buscando irregularidades internas que afecten el asentado. Excesos se remueven con diamantes finos a bajas velocidades. Si quedan pequeñas burbujas, puede utilizarse cerámicas de corrección la cual se hornea de 1290-1775°F al vacío.

Como después del ceramizado, la restauración es completamente acromática, para darle color existen 2 formas de hacerlo:

- Tintes: Se aplican entre 3 a 5 capas, cada una horneada a 1725°F sin tiempo de sostén. El grosor final de todas las capas es de 125 um. Algunos autores mencionan que la capa de tinte tiende a erosionarse con el tiempo. La luz que entra a la corona es selectivamente filtrada dispersándola en varias direcciones y a la vez absorbiendo la luz reflejada de otros dientes, creando un efecto camaleón.
- Las cofias pueden ser recubiertas completamente utilizándose porcelanas aluminosas para carillas o actualmente Dicor plus que es una cerámica mucho más compatible con el material de núcleo.

Cerámicas con alto contenido de alumina:

Proceso de sinterización:

1. Hay una especie de soldadura entre los contactos de partículas adyacentes, causando una fusión parcial.

2. Una migración atómica aumenta las áreas de fusión, moviendo los límites entre partículas y reduciendo porosidades.
3. El aumento de los límites entre partículas resulta en un entrecruzamiento íntimo de estructura cristalina de considerable fuerza.

Procera (Nobel Biocare) (17, 30, 37):

Sistema desarrollado por Oden y Andersson en 1993 y comercializado por Nobel Biocare, incorpora el diseño y fabricación asistido por computadora de un núcleo hecho a base de óxido de aluminio de elevada pureza densamente concentrado (99%) y sinterizado que luego se combina con un recubrimiento de porcelana de baja fusión llamado AllCeram.

El sistema Procera está constituido por una computadora que posee un software conectada con modem a la unidad Procera Sandvik AB en Estocolmo, Suecia, donde se fabrica la cofia.

Características:

- Las preparaciones deben tener márgenes bien definidos para que el scanner de la computadora registre fielmente los límites de la preparación. En este punto es importantísimo un debridado correcto.
- El coeficiente de expansión térmica de AllCeram es ajustado al óxido de aluminio y presenta propiedades fluorescentes lo cual junto con las características ópticas del núcleo cerámico, permite obtener vitalidad y se elimina la posibilidad de metamerismo. Sin embargo a pesar de todo lo anterior, necesita mejor control del color.
- Las cofias hechas con Procera muestran valores de resistencia nunca alcanzados por una restauración de cerámica total. La resistencia flexural anda en 601+/- 73 MPa y para AllCeram de 687 MPa.
- La cofia es translúcida pero no transparente lo cual impide utilizar materiales opacos que enmascaren pigmentaciones subyacentes.
- AllCeram es una porcelana de baja fusión menos abrasiva que el tipo feldespático. Si en algún momento al ajustar All Ceram se expone Procera, no hay que preocuparse porque no se produce desgaste excesivo al esmalte siempre y cuando sea pulida adecuadamente. Sin embargo, es una restauración un tanto más agresiva en cuanto a desgaste porque es necesario eliminar más diente para dar mayor vitalidad a los colores de la corona.
- Se habla de un ajuste de la brecha marginal de 40-100 μ m

Procedimiento de laboratorio:

- a) Un dado de trabajo de nuestro modelo maestro se monta en un soporte.
- b) En la computadora hay un scanner que mapea la superficie del dado de trabajo con una sonda que posee una bola de zafiro que se mueve al contactar la superficie. Una presión de 20 gramos mantiene el íntimo contacto de la sonda con el muñón mientras se mueve. El soporte va rotando, registrando un punto por cada grado de los 360 circunferenciales del muñón. En cada rotación, la sonda se eleva 200 μ m automáticamente, leyendo otra línea hasta mapear toda la superficie del contorno del muñón. Se registran aproximadamente 50,000 puntos de medición. Una vez completado el escaneado, se revisan los datos en pantalla para cerciorarnos que no existe ningún vacío.
- c) En el software de la computadora se hacen 2 cosas:
 - Se marcan en la pantalla el margen de la corona cada 10 grados de rotación de los 360 posibles. Luego se refina el delimitado, marcando puntos ahora cada 5 grados.

- Se define el grosor de la cofia (600 um en promedio) y el espacio de alivio para el cementado.

Habiendo completado toda la información, se envía todo a Suecia a la estación de fabricación.

- d) En Suecia, la fabricación de la cofia se hace compactando los polvos de óxido de aluminio sobre un modelo que ellos fabrican con la información enviada, tallándose y sintetizándose en altas temperaturas (2050 grados C) por 1 hora. Se usa una técnica de presión seca en un estado sólido contra modelos agrandados para compensar la contracción del sinterizado.
- e) Finalmente, la cofia terminada se empaqueta y envía por correo al laboratorio donde el ceramista terminara la restauración añadiendo porcelana de recubrimiento AllCeram. El ceramista puede desgastar la cofia con diamantes finos y abundante agua para no reventar los márgenes finos. Inicialmente se coloca una capa delgada como “wash” y se hornea a 910 grados C. Luego se añade el resto de cuerpo.

In Ceram (Vita) (12, 17, 26, 27, 37, 38, 41).

In Ceram fue desarrollado en Francia por Sadoun e introducido en 1988 por Vita Zahnfabrik y consiste en una matriz cristalina sinterizada hecha de materiales de alto módulo de elasticidad.

El uso de una fase cristalina en alto porcentaje suspendida dentro de una matriz de vidrio infiltrada, permite lograr mejoras significativas en la fuerza flexural de los materiales cerámicos.

Vita ha desarrollado 3 tipos de fase cristalina que consisten en:

- Alumina: posee un 99.9% de alumina que es sinterizada a 1100°C. Después de infiltrar el vidrio, queda en una composición final de 85% alumina y 15% vidrio.
- Spinel: Mezcla de alumina y magnesio (aluminato de magnesio $MgAl_2O_4$). El spinel es más translúcido pero tiene un 30% menos de resistencia que la alumina. Se recomienda en casos de incrustaciones, carillas y coronas anteriores en dientes vitales.
- Zirconio: A la composición de alumina se le agrega 35% de zirconio parcialmente estabilizado el cual consiste en un cristal de forma tetragonal que cuando se somete a una fuente de energía externa, sufre endurecimiento por transformación a una fase monoclinica la cual la vuelve 3-5% mas grande.

Slip Casting:

El método de fabricación patentado por In Ceram se conoce como “slip casting”. Slip Casting es la ciencia de preparar suspensiones estables y fabricar estructuras por construcción de capas sólidas en la superficie de un molde poroso que absorbe la fase líquida por fuerzas capilares. El proceso tiene más de 200 años de antigüedad y era usado en la fabricación de vajillas.

El slip es una suspensión de partículas finas insolubles en un líquido que tienen un rango de 1-5 um sin sobrepasar los 20 um. El tamaño es importante porque asegura que las interacciones entre partículas se deban a fuerzas superficiales y no a gravedad; todo esto sin volver dificultosa la manipulación.

El slip se mezcla con agua deionizada y un agente dispersante en un aparato de ultrasonido especial por 3 minutos para crear una especie de “slurry”. Posteriormente es aplicado con pinceles en modelos hechos de un yeso especial poroso y se deja secar por 30 minutos gracias a la acción capilar el cual empaqueta las partículas en una red densa y rígida. El slip

tiene propiedades reopexicas, o sea que el líquido se convierte en una masa rígida cuando se aplica y puede ser tallado para dar la forma necesaria antes de ser horneado.

Se recomienda colocarlo rápidamente sin atrapar aire porque crea porosidades debilitantes en la cofia y las partículas de oxido no se sinterizan sino que condensan. Si hay una mala colocación del slip y partes se secan más rápidas que otras, ocurre lo que se conoce como capas en piel de cebolla lo cual reduce la fuerza del material. Una vez horneado el slip, se recomienda la revisión minuciosa de su superficie interna.

Procedimiento de Laboratorio:

1. Al modelo maestro se le coloca separador en películas de unos 45 μm y luego se le toma impresión con silicona por adición. Con esta nueva impresión se fabrican dados de trabajo hechos con yeso especial proporcionado por el fabricante.
2. Colocación del Slip.
3. Horneado en 2 ciclos:
 - Calentamiento $2^\circ\text{C}/\text{min}$ hasta llegar a los 120°C
 - Calentamiento $20^\circ\text{C}/\text{min}$ hasta 1120°C durante 2 horas en donde las partículas se aproximan formando una red policristalina, porosa e infiltrable.Una vez terminado el horneado, el material puede ser contorneado con fresas de diamante. El material parece y se corta en consistencia de “yeso” y se debe tener mucho cuidado de no fracturarlo. Al perder agua durante el calentado, el modelo se contrae liberando el núcleo.
4. Vidrio del color adecuado a base de lantano se dispensa en polvo el cual se mezcla con agua destilada y luego se aplica a las cofias sinterizadas sobre una lamina de oro-platino. El lantano disminuye la viscosidad del vidrio para permitir la infiltración y el aumento del índice de refracción con el fin de mejorar la translucencia. La infiltración se tarda 4-6 horas a 1100°C dependiendo del tamaño del trabajo realizado. A medida el vidrio se derrite, la cofia cerámica se va llenando en sus espacios intersticiales por acción capilar. Una vez terminada la infiltración, los excesos de vidrio se eliminan con aire abrasivo.
5. Para el desarrollo estético, no solo se puede usar la técnica de maquillaje sino también la técnica de recubrimiento con capas para mejorar el resultado estético final. Si la primera capa de la porcelana de recubrimiento no moja bien el núcleo cerámico, posteriormente habrá problemas de separación de capas de porcelana. Una delgada capa de “wash” de porcelana puede hornearse a 1000°C y sostenerse 1 minuto en aire para fomentar la unión al núcleo. El Vitadur Alpha (Vita) es la única porcelana compatible con la alumina de In Ceram.

Propiedades físico-mecánicas:

La selección de In Ceram es debido a sus propiedades físico-mecánicas, sobretudo la fuerza flexural que es muy importante. Se sabe que el feldespató tiene aproximadamente 150 MPa de fuerza flexural lo cual talvez pueda ser suficiente para coronas jacket en dientes anteriores pero es inadecuado para molares. In Ceram Alumina posee una fuerza de 300-600 MPa y el Spinell unos 15-40% menos. Por lo tanto, Alumina se recomienda para coronas en cualquier sector de la boca y puentes en sector anterior; Spinell solo para coronas en dientes anteriores. La dureza y fuerza flexural de la zirconia es casi el doble que la Alumina (600-800 MPa), lo cual permite construir puentes posteriores de 3 unidades si se diseña apropiadamente la estructura. Se teoriza que la fuerza se debe al alto porcentaje de fase cristalina con una mínima fase vítrea y la diferencia de coeficientes de expansión térmica del vidrio y la alumina.

Los puentes en In Ceram se indican solo si las condiciones ideales para hacer un puente están presentes, hay alergia al metal y el entendimiento del paciente sobre las limitantes de este tipo de tratamiento.

No hay mucho desajuste marginal porque la cocción inicial se hace a bajas temperaturas. Se reportan la presencia de brechas marginales entre 24-58 um.

Translucencia:

Cuando el vidrio se infiltra, los grados de translucencia del material cambian:

- Alumina: es infiltrado en aire, tiene el 50% de translucidez de la dentina lo cual es ventajoso en situaciones de dientes pigmentados o presencia de postes; este material es problemático en situaciones de máxima translucidez. Útil en coronas posteriores.
- Spinell: al ser infiltrado al vacío, es el doble de translucido que la Alumina porque su fase cristalina tiene índices de reflexión parecidos al vidrio además que el vacío deja menos porosidades. Cuando es necesaria una máxima translucencia, es el material de elección porque su translucidez es semejante a la dentina. Si no es necesaria esta característica, probablemente la restauración sea de aspecto muy glaseado y de bajo valor. Si el spinell se infiltra en aire, será mas opaco

Consideraciones para Cementación:

Por su alta fuerza, In Ceram puede ser cementado con agentes convencionales de cementación como un CIV. Para la utilización de un CIV es necesario tomar en cuenta las relaciones P/L (preferir formas encapsuladas) y un estricto control de humedad.

El fosfato de Cinc que ha sido el material de elección para coronas jacket o sistemas completamente cerámicos como Dicor o Cerestore, tiene una alta incidencia de microfiltración y pigmentado de los márgenes; la microfiltración permite la presencia de humedad la cual somete a la cerámica a estrés por corrosión o diseminación de fracturas por medios químicos.

Se ha hablado de reportes anecdóticos de la fractura de cerámicas con cementos a base de compómeros. Estos productos tienen un alto contenido de HEMA los cuales se expanden con la presencia de humedad (hasta 5 veces más que los cementos convencionales) y generan suficiente estrés como para diseminar las microfracturas.

El tratamiento superficial interno de una restauración In Ceram es la abrasión interna del núcleo con oxido de zinc de 50 um a 50 psi por 10 segundos.

El silano y el grabado con ácido fluorhídrico no funcionan por la mínima fase vítrea de In Ceram. En todo caso, el empleo de sistemas adhesivos si podría estar indicado para evitar la sensibilidad postoperatoria.

Siempre tomar en cuenta la translucidez de los cementos empleados cuando se combinan con núcleos cerámicos translucidos. Por ejemplo, Panavia 21 y Variolink II presentan características ópticas ideales para In Ceram.

Cerámica de Inyección

IPS Empress y Empress 2 (Ivoclar) (17, 21, 24, 37, 38):

Empress fue introducido por Wohlwend en el Instituto Dental de la Universidad de Zurich en 1990 y fue el prelude de una generación de cerámicas reforzadas con leucita los cuales refuerzan la matriz vítrea y frenan la propagación de microfracturas.

Se utiliza la técnica de cera perdida para crear una cofia de cerámica inyectada a presión en un molde hecho de revestimiento especial sometido a un ciclo prolongado de calor.

La limitación que poseen los materiales reforzados con leucita es que para aumentar la dureza a través de la maximización del contenido cristalino, la subestructura se volvía muy opaca: Empress solo podía incorporar 30-40% de cristales sin afectar la estética.

Por lo tanto surgió Empress 2 que se lanzó con 2 finalidades:

- Ampliar las indicaciones de Empress: tener un uso más seguro en sector posterior y permitir la confección de puentes con pilares anteriores hasta 2 premolar como pilar final.
- Aumentar la resistencia del material sin menoscabar la translucidez, cosa que se logra con la introducción de un material de contenido cristalino en porcentaje mayor al 60%.

El vidrio está basado en disilicato de litio el cual se dispone en cristales largos y grandes (0.5-5 μm) densamente dispuestos y mezclados junto con otros cristales pequeños de ortofosfato de litio de 0.1-0.3 μm de tamaño.

Características

- Es translucido y el color se puede lograr por tinción o agregando porcelana de recubrimiento.
- Empress 2 tiene una resistencia mayor a 300 MPa (340 +/- 20 MPa) lo cual es útil en brechas edéntulas de 9 mm máximo en premolares y 11 mm en dientes anteriores.
- Las pastillas Empress se ofrecen en 5 colores básicos de Chromascop y 2 tamaños: pequeño para coronas individuales y grande para inyecciones simultáneas de varias coronas.
- El único cambio dimensional que ocurre con Empress es durante el enfriado y puede ser controlado con un revestimiento de expansión adecuada.
- La cerámica de recubrimiento de Empress posee una fase cristalina que consta exclusivamente de fluorapatita de forma acicular (de aguja) con forma y composición idéntica a los cristales de esmalte. Por lo tanto, la compatibilidad con el desgaste natural, translucidez, fluorescencia, opalescencia y brillo es bastante.
- El aumento de temperatura aumenta la cantidad de leucita en Empress.
- El horno de inyección EP500 inyecta a una temperatura de 920°C con un tiempo de mantenimiento de 20 minutos, presión de inyección de 5 bares y un coeficiente de calentamiento de 60°C/min.

Cuadro No.8: Características comparatorias de Empress y Empress 2

	Empress	Empress 2
Composición	Cerámica de vidrio reforzada con leucita 30-40%	Cristales de disilicato y ortofosfato de litio 60%
Coefficiente de expansión térmica ($10^{-6} \text{K}^{-1} \text{mm}$)	18 +/- 0.5	1.3
Dureza a la rotura ($\text{MPa} \cdot \text{m}^{0.5}$)	10.6 +/- 0.5	3.2 +/- 0.3

Finesse (Ceramco) ^(19, 25, 34, 35).

Sistema cerámico compuesto por una porcelana de baja fusión y material para núcleo completamente cerámico que ocupa 8-10% de contenido de leucita.

- Porcelana de baja fusión: permite horneados a baja temperatura sin afectar las partículas naturalmente opalescentes.
- Material de núcleo (Finesse All Ceramic): consiste en un vidrio de baja fusión de silicato reforzado con leucita la cual proporciona mayores propiedades mecánicas debido a la distribución y tamaño uniforme de cristales ultrafinos a lo largo de la matriz de vidrio, asegurando uniformidad y alto grado de translucidez.

Características:

1. La combinación de ambos materiales permite aprovechar la gentileza del desgaste a superficies antagonistas porque a diferencia de las porcelanas consideradas agresivas que tienen 30-40% de contenido de leucita y se hornean a más de 900°C, Finesse produce 70% menos desgaste contra el esmalte y 88% menos desgaste en su propio volumen.
2. El coeficiente de expansión térmica del núcleo es un poco más alto que el de la porcelana de recubrimiento para someter al último en un estado de compresión.
3. Aspectos Estéticos:
 - Tecnología IOT: consiste en que a determinado grosor, un material cerámico aparece ópticamente igual si se coloca sobre un fondo negro o blanco. Esta característica es útil para controlar la translucencia de un color. Se ha logrado que entre más opaca sea una porcelana, más alto será el valor y el croma, manteniendo el tono independientemente del grosor de capa.
 - Todos los componentes del sistema Finesse son fluorescentes porque poseen vidrios especiales cuya microestructura dispersa luz azul-violeta. Las longitudes de onda más largas naranja/rojo son transmitidas a lo largo de la porcelana.
 - Las bajas temperaturas de fusión permiten la opalescencia de los incisales y también favorecen un excelente pulido porque los cristales de leucita son más pequeños y en menor cantidad.

Procesado:

1. El núcleo cerámico es encerado como si fuera la técnica de cera perdida. Se colocan los bebederos y se reviste.
2. Se hace el anillo con un revestimiento especial y se coloca por 1 hora en el horno para quemar la cera.
3. Las pastillas de cerámica se llevan al horno para fundirlas y luego inyectarlas a presión dentro del anillo.
4. Se recomienda un ciclo de enfriado de 6 minutos posterior al horneado en 2 situaciones:
 - Cuando una aleación tenga una expansión térmica mayor a 14.4 para evitar contracciones térmicas.
 - Cuando una aleación posee más de 10% de platino para que no ocurra separación de fases.
5. Una vez enfriado, el revestimiento se limpia con un arenador que tenga partículas de óxido de aluminio de 90 μm a una presión de 4 bares.
6. Se aplican las capas de porcelana de baja fusión para recubrimiento según conveniencia. Para favorecer la unión entre el núcleo y porcelana de baja fusión, se utiliza una ligera capa de wash.

Cerestore (Johnson & Johnson) ⁽⁵⁾:

Utiliza cerámica con una microestructura que consiste en un sistema de óxidos de alúmina multifásicos mezclados (óxido de alfa-alúmina también llamado corundum y un spinel de aluminato de magnesio). La relación de fase cristalina-fase vítrea está en una proporción de 85-15, parecido a la cerámica aluminica industrial de alta fuerza. Además contiene otros vidrios que ayudan en el proceso de sinterizado y contribuyen a la disminución de corrosión debido a la ausencia de materiales alcalinos como el sodio o potasio.

El material se ha dispensado en 2 generaciones. La diferencia está en la fuerza flexural que presentan: mientras que la primera generación poseía una fuerza de 124 MPa, la segunda generación tiene un 67% más de fuerza que la primera.

La alúmina tiene la ventaja de no cambiar dimensionalmente horneada o no horneada. Así, cuando se calienta, ocurre una transformación química y cristalina que compensa la contracción volumétrica de la cerámica convencional. Controlando el tiempo y la temperatura del ciclo de horneado, se logra la nula contracción de Cerestore. El proceso se llama “moldeado por inyección”.

Procedimiento de laboratorio:

1. Sobre una impresión del diente a tratar, se vacía un modelo utilizando material a base de resina epóxica (Cerestore epoxy) el cual es estable al calor y no sufre de cambios dimensionales durante su curado. Posteriormente se individualiza el dado de trabajo.
2. Una cofia se encera sobre el dado de trabajo epóxico y se le coloca un bebedero y luego un anillo para revestirse.
3. La cera es eliminada con agua caliente y el anillo se calienta en un horno.
4. La cerámica se dispensa en pastillas que se calientan a 160°C, temperatura en que se volverá fluida. Luego se inyecta a presión dentro del anillo. Se deja un tiempo a que endure.
5. La cofia resultante se separa del dado de trabajo y es horneada para sinterizarse.
6. Para mayor estética, el recubrimiento se hace con porcelana aluminosa de carillas.

La mayor cantidad de fracasos suceden en dientes posteriores cuando no se ha reducido la suficiente cantidad de tejido dental.

Sistemas de troquelación ^(12, 17)

A inicios de los 70's, Duret (Francia), Altschuler (USA) y Mormann (Suiza) investigaron las diferentes formas de realizar restauraciones de porcelana en forma troquelable.

Los fabricantes ponen a disposición pastillas de colores determinados para ser troquelados en los distintos sistemas. Dado que las pastillas son sinterizadas bajo condiciones controladas en la fábrica, la cerámica es de elevada calidad con muy pocos defectos. En un puente completamente cerámico por ejemplo, la presencia de defectos es crítica para la longevidad clínica porque actúa como punto de origen de la propagación de fracturas.

Así surgieron 2 sistemas:

1. CAD CAM (Computer Aided Design and Computer Aided Manufacture): sistema diseñado por Cerec (Siemens) el cual impresiona ópticamente una preparación dental con una cámara conectada a una computadora que a su vez está conectada a una máquina troqueladora que talla la restauración a partir de un bloque cerámico utilizando un disco de diamante en un tiempo de 10 minutos. Los bloques cerámicos utilizados con este sistema son Dicor MGC y la porcelana feldespática Vitabloc MK I y II.

2. CELAY (Mikrona technologies AG): una maquina esculpe con precisión la restauración copiando detalles en una restauración directa de composite por medio de un digitalizador de contacto que transfiere la información a un troquelador de la misma forma como lo hace un pantógrafo. El tallado secuencial dura unos 15-20 minutos. Se usan los mismos bloques cerámicos que Cerec y también son disponibles bloques In Ceram para formar núcleos posteriormente infiltrables.

Características:

- A pesar de que se piensa que troquelar disminuye la fuerza de la cerámica, estudios demuestran que tienen la misma fuerza que las hechas en el laboratorio.
- El sistema Cerec produce inlays con un ajuste marginal entre 60-150 um que se consideran clínicamente aceptable si hay una cementación adhesiva. Celay tiene un adapte marginal mejor que Cerec.
- Muchas de las propiedades de estos sistemas dependen propiamente del fabricante de los bloques cerámicos.

Puentes Cerámicos ^(28, 24):

Elementos de evaluación para recibir un puente cerámico:

- Altura/calidad de muñones.
- Carga funcional masticatoria.
- Geometría de las preparaciones.
- Selección del agente cementante.
- Estado periodontal.

Contraindicaciones:

- Bruxismo.
- Dientes jóvenes con cámaras pulpares grandes.
- Dientes muy estrechos en zona cervical.
- Coronas cortas.

La altura de un muñón tiene un efecto mayor en la flexión que el ancho de un conector para puente cerámico y su evaluación es importante: la distancia entre el contacto oclusal y tejidos gingivales definen ese parámetro. Si no se dispone de espacio, se puede retirar excesos de tejidos blandos por medios quirúrgicos. Al final si no se puede garantizar lo anteriormente expuesto, se contraindica el uso de puentes completamente cerámicos.

Cuanto mas posterior este el pónico, mayores son las fuerzas oclusales y los requisitos de grosor de los conectores, por lo que se debe medir con una sonda periodontal la distancia existente.

Parte III: Refuerzo metálico.

Introducción

Metalurgia es el arte y la ciencia que se ocupa de la preparación de los materiales metálicos. Metal es todo elemento que en solución se ioniza positivamente ⁽¹⁶⁾.

Los metales tienen iones distribuidos de forma tal que poseen la formación de un retículo espacial cúbico de cuerpo centrado, en donde un átomo se localiza en cada esquina y en el centro de cada cara del cubo. Dentro del retículo se encuentra la denominada “nube electrónica” que es característica de los enlaces metálicos. Los electrones más externos llamados también “de valencia” son cedidos fácilmente porque están libres y son capaces de viajar a través del sólido ⁽¹⁶⁾.

Las propiedades físicas y mecánicas de los metales dependen de la forma y dimensiones del retículo espacial que constituye la estructura cristalina.

Característica de los metales ^(1,3):

1. Duros, resistentes y densos que otros elementos químicos.
2. Dúctiles y maleables.
3. Buenos conductores térmicos y eléctricos.
4. La mayor parte de los metales son “blancos”. Entre estos metales hay una leve diferencia de color y con un poco de práctica se puede distinguir uno de otro. Los únicos 2 metales de la tabla periódica que no son blancos son el oro y el cobre.
5. Tienen una estructura sólida excepto el mercurio y el galio que son líquidos.
6. Capaces de ser pulidos.

Solidificación de los metales ^(1,16)

Luego de ser fundidos, los metales enfrían solidificando cristalinamente. Esto quiere decir que al final se componen de una gran cantidad de cristales llamados granos los cuales tienen forma irregular y crecen orientándose al azar hasta contactar sus vecinos.

Podemos imaginar el metal líquido como un mar caliente de átomos que al irse enfriando, se van formando numerosos conglomerados inestables que posteriormente se convertirán en núcleos cristalinos temporales llamados embriones.

Inicialmente los embriones son pocos y pequeños pero a medida va descendiendo la temperatura hasta acercarse a la solidificación, se hacen mayores en densidad y tamaño, siguiendo una forma arborescente o dendrítica. Eventualmente el líquido entre las dendritas solidifica y constituye el grano final.

Cuando el crecimiento dendrítico hace que los granos se pongan en contacto, el crecimiento se detiene y el metal ha solidificado.

La línea (o espacio) que separa un grano de otro se denomina espacio intergranular el cual tiene gran importancia en el comportamiento de los metales bajo carga.

La rapidez con que se enfría está muy relacionado con el tamaño de los granos. Un enfriamiento lento permite que la cristalización ocurra con pocos granos que crecen exageradamente; un enfriamiento rápido logra cristales pequeños y entre más pequeños sean los granos, mejores propiedades físicas tendrá el metal.

Se le llama dislocación a las rajaduras que disminuyen la resistencia y otras propiedades mecánicas del metal. Al inducir una tensión a un metal o aleación, las dislocaciones se propagan a través del retículo espacial y solamente son detenidas por los espacios intergranulares. Una vez más, el tamaño del grano es importante porque entre más pequeño

sea, habrán mas espacios intergranulares que se interpongan con la movilidad de las dislocaciones; entre mas grandes sean los granos, mayor movilidad habrá lo que se traduce en un aumento en la ductibilidad y maleabilidad.

Aleaciones

Se definen como la combinación de 2 o más materiales que suelen ser solubles en estado de fusión. Un sistema de aleaciones es la unión de 2 o más metales en todas sus combinaciones posibles ⁽¹⁾.

La mayor parte de las aleaciones se solidifican dentro de un rango y no un punto de temperatura como lo hacen los metales puros.

Es posible obtener mejoras en la resistencia, dureza y otras características de metales puros por medio de la combinación de varios elementos en una aleación. Por ejemplo, el oro es demasiado débil y dúctil pero si se combina con cobre, se vuelve más duro y resistente sin perder lustre o volverse corrosivo.

Las aleaciones se clasifican según la cantidad de elementos que las integran. Si por ejemplo, la aleación en estudio esta compuesta por 2 elementos, se le llamaría binaria, si presentara 3 seria terciaria y así sucesivamente.

Para formar una aleación, los elementos son calentados para formar un estado líquido homogéneo pero cuando las combinaciones se enfrían tendremos 3 opciones ⁽¹⁶⁾:

- a) Solución sólida: los metales mezclados se mantienen igual de homogéneos que en estado líquido. La aleación es dura, con más fuerza, resistente a la corrosión y menos dúctil que un metal puro. Las soluciones sólidas poseen un rango de fusión por debajo de la más alta temperatura de fusión de alguno de sus componentes. La posibilidad de que se forme una solución sólida depende de la similitud que exista entre los componentes en cuanto a tamaño atómico y reticulado especial. Si es así, la solución sólida se denomina sustitucional. Pero si hay una diferencia en cuanto al tamaño atómico (en una relación mayor del 15%), es probable que los átomos más pequeños no reemplacen a los más grandes sino que se ubiquen entre ellos. A esta solución sólida se le llama intersticial.
- b) Compuestos intermetálicos: existe una mezcla de componentes pero hay arreglos químicos donde los átomos de un metal ocupan una posición definida con respecto al otro. Son aleaciones duras, frágiles y sus propiedades rara vez representan los metales mezclados.
- c) Eutecticos: al enfriarse se forman 2 fases sólidas debido a la precipitación de una de ellas. Son fuertes, duras, frágiles. Tienen pobre resistencia a la corrosión por acción del galvanismo.

Las aleaciones para metal cerámica deben tener ⁽⁴⁾:

1. Producción de óxidos que fomenten la adhesión química de la porcelana. Los metales bases se oxidan fácilmente cuando se someten a altas temperaturas en el horno. Por otra parte, los metales nobles al no oxidarse, necesitan trazas de metales bases para lograrlo.
2. Coeficiente de expansión térmica similar a la porcelana.
3. Temperatura de fusión muchísimo mayor que la porcelana dental.
4. Resistente al "sag".
5. Facilidad de manejo durante fusión, colado, terminado o pulido.
6. Biocompatible.

Clasificación de las aleaciones:

Según función ⁽⁷⁾:

En 1932, el Nacional Bureau of Standards creó una clasificación de aleaciones metálicas según su función (ver cuadro No.) que luego fue modificada en 1948 y 1960 para agregar una 5 categoría que eran las aleaciones para metal cerámica. Sin embargo esta clasificación presenta una deficiencia y es que tener en una misma categoría aleaciones a base de Ag, Pd, Ni o Cr no permiten hacer comparaciones en cuanto a propiedades físico-mecánicas, por ejemplo dureza, con los otros 4 tipos.

Cuadro No.10: Composición de aleaciones metálicas según su función.

	Tipo I: Suave. Pequeñas incrustaciones.	Tipo II: Media. Incrustaciones y coronas.	Tipo III: Dura. Incrustaciones, coronas y puentes pequeños.	Tipo IV: Extraduro. Incrustaciones, coronas, puentes de tramo largo y PPR.
% Oro	80-95	73-83	71-80	62-72
% Plata	2-12	7-14.5	5-13.5	8-17.5
% Cobre	1.5-6	5.8-10	7-12.5	8.5-15
% Paladio	0-3.6	0-5.6	0-6.5	0-10
% Platino	0-1	0-4.2	0-7.5	0.2-8.2
% Cinc	0-1.2	0-1.4	0-2	0-2.7
Punto fusión (°C)	1100-1180	940-980	900-960	880-950

Según color y composición ⁽⁷⁾:

En 1982, Philips creó una clasificación (ver cuadro No.) que todavía presenta problemas porque no diferencia en nada las aleaciones para metal cerámica con los otros 4 tipos de aleación.

Cuadro No. : Clasificación de aleaciones metálicas por su color y composición.

Categoría	Descripción
Oro amarillo	Aleación amarilla, > 60% oro
Oro blanco	Aleación blanca, > 50% oro
Oro bajo	Aleación amarilla, 42-55% oro
Alto Paladio	Aleación blanca, > % en paladio, oro en pequeñas cantidades (2%) y trazas de Cu o Co.
Paladio Plata	Aleación blanca, > % en paladio y Ag hasta 40%.
Plata Paladio	Aleación blanca, Ag (55-71%), Pd (25-27%) y puede tener o no pequeñas cantidades de Cu o Au.

Clasificación ADA ⁽⁷⁾:

En 1984, la ADA propone una clasificación más sencilla (ver cuadro No.) aunque presentan el problema de que aleaciones de composición y desempeño diferente caen en categorías generales lo cual podría impedir la correcta comunicación con el laboratorio o fabricantes.

Cuadro No.9: Clasificación de las aleaciones metálicas según ADA.

Tipo	Definición
Alto noble	Contenido total de metal noble mayor o igual a 60% en peso. Contenido de oro mayor o igual a 40% en peso.
Noble	Contenido de metal noble mayor o igual a 25% (hasta 50%) sin estipular cantidad de oro.
Metal Base	Contenido de metal noble menor a 25% en peso.

Metales usados en las aleaciones dentales:

Metales nobles⁽⁷⁾:

Termino aplicado a los metales que son resistentes a la corrosión u oxidación debido a su inercia química. Ellos son:

- Oro (Au).
- Platino (Pt).
- Paladio (Pd).
- Iridio (Ir).
- Osmio (Os).
- Rodium (Rh).
- Rutenio (Ru)

Metales preciosos⁽⁷⁾:

Termino aplicado a los metales que son escasos y que por lo tanto tienen un alto valor económico. Aparte de los metales nobles también incluimos:

- Berilio (Be).
- Galio (Ga).
- Indio (In).

Esto quiere decir que todos los metales nobles son preciosos pero no todos los preciosos son nobles.

El término “semiprecioso” no es muy adecuado y no debería usarse porque no existen términos medios en la definición de una aleación

Metales mas usados para una aleación^(3,44):

Oro:

- Color amarillo con alto brillo metálico.
- Suave, maleable y dúctil.
- Biocompatible: no pigmenta u oxida.
- Bajo punto de fusión: 1063°C.
- Se mide en quilates (proporción de oro puro en 24 partes de aleación siendo 24 quilates el oro 100% puro) o finura (proporción de oro puro en 1000 unidades).

Platino:

- Color blanco.
- Duro y elástico por poseer cierto grado de ductibilidad y maleabilidad.

- Alto punto de fusión.
- Resistente a las condiciones del medio ambiente oral: no se oxida o corroe.
- Componente de ataches de precisión por su alta resistencia al desgaste y alto punto de fusión que evitan la distorsión del atache.
- Se recomienda que en aleaciones, su contenido no sea mayor de 3-4% para no aumentar la temperatura de solidificación.

Paladio:

- Color blanco más oscuro que el platino.
- Maleable y dúctil.
- Efecto endurecedor mayor que el platino.
- Eleva las temperaturas de fusión de una aleación.

Plata:

- Color blanco.
- Maleable y dúctil.
- Más fuerte y duro que el oro pero menos que el cobre.
- En estado puro es difícil de colar porque atrapa oxígeno.
- Forma buenas soluciones sólidas con el oro y el paladio.
- Si se combina con sulfuros provenientes de comidas, etc, sufre deslustre y corrosión.
- La decoloración de la porcelana por la plata no está claramente entendida. Se cree que la dispersión de átomos de plata en la porcelana ya sea por difusión superficial o transporte de vapor, crea los cambios. Se especula que los vapores de plata provienen de la aleación misma o de depósitos en áreas frías del horno que cuando se calientan, se condensan en la restauración y paredes de la mufla.

La porcelana con alto contenido de sodio exhibe mayor decoloración debido a la más rápida difusión de la plata en el vidrio. Algunas porcelanas son resistentes a la decoloración y el mecanismo propuesto es la conversión de átomos a iones de plata con gran afinidad al oxígeno para evitar la oxidación.

La decoloración es más severa en colores claros de porcelana, horneados múltiples y algunas marcas comerciales en especial.

Las tinciones generalmente aparecen en la unión metal-cerámica y se pueden eliminar con piedras.

Si ocurriesen decoloraciones aun con aleaciones libres de plata, probablemente se deba a que el horno este contaminado con vapores de plata provenientes de otras aleaciones.

Cobre:

- Color rojo y aporta su color a cualquier aleación que componga.
- Maleable y dúctil.
- Importante componente de aleaciones nobles porque mejora su fuerza y dureza.
- Buen conductor térmico y eléctrico.
- Disminuye resistencia a la oxidación y corrosión.
- En aleación con el paladio, se usa en proporción mayor al 4% para reducir el punto de fusión y fortalecer la aleación.

- Las aleaciones para metal-cerámica no deben tener cobre porque tienden a pigmentar de “verde” la porcelana.

Cinc:

- Color blanco azulado.
- Tendencia al deslustre en ambiente húmedo.
- Recolector de oxígeno cuando la aleación se funde, aumentando la capacidad de colado.
- Combinado con el paladio contribuye a la dureza.

Cromo:

- Pasivo que garantiza la resistencia a la corrosión y pigmentación.
- Endurecedor de aleaciones en proporción de 30% máximo.
- Se necesitan herramientas de dureza especial y alta velocidad para cortar, alisar y recortar sus aleaciones.

Níquel:

- Proporciona resistencia, dureza y alto módulo de elasticidad.
- Desciende la temperatura de fusión.
- Aumenta la ductibilidad.

Cobalto:

- Elemento fundamental para proporcionar dureza, resistencia y rigidez a las aleaciones.
- Alta temperatura de fusión en un intervalo de 1400-1500°C.
- Sus aleaciones a diferencia de otras, no se funde con soplete de aire-oxígeno sino de oxígeno-acetileno para producir carbonos en la aleación.

Indio:

- Fijador de óxidos.
- Homogeniza el tamaño de grano.
- Facilita el fluido de la aleación líquida.
- Endurece aleaciones.
- Da color amarillo a las aleaciones de plata-paladio.
- No se oxida en presencia de aire o agua.

Estaño:

- Metal blanco lustroso.
- Endurece aleaciones de plata paladio pero aumenta su fragilidad.
- Se utiliza en aleaciones para soldadura.

Galio:

- Compensa el coeficiente de expansión térmica para aleaciones usadas en metal-cerámica libre de plata.
- Sus óxidos son importantes para la adhesión química del metal con la cerámica.

Hierro:

- En pequeñas cantidades endurece soluciones sólidas.

Molibdeno:

- Endurecedor de aleaciones.
- Reduce ductibilidad.
- Disminuye tamaño de grano en un colado de cromo cobalto.

Manganeso y Silicio:

- Endurecedor de aleaciones.
- Depurador de oxido para evitar la oxidación de elementos durante la fusión.
- Aumentan la fragilidad de las aleaciones a base de cobalto.

Rutenio e Iridio:

- Refina y mantiene pequeño el tamaño de grano.
- Alta temperatura de fusión que no se derrite durante la fusión lo cual sirve para convertirse en núcleo de solidificación.

Boro:

- Desoxidante.
- Endurecedor de aleaciones especialmente las de cromo-níquel.
- Reduce ductibilidad.
- Amplia el intervalo de temperatura de fusión.

Berilio:

- Endurecedor y refinador de granos.
- Reduce temperaturas de fusión.
- Potencialmente toxico.

Carbono:

- Critico para aleaciones de metal base: pequeñas variaciones afectan resistencia, dureza y ductibilidad de la aleación.
- La formación de carburos es importante porque su precipitación fortalece las aleaciones al reducir la incidencia de las dislocaciones.
- En exceso produce fragilidad.

Descripción de las aleaciones metálicas más usadas:

Aleaciones de metales nobles ^(5,7):

Hasta la década de los 60's, el 95% de todas las prótesis estaban hechas con aleaciones con un mínimo de 75% de oro como las utilizadas en joyería las cuales eran reforzadas con cobre y plata. También el platino era considerado un poderoso refuerzo. En estos primeros tiempos, solamente el oro y platino se consideraban los únicos metales nobles capaces de proporcionar estabilidad química en el medio ambiente bucal. Desde que Estados Unidos retiro su apoyo al precio del oro en 1969 y su costo aumento dramáticamente a inicios de los 80's, las aleaciones nobles han evolucionado grandemente porque la cantidad de oro

tuvo que ser reducida al mínimo sin perder las ventajas que los metales nobles proporcionan a las aplicaciones dentales.

La aleación noble ideal debe tener las siguientes características:

1. Rango de fusión bajo.
2. Adecuada dureza, fuerza y elongación.
3. Bajo costo.
4. Baja tendencia a la corrosión en ambiente oral.
5. Sus óxidos para fusionarse a la porcelana no deben ser tóxicos, no teñir o disolverse en la porcelana o formar capas muy gruesas.

Oro Platino Paladio (Au-Pt-Pd)

Porcentajes:

Au: 75-88

Pd: hasta 11

Pt: hasta 8

Ag: hasta 5 (si esta presente)

Trazas: In, Sn y Fe como elementos oxidables

Ventajas:

1. Excelente adhesión de la porcelana.
2. Fácil colado, ajuste y terminado de la restauración.
3. Alta nobleza.
4. Resistente a la corrosión y deslustre.
5. Biocompatible.
6. Bruñible.
7. Excelente reproducción de detalles.

Desventajas:

1. Alto costo.
2. El alto contenido de oro podría causar “creep”.
3. Poca resistencia al “sag”.
4. Poca dureza.
5. Alta densidad: colados muy pesados para lograr rigidez lo cual significa menor cantidad de unidades coladas por onza de metal.
6. Modulo de elasticidad y fuerza “yield” pueden ser inadecuadas para puentes de tramo largo.

Comentarios:

- Es una de las aleaciones más viejas que se conoce en odontología y fue la primera a la que se adhirió porcelana. Por su alto costo, actualmente no es muy usada.
- Pueden tener colores amarillo o blanco.
- La cantidad de plata que posee no produce decoloración de la porcelana.
- Térmicamente compatible con todas las porcelanas.
- Se prefieren para coronas individuales o puentes de tramo corto.
- Los elementos que se colocan de trazas aparte de reforzar la aleación y refinar el grano, producen una capa de oxido que es delgada y no excesiva. Hay que recordar que los óxidos deben ser compatibles con la porcelana porque sino afectarían la expansión térmica de la porcelana interfacial.

Oro Paladio Plata (Au-Pd-Ag)

Porcentajes:

Alto contenido de plata

Au: 39-53

Pd: 25-35

Ag: 12-22

Bajo contenido de plata

Au: 52-77

Pd: 10-33

Ag: 5-12

Ventajas

1. Mas barato que Au-Pt-Pd.
2. Rigidez y resistencia al “sag” mejorada.
3. Alta nobleza.
4. Las aleaciones con alto contenido de plata tienen una alta temperatura de fusión.
5. No toxico.
6. Exacta reproducción de detalles.
7. Buena calidad de soldadura.
8. Fácil terminado y pulido.
9. Modulo de elasticidad y fuerza Yield alta lo que le permite ser usado en puentes de tramo largo.

Desventajas

1. Contenido de plata crea potencial decoloración de la porcelana.
2. Contenido de paladio tiende a atrapar gas que dañe la adhesión de la porcelana.
3. Alto coeficiente de expansión térmica.
4. Alto costo

Comentarios

- Están en el mercado desde 1972.
- Temperatura de fusión unos 40°C más alto que Au-Pt-Pd.
- A pesar que se han creado 2 tipos de esta aleación, su comportamiento es similar a Au-Pt-Pd.
- Las aleaciones de alto contenido de plata son aleaciones blancas que sufren más corrosión, deslustre y decoloración de la porcelana. Se recomienda no usar estas aleaciones con porcelanas de colores claros.

Oro Paladio (Au-Pd)

Porcentajes

Au: 44-55

Pd: 35-45

Ga: hasta 5

In y Sn: 8-12

Ventajas

1. Fácil colado.
2. Buena fuerza de adhesión de la porcelana.
3. Resistente a la decoloración y deslustre.
4. Dureza y resistencia al “sag” mejorada.

5. Baja densidad.

Desventajas

1. No es térmicamente compatible con porcelanas de alta expansión.
2. Costo alto/moderado.

Comentarios

- Se desarrollaron en 1977 para enfrentar 2 grandes problemas de aleaciones como Au-Pd-Ag y Pd-Ag: decoloración de la porcelana y coeficiente de expansión térmica muy alto.
- Es una aleación de color blanco.
- Como no tiene plata y los óxidos casi no se pueden ver, proporciona resultados estéticos similares al Au-Pt-Pd.

Paladio Plata (Pd-Ag)

Porcentajes

Pd: 50-60

Ag: 28-40

Sn y a veces In en pequeñas cantidades

Ventajas

1. Bajo costo.
2. Fácil colado con soplete.
3. Buena adhesión a la porcelana.
4. No es tan duro-bruñible.
5. Resistente al "sag".
6. Buena resistencia a la corrosión y deslustre.
7. Moderado nivel de nobleza.
8. Baja densidad.
9. Buen desempeño en puentes de tramo largo.
10. No toxico.

Desventajas

1. Pueden ocurrir decoloraciones amarillas, verdes o café.
2. Pd y Ag tienden a absorber gases.
3. Se requiere limpiar la mufla del horno regularmente.
4. Forma óxidos internos.
5. No se puede colar en un crisol de carbono.
6. Se recomienda el uso de revestimientos de fosfato no carbonados.
7. Alto coeficiente de expansión térmica.
8. Se produce porosidad si la aleación se sobrecalienta en el crisol.

Comentarios

- Surgió en 1974 como la primera aleación libre de oro que contiene un metal noble. Ocasionalmente se les llamaba aleaciones semipreciosas. Para 1988, el 50% de las restauraciones metal cerámica se hacían con esta aleación.
- Las propiedades mecánicas son parecidas a las de Au-Pd-Ag y Au-Pd.
- El reemplazo de Au por Pd aumento la temperatura de fusión pero disminuyo el coeficiente de expansión térmica de la aleación y la adición de plata hace exactamente lo contrario con la aleación. Por lo tanto se sugiere cuidar el balance de elementos de la composición.

Alto Paladio

Existen varios tipos de aleaciones que se clasificaron por generaciones:

- 1 generación: Paladio Cobalto (Pd-Co) y Paladio Cobre (Pd-Cu).
- 2 generación: Paladio Plata Oro (Pd-Ag-Au).

Paladio Cobalto (Pd-Co)

Porcentajes

Pd: 78-88

Co: 4-10

Au: algunas poseen hasta 2

Trazas: Ga e In

Ventajas

1. Bajo costo.
2. Buena resistencia al “sag”.
3. Baja densidad.
4. Fácil fusión y colado.
5. Buen pulido.
6. Soldadura mas fácil que Pd-Cu

Desventajas

1. Más compatible con porcelanas de alta expansión.
2. Tienden a sobrecalentarse más que Pd-Cu.
3. Produce óxidos oscuros y gruesos que vuelven a la porcelana azulada.
4. Absorbe gas.

Comentarios

- No contiene níquel ni berilio.
- Son aleaciones de grano fino que le da resistencia al “sag”. De hecho es la más resistente de todas las aleaciones nobles.
- La presencia del cobalto es la responsable del óxido oscuro.

Paladio Cobre (Pd-Cu)

Porcentajes

Pd: 70-80

Cu: 9-15

Au: si esta presente 1-2

Pt: si esta presente 1

Trazas: Ga, In, Sn

Ventajas

1. Fácil colado.
2. Bajo costo con respecto a otros metales nobles.
3. Baja densidad.
4. Resistente a la corrosión y deslustre.
5. Compatible con muchas porcelanas.

Desventajas

1. Produce óxidos oscuros y gruesos que decoloran las porcelanas.
2. No puede colarse en crisoles de carbono.

3. Tiende a absorber gas.
4. Sufre de creep térmico lo cual abre márgenes del colado.
5. No es bueno para puentes de tramo largo.
6. Difícil de pulir.
7. Soldadura problemática.
8. Muy duro y no es bruñible.

Comentarios

- El creep se debe a la baja temperatura de fusión (1170-1190°C)
- Debido a la producción de óxidos oscuros, la colocación del opaco debe ser muy cuidadosa.
- Como resulta muy difícil de diferenciar si el metal esta fundido o no, hay tendencia a sobrecalentar la aleación, volatilizando componentes. También hay cierta tendencia a subcalentarse la aleación lo cual lleva a producir márgenes incompletos o márgenes redondeados.

Paladio Oro Plata (Pd-Au-Ag)

Porcentajes

Pd: 75-86

Au: 2-6

Ag: menos 1-7

Pt: 1 si esta presente

Trazas: In y Ga.

Ventajas

1. Bajo costo.
2. Baja densidad.
3. Resistencia al “sag” mejorada.
4. Capa de oxido no muy evidente.

Desventajas

1. Absorbe gas.
2. No debe ser colado en crisoles de carbono

Aleaciones de metal base ^(5,7,44):

La introducción en 1930 de aleaciones de metales base que inicialmente fueron llamadas estelitas proporcionaron ventajas como:

- Mejores propiedades físicas: rígidas por su alto modulo de elasticidad (casi el doble que las aleaciones de oro).
- Construcción de estructuras ligeras y rígidas con grosores reducidos.
- Resistentes a la corrosión debido a la pasividad del cromo.
- Baratas.
- Alta temperatura de fusión: 1250-1480°C.

Desventajas:

- Complejidad de procedimientos para manipularlas: necesidad de soplete de oxígeno-acetileno para colar a mayor temperatura y equipo especial para cortar o pulirlas.
- Durante la solidificación contraen el doble que aleaciones nobles (2-2.5% contra 1.25% respectivamente) debido a su elevada temperatura de fusión.
- Frágiles.

- Difíciles de soldar.

Para aplicación en PPR se usan aleaciones de cromo-cobalto. Para metal-cerámica se prefieren aleaciones de cromo-níquel.

Níquel Cromo (Ni-Cr)

Porcentajes

Con Berilio:

Ni: 62-82

Cr: 11-20

Be: hasta 2

Elementos menores: Al, C, Ga, Fe, Mn, Mo, Si, Ti, Vn

Sin Berilio:

Ni: 62-77

Cr: 11-22

Elementos menores: Boro, Nobio, Columbio, Mo, Ta.

Ventajas

1. Bajo costo.
2. Baja densidad.
3. Alta resistencia al "sag".
4. Pobre conductor térmico.
5. Alto modulo de elasticidad que otras aleaciones nobles.
6. Produce uniones fuertes con la porcelana opaca.
7. Los márgenes finos no se pierden fácilmente.
8. Al calentarse, la microestructura de la aleación se mantiene sin cambio alguno.

Desventajas

1. No puede usarse con pacientes sensitivos al níquel.
2. Manipulación requiere cierto entrenamiento.
3. Fallas en la adhesión con la porcelana generalmente ocurre en la interfase a nivel de la capa de oxido.
4. Muy duro.
5. Difícil de soldar.
6. Difícil de cortar una vez cementada.
7. Muchas horneadas del metal resultan en fallas de adhesión.

Comentarios

- Son aleaciones que se introdujeron a finales de la década de los 60`s.
- Los elementos menores se usan para mejorar los mecanismos de colado, adhesión y resistencia a la corrosión.
- Temperatura de fusión 100-260°C más alta que los metales nobles. Como funden a mayores temperaturas, la contracción durante el enfriado es mayor y por lo tanto se necesita que los revestimientos fosfatados expandan unos 3.4% para compensar la contracción.
- El colado de las aleaciones Ni-Cr como todo metal base cuesta bastante ya que su estado de fusión no es evidente y por ello hay tendencia a sobrecalentar el metal y no fundir uniformemente. Se recomiendan sopletes oxigeno-gas con puntas largas y de múltiples orificios. Colar con acetileno contamina con carbono al metal. El

sobrecalentamiento quema los componentes menores haciendo que la aleación pierda propiedades.

- El berilio en forma de polvo (producido durante corte o pulido del metal) o en vapor (durante el colado) es dañino. Produce dermatitis de contacto, irritación ocular o conjuntivitis, síntomas respiratorios, debilidad, fatiga y pérdida de peso.
- El níquel ha sido asociado al cáncer de pulmón y nasal en trabajadores de refineries de níquel. Exposición crónica produce eczema de piel.
- Las aleaciones con berilio proporcionan mejores propiedades que las sin berilio ya que las primeras tienen una mejor reproducción de detalles, no producen gruesas capas de óxido y pueden grabarse. Las aleaciones con berilio son más fluidas y tienen una baja temperatura de fusión lo cual es bueno porque ayuda a la eliminación del revestimiento del colado, a una más fácil limpieza y terminado del metal.
- Como tienen un módulo de elasticidad alto, es más resistente a la flexión y ayuda a prevenir fractura de la porcelana.
- Se recomienda la aplicación inmediata de la porcelana sobre una superficie de Ni-Cr para evitar que se forme una capa muy gruesa de óxido que luego afecte la adhesión.
- El cromo-níquel permite obtener subestructuras metálicas de grosores reducidos lo cual favorece la aplicación de mayor cantidad de porcelana, optimizándose la estética; en puentes de tramo largo y retenedores adhesivos son mejores alternativas que una aleación noble porque no permiten flexibilidad.

Cromo Cobalto (Cr-Co)

Porcentajes

Cr: 25-34

Co: 53-68

Trazas: Mo, Ru, W

Ventajas

1. Bajo costo.
2. Baja densidad.
3. No contiene níquel o berilio.
4. Pobre conductor térmico.

Desventajas

2. Más difícil de procesar que Ni-Cr.
3. Demasiado duro.
4. Oxida demasiado.
5. Terminado difícil.
6. Alta temperatura de fusión.

Comentarios:

- Aunque se pueden utilizar para porcelana, no son muy recomendables.

Soldadura

Soldadura es la unión de 2 pedazos de metal agregando un tercero. A medida que la longitud de las prótesis aumenta o comprendan la curvatura del arco, se incrementa la probabilidad de que el aparato no ajuste. Puentes de 3 unidades pueden hacerse de forma exacta pero a medida que el tramo se alarga, el factor de distorsión durante el investido se vuelve más significativo. La soldadura brinda la posibilidad de usar la restauración que de

otro modo tendría que ser repetida. Pero es importante conocer las aleaciones con las que están hechas las partes a unir para saber los valores de temperatura de fusión que son importantes para escoger la soldadura. Se proveen en forma de tiras (más común), bastoncillos, alambres o cubos según el uso a dar. Visto microscópicamente, la soldadura no se combina excesivamente con las partes a soldar y una línea bien definida se forma entre las partes a unir ^(1,3).

Clasificación ⁽³⁾:

1. Blanda: hechas de aleación plomo-estaño, tienen un punto bajo de fusión, carece de resistencia a la corrosión y no es aplicable para odontología.
2. Dura: tienen una temperatura mayor de fusión, fuerza y dureza mejorada. Existen varios tipos:
 - Según material: oro para coronas y puentes y plata para ortodoncia.
 - Según técnica usada: a mano libre o con investimento.
 - Según método de aplicación térmica: soplete u horno.
 - Según momento de aplicación de porcelana: presoldadura y postsoldadura.

Características de una soldadura ideal ^(1,3):

1. Flujo fácil: a menores temperaturas, la soldadura debe fluir fácilmente; la temperatura de fusión debe ser menor que aquellas aleaciones que van a ser soldadas o si no estas últimas se derretirán durante la operación. En general, la temperatura de fusión debe ser por lo menos 56-100°C menos que las aleaciones a soldar para prevenir distorsiones.
2. Flujo libre: se refiere a la habilidad de la soldadura a regarse sin obstáculos por las partes que serán unidas. Está relacionada con la tensión superficial y la acción capilar de la soldadura derretida con respecto a las partes a unir.
3. Color adecuado.
4. Fuerza compatible con la estructura soldada.
5. Resistencia a la corrosión y “tarnish”.
6. No debe de formar huecos. Huecos ocurren por calentamiento impropio de la soldadura o uso inapropiado del fundente. Si se calienta mucho o por periodos prolongados, el estaño y el cinc de la soldadura ebulen o se oxidan formando porosidades. Si no se calienta bien, el fundente queda atrapado en la soldadura derretida. En ambos casos los huecos se hacen evidentes durante el terminado y pulido del metal.

Las soldaduras de oro son aleaciones que contienen oro, plata, cobre, estaño y cinc. Las composiciones varían entre marcas. La forma de describir las distintas soldaduras es según la fineza del material:

1. Alta: tienen un mayor punto de fusión y son más amarillos por su mayor contenido de oro. Se usan para reparar perforaciones o agregar puntos de contacto.
2. Baja: son más fluidas porque tienen menos cantidad de oro y pequeñas cantidades de estaño y cinc pero tienen menos resistencia a la decoloración y corrosión con respecto a los de alta fineza. Se usan para unir puentes.

Preparación de las superficies a soldar:

- Deben estar libres de contaminantes y óxidos porque menos será la probabilidad de que un conector quede soldado adecuadamente.
- No se deben de tocar con los dedos las partes a unir.
- Las superficies deben ser lisas, sin rayas o irregularidades ya que debido a la alta viscosidad de la soldadura, puede ser que algún espacio no sea humectado y por lo tanto

rellenado por la soldadura. En un futuro, ese espacio puede convertirse en un potencial punto de fractura.

Material para índices⁽⁴⁵⁾:

La soldadura de una prótesis depende de la obtención precisa de un registro de transferencia (índice o guía) para conservar la posición de las unidades por soldar. El material de este ha de presentar cambio dimensional mínimo, adhesión al metal, fácil remoción, proveer la rigidez y estabilidad suficiente para conservar tal relación en un tiempo corto. Entre los materiales tenemos al ZOE, acrílico y yeso para impresiones. Los índices de resina se quemaron en un horno a 300°C sin dejar residuos.

Si la soldadura se hace con investimento, este debe de mostrar expansión de fraguado y termoscópica mínima que representen alteraciones dimensionales. Recordar que el investimento debe de cubrir los márgenes para evitar todo tipo de distorsiones.

Soldadura infrarroja:

Los sistemas infrarrojos usan luz proveniente de un foco de cuarzo-yodo con filamento de tungsteno de 1000 W. Montados en un reflector. Este lanza la luz a un punto de reflexión que apunta hacia la soldadura. El problema es la dificultad de dirigir apropiadamente la luz hacia el conector. Cattaneo y cols⁽⁴⁷⁾ estudiaron la efectividad de la soldadura infrarroja con respecto al soplete. Concluyeron que no existe diferencia aunque el primero es mejor por el control especialmente cuando la soldadura tiene una temperatura de fusión cercana al del metal madre.

Fúndente:

Se aplica a la superficie del metal para remover óxidos y prevenir la formación de estos. La soldadura está libre para ser humedecida y fluir libremente sobre la superficie metálica limpia. Esta hecha de bórax, ácido bórico y fluoruro de potasio. Se dispone en forma de polvo, pasta o líquido. Los fundentes para aleaciones nobles no son los mismos que para los metales bases porque estos últimos forman capas de óxidos más compactas y difíciles de remover.

Lugar y grosor de corte de un puente:

El lugar del corte de un puente para recibir soldadura es muy importante. Se puede hacer a nivel de los conectores y a nivel del pónico. A nivel de los conectores puede ser un tanto peligroso ya que si no se tiene habilidad, fácilmente se puede perforar los retenedores sobretodo si están delgados. Las soldaduras en el pónico son mejores porque son más estables de realizar especialmente en metales bases y porque al ser 2 zonas de igual espesor, se proporciona mayor superficie de área para recibir la soldadura. Ferencz⁽⁵⁰⁾ hizo un estudio donde hicieron 40 colados de aleaciones metálicas preciosas, semipreciosas y bases a las que le hicieron cortes a nivel del conector mesial, a nivel del pónico con corte diagonal y a nivel del pónico con corte vertical. Luego de soldarlos y someterlos a tensión, se encontró que las uniones a nivel del pónico sin importar la forma del corte son más fuertes que a nivel del conector.

Es necesario proveer contornos y espacios adecuados (0.25 mm) para aumentar al máximo el flujo de la soldadura entre las unidades a unir. Como la soldadura fluye por capilaridad, hay que dar el espacio suficiente para que fluya. Espacios muy grandes son difíciles de rellenar además que por ser demasiada soldadura, se puede contraer y distorsionar. Un lineamiento mínimo para un conector hecho con soldadura es que mida 3 mm en sentido vestibulo-lingual y 2 mm en sentido ocluso-apical. Se aconseja fabricarlo tan grande como se pueda para aportar resistencia adecuada que soporte los pónicos durante función.

Pre y Postsoldadura:

- Presoldadura: se hace antes de aplicar la porcelana y los pasos subsecuentes son iguales a que la prótesis hayan sido hechas de una sola pieza. Requiere una soldadura de temperatura de fusión menor al metal pero mayor que la temperatura de aplicación de porcelana; generalmente se funden entre 1110-1127°C. Generalmente se usa un soplete que calienta las unidades a unir incrustadas en investimento precalentado en horno. La llama no debe de fijarse en un solo lugar sino mantenerse en movimiento de vestibular a lingual recordando siempre que al colocar la soldadura, esta corre hacia las zonas mas calientes siguiendo a la llama; una llama difusa en forma de “brocha” sirve para el calentamiento inicial mientras que una más pequeña y definida es buena para el calentamiento final. Desventajas de la presoldadura son la dificultad de controlar el calentamiento uniforme y el fluido de la soldadura y que en puentes de tramos largos podría haber cierta deformación a causa de las altas temperaturas.
- Postsoldadura: es necesaria cuando unidades de oro se combinan con otras de metal/cerámica para evitar fundir el oro durante los cocimientos de la porcelana. La soldadura en horno es más adecuada para una aplicación térmica uniforme y regulada. La soldadura se coloca en medio de las piezas a unir y todo el conjunto se calienta. La desventaja es que no se controla el tiempo en que la soldadura fundida contacta el metal, disolviéndose y debilitando la unión. Se requiere obtener el contorno, color y textura definitiva de la porcelana antes de soldar. Se utilizan los mismos procedimientos de investimento e índices que la presoldadura con la excepción de que como el investimento reacciona con la porcelana, esta última se debe de proteger con cera para evitar contaminación. Generalmente son soldaduras de baja fusión (710-743°C).

Una vez hecha la soldadura, se deja enfriar por 5 minutos y luego se sumerge en agua.

Se estableció que a pesar de que las presoldaduras eran ligeramente más fuertes que la postsoldadura, mas fallas ocurrían en la primera debido a las diferencias en las temperaturas de fusión entre la soldadura y el metal madre ⁽⁴⁶⁾. Rosen ⁽⁴⁹⁾ dijo que la postsoldadura es mas fuerte por el factor de control de la temperatura. El problema con la soldadura con soplete es que como no se puede controlar la temperatura, se sobrecalienta y se volatilizan componentes de la soldadura que tienen un menor punto de fusión que otros componentes y por lo tanto, en estudios microscópicos se encuentran poros y granos grandes. Con la postsoldadura hay menos huecos y estructura granular fina. Monday y Asgar ⁽⁴⁸⁾ dijeron que la postsoldadura obtuvo bajos valores en cuanto a resistencia a la tensión debido al calentamiento y enfriamiento lento necesario para no rajarse la porcelana ya aplicada, ya que favorece la oxidación; además su contenido en cobre es altamente oxidable. Hasta la fecha no hay acuerdo acerca de cuál tipo de soldadura es mejor.

Evaluación de una soldadura:

Si la soldadura no fluye y ha formado una pelota, no hay que seguir calentando porque la soldadura se ha oxidado y mayor temperatura fundiría el resto del colado.

La evaluación final de la soldadura consiste en lo siguiente:

- Grosor del conector correcto.
- Ausencia de soldadura en oclusal o márgenes.
- Dureza suficiente al tratar de ser quebrados con los dedos.

Bibliografía

Libros:

1. Phillips. La ciencia de los materiales dentales de Skinner. 8 edición. Editorial Interamericana.
2. Anusavice. La ciencia de los materiales dentales de Phillips. 10 edición. Editorial Interamericana.
3. Craig. Dental Materials. 10 edition. Mosby-Year book
4. McLean. Science and Art of Dental Porcelain. Vol. I y II. Quintessence Publishing Co.
5. O'Brien. Simposio de cerámica Dental. Clinicas Dentales de Norteamérica. Vol 29(4), Octubre 1985.
6. Stein. cerámica Dental. Clinicas Dentales de Norteamérica. Vol 21(4), Octubre 1977.
7. Naylor. Introduction to Metal Ceramic Technology. Quintessence Publishing. Co.
8. Rhoads, Rudd, Morrow. Dental Laboratory Procedures, Vol 2. CV Mosby 1986.
9. Rosenstiel, Land, Fujimoto. Contemporary Fixed Prosthodontics. 2 edición. Mosby Year Book 1995.
10. Lopez Alvarez. Tecnicas de laboratorio en protesis fija. 1 edición 1987.
11. Reisbick. Materiales dentales en Odontología clínica. Manual Moderno 1985.
12. Touati, Miara, Nathanson. Odontología estética y restauraciones cerámicas. Editorial Masson 2000.
13. Rosenstiel. Contemporary fixed prosthodontics. 2 edition. Mosby-Year book.
14. Shillingburg. Fundamentals of fixed prosthodontics. 3 edition. Quintessence Books.
15. Lemire, Burk. Color in Dentistry. The J.M. Ney Co.
16. Preston. Color and esthetics. Dental porcelain: the state of the art. Yamada. The university of Southern California Press. 307-315.
17. Macchi. Materiales Dentales. Fundamentos teoricos. Editorial Medico Panamericana. 1988.

Articulos:

18. Nelly, Nishimura, Campbell. Ceramics in Dentistry: Historical roots and current perspectives. J. Prosthet Dent. 1996;75(1):18-32.
19. Al-Wahadni, Muir. Glazing and finishing dental porcelain: a literature review. J. Can Dentl Assoc.
20. Finesse Scientific Manual, Ceramco, Dentsply International
21. IPS d.SIGN. Documentacion científica. Ivoclar Vivadent 1999.
22. IPS Empress 2. Documentacion científica. Ivoclar Vivadent 1999.
23. Edelhoff. Estructuras de puentes y coronas de ceramica inyectada de alta resistencia. Quintessenz 1999; 50(2):177-89
24. Signature Internacional 1999; 4(1)
25. Signature Internacional 2000; 7(1)
26. Advances in dentistry. Finesse all ceramic. Advertising supplement. Ceramco, Dentsply International.

27. Pröbster, Diehl. Slip Casting alumina ceramics for crown and bridge restorations. *Quintessence Int.* 1992; 23(1): 25-31.
28. McLaren: Glass infiltrated Zirconia/alumina based ceramics for crown and fixed partial dentures. *Pract. Periodont Aesthet Dent* 1999; 11(8): 985-94.
29. McLaren. All ceramic alternatives to conventional metal ceramic restorations. *Compend Contin Educ Dent* 1998; 19(3): 307-26.
30. Malament, Grossman. The cast glass-ceramic restoration. *J. Prosthet Dent.* 1987; 57(6): 674-82.
31. Andersson and cols. Procera: una nueva formula para las coronas de ceramica total. *Quintessence (ed. Esp.)* 1999; 12(9): 567-79.
32. Internacional Standard ISO 6872: Dental Ceramics. 1995
33. Internacional Standard ISO/FDIS 9693: Metal Ceramics Dental Restorative Systems. 1999.
34. Burke and cols. Dentin bonded all ceramic crowns: current status. *JADA* 1998; 129(4): 455-60.
35. Buldrini. Ventaja de una ceramica de bajo punto de fusion. *Quintessence tecnica (ed. Esp.)* 1998; 9(9): 503-10.
36. Lerner. Enhanced esthetics with a low wear ceramic system. *Contemporary eshtetics and Restorative Practice.* 2000. April:1-3.
37. Low fusing porcelain-metal crowns-1 year report. *CRA* 1999; 23(2):1-2.
38. McLean. Evolution of dental ceramics in the twentieth century. *J. Prosthet Dent* 2001; 85: 61-6.
39. Van Dijken. All ceramic restorations: classification and clinical evaluations. *Compend Contin Educ Dent* 1999; 20(12): 1115-1134.
40. Jones. Brief overview of dental ceramics. *J Can Dent Assoc* 1998; 64: 648-50
41. Ceramco. Shoulder Porcelain instructions.
42. Vita. Documentacion cientifica In *Ceram.*
43. van Niekerk. Aleaciones a base de oro y otras aleaciones de colado para coronas y puentes. Algunos apuntes tecnicos. *Quintessenz Zahntech* 1997; 23: 1267-73.
44. Baran. The metallurgy of Ni-Cr alloys for fixed prosthodontics. *J Prosthet Dent* 1983; 50(5):639-650.
45. Cho. Efficient soldering index materials for fixed partial dentures and implant substructures. *J. Prosthet. Dent.* 1995; 73: 424-7.
46. Ziebert. Accuracy of one piece castings, preceramic and postceramic soldering. *J. Prosthet. Dent.* 1986; 55: 312-317.
47. Cattaneo. Comparison of tensile strenght of solder joints by infrared and conventional torch technique. *J. Prosthet. Dent.* 1992; 68: 33-7
48. Monday. Tensile strenght comparison of presoldered and postsoldered joints. *J. Prosthet. Dent.* 1986; 55: 23-27.
49. Rosen. Ceramic/metal solder connectors. *J. Prosthet. Dent.* 1986; 56: 671-677.
50. Ferencz. Tensile strenght analysis of midpontic soldering. *J. Prosthet. Dent.* 1987; 57: 696-703.

