



Dra. M.ª Isabel Sánchez Jorge
 MÁSTER EN PRÓTESIS BUCOFACIAL
 Dra. Raquel Castillo de Oyagüe
 PROFESORA ASOCIADA
 Dr. Andrés Sánchez Turrión
 PROFESOR TITULAR
 Dra. M.ª del Carmen García Fernández
 COLABORADORA HONORÍFICA
 DEPARTAMENTO DE PRÓTESIS DENTAL
 FACULTAD DE ODONTOLOGÍA
 UCM
 Madrid

Métodos CAD/CAM en prótesis

RESUMEN

Son numerosos los sistemas de procesamiento asistidos por ordenador que se han desarrollado en los últimos años, siendo estos una alternativa cada vez más frecuente a los métodos convencionales de laboratorio. Este artículo ofrece una visión general de esta nueva tecnología y sus aplicaciones en la prótesis bucofacial.

ABSTRACT

Many computer-assisted systems have been developed during last years, being an option from conventional methods of prosthetic laboratories. This article is an overview of this new technology and its applications in prosthodontics.

INTRODUCCIÓN. DEFINICIÓN

Los métodos CAD/CAM

son métodos de procesamiento asistidos por ordenador. La palabra CAD/CAM es el acrónimo de Computer Aid Design/Computer Aid Manufacturing: Diseño Asistido por Ordenador/Fabricación Asistida por Ordenador.

Estos sistemas fueron introducidos en el campo de la odontología en 1971 de forma experimental y teórica y fue en la década de los ochenta cuando WH Mörmann, de la Universidad de Zurich (Suiza), y M. Brandestini Brains Inc, Zollikon (Suiza), aplicaron estos sistemas a la clínica desarrollando el sistema Cerec (1). A partir de entonces empiezan a desarrollarse gran cantidad de sistemas, cada vez más sofisticados, que buscan ofrecer al profesional la posibilidad de obtener restauraciones precisas, simplificando los pasos de laboratorio y pudiendo

emplear materiales que no pueden ser manejados con los métodos convencionales.

FASES DEL PROCESO CAD/CAM

Un sistema CAD-CAM

consta de los siguientes pasos:

- Digitalización. La fuente puede ser:
 - El muñón en boca.
 - El muñón en el modelo (Figura 1).



Figura 1. Muñones preparados para su escaneado

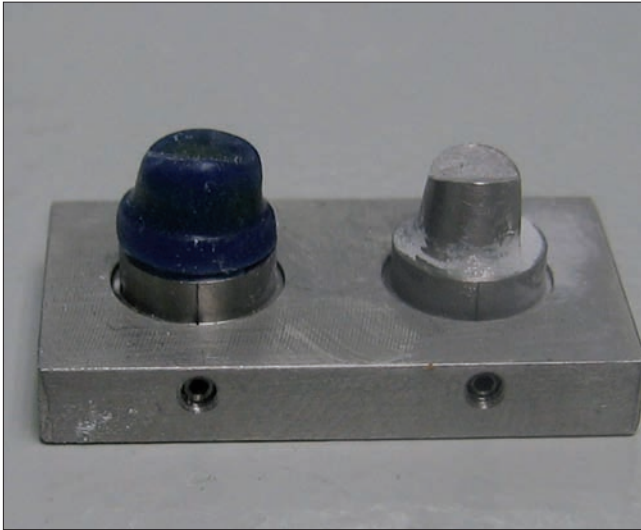


Figura 2. Encerado de la cofia de una corona unitaria

— El encerado de la estructura protésica (Figura 2).

— Modelo completo de la boca del paciente (en prótesis parcial removible).

Además esta digitalización puede ser de tipo:

— Mecánica, como en el sistema Procera.

— Óptica: cámara intrabucal, láser, luz blanca (Figura 3).

En cuanto a los métodos de digitalización, los medios ópticos permiten el



Figura 3. Digitalización óptica (sistema Cercon)

escaneado del objeto sin contactar con el mismo, por lo que presenta una ventaja cuando el objeto es blando o frágil. No obstante, las propiedades ópticas del objeto podrían influir en la exactitud de

los datos obtenidos en el escaneado (2, 3). Peerson y cols comparan la eficacia de la digitalización óptica con la mecánica y encuentran que la exactitud de ambos métodos es similar.

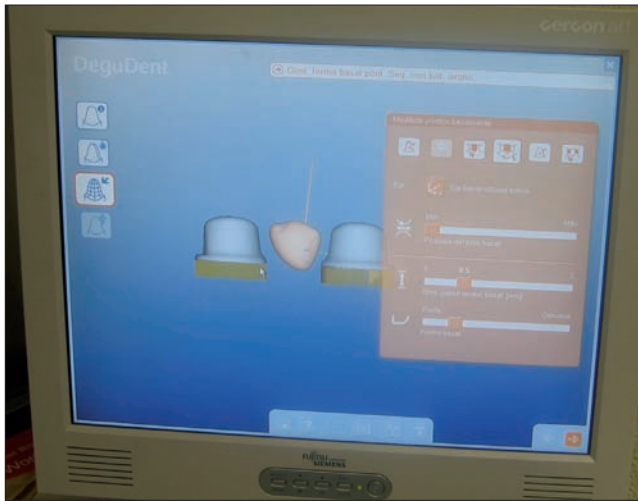


Figura 4. Diseño por ordenador de un puente

• **Diseño por ordenador.** Mediante un software, específico de cada sistema, se diseña la cofia de la estructura protésica. Este paso no se realiza cuando la digitalización es del encerado de la estructura, como ocurre en el sistema Cercon, por lo que no se hablaría de sistema CAD-CAM sino de sistema CAM (Figura 4).

• **Mecanizado.** En el caso de la cerámica puede realizarse el fresado de un bloque presinterizado o sinterizado (Figura 5). El uso de bloques presinterizados conlleva un

menor desgaste de las frezas del sistema, así como un menor tiempo de fresado. El proceso de mecanizado se combina con la electroerosión para el modelado interno de la cofia, cuando el material empleado es titanio (4-7). Además de cerámica y titanio, estos sistemas pueden mecanizar otros materiales como el composite y el cromo-cobalto.

Existen numerosos sistemas CAD-CAM en el mercado (Cerec, Procera, Cercon, Lava, DCS Precident, Kavo Everest, Darby Hint-Els, Darby

Katana, Etkon ES1, Wieland Zeno...). Los sistemas más representativos en nuestro entorno, disponibles en la actualidad, se describirán posteriormente.

VENTAJAS/INCONVENIENTES

Estos sistemas, que requieren un equipamiento específico de cada sistema y costoso, presentan diversas ventajas con respecto a los métodos tradicionales:

- Reducen el tiempo de trabajo al eliminar algunos de los pasos de técnica de laboratorio aún necesarios con los métodos convencionales, como es el caso del encerado, el revestimiento y el colado (8).

- Al suprimir los procesos de encerado, revestimiento y colado pueden evitarse las variaciones que se producen durante dichos procesos, derivadas de la contracción de la cera, del control de la expansión del revestimiento y de la contracción del material colado, variaciones, todas ellas, que afectan al ajuste de la restauración (9-15).

- Permite la obtención

de restauraciones precisas, con valores de ajuste marginal dentro de los límites clínicamente aceptables (< 120 μ m).

- Los sistemas CAD/CAM permiten el empleo de distintos materiales, según el sistema: cerámica, resina compuesta, titanio comercialmente puro e incluso cromo cobalto (sistema Etkon de Etkon USA, Dentacad de HintEls, Zeno 4820 de Wieland), siendo el más ampliamente utilizado la cerámica.

- Estos métodos pueden aplicarse en diversos campos de la prótesis, como se comentará posteriormente: prótesis fija sobre dientes naturales (uso más común), implantología, prótesis parcial removible, prótesis maxilofacial.

Los principales inconvenientes de estos métodos son:

- El requerimiento de un equipamiento específico de cada sistema y costoso.

- La necesidad de entrenamiento en el empleo de cada sistema.

- Inicialmente estos sistemas producían restaura-



Figura 5. Restauración mecanizada en bloque de cerámica



Figura 6. Estructura de titanio implantorretenida



Figura 7. Coronas Procera (12-22)



Figura 9. Rehabilitación con restauraciones totalmente cerámicas y ataches cerámicos

ciones con inadecuada adaptación marginal y con falta de ajuste interno, pero los avances tecnológicos y los nuevos softwares han minimizado estos problemas(16), consiguiéndose con estos métodos restauraciones con un buen ajuste marginal, superior al conseguido en estructuras convencionales. Por ello, no podemos considerar actualmente este aspecto como un inconveniente.

MATERIALES QUE PUEDEN MECANIZAR LOS SISTEMAS CAD/CAM

Los materiales que pueden utilizar estos sistemas son fundamentalmente cerámi-

ca, resina compuesta y titanio, según el sistema. Algunos sistemas pueden mecanizar también cromo-cobalto (sistema Etkon de Etkon USA, Dentacad de HintEls, Zeno 4820 de Wieland):

- **Resina compuesta.** La introducción de bloques de composite (MZ100, Paradigm) para las técnicas CAD/CAM ofrece una alternativa a la cerámica en la obtención de inlays, onlays, carilla y coronas (17-19).

- **Titanio.** El empleo del titanio en prótesis ofrece ventajas entre las que destacan su biocompatibilidad, siendo una buena alternativa en pacientes



Figura 8. Atache elaborado con el sistema Cercon Smart Ceramics

alérgicos a las aleaciones convencionales (20-22), su elevada resistencia a la corrosión, su baja densidad, su baja conductividad térmica, radiotransparencia y su alta resistencia mecánica (4, 23-26), pero su uso está limitado principalmente por las dificultades de colado, que pueden comprometer el ajuste de las restauraciones de titanio. Estas dificultades vienen derivadas de su elevado punto de fusión (1.672 °C) y su alta reactividad a temperaturas elevadas. El titanio reacciona rápidamente con los elementos de los materiales de revestimiento convencionales y con el oxígeno, conllevando una reducción en su ductilidad y cambios en su resistencia, por lo que debe colarse en un equipo especial con gas inerte y emplear revestimientos especiales, con óxidos térmicamente estables como el de magnesio, la alúmina, zirconia e itria (4-6, 23-25, 27, 28). La posibilidad de mecanizar el titanio, evita los problemas que surgen durante su colado y por tanto, el titanio mecanizado constituye una valiosa alternativa frente al titanio colado (5-7, 29, 30) (Figura 6).

Puede mecanizarse titanio para su empleo tanto en prótesis fija convencional como en prótesis fija sobre implantes.

- **Cromo-cobalto** Algunos sistemas, como el Etkon de Etkon USA, Dentacad de HintEls o el sistema Zeno 4820 de Wieland, pueden mecanizar cromo-cobalto, ya sea para estructuras de prótesis fija o de prótesis parcial removible.

- **Cerámica.** La cerámica es el material más comúnmente empleado por los sistemas CAD/CAM. El empleo de las restauraciones cerámicas es cada vez más frecuente en las consultas odontológicas debido fundamentalmente a su excelente estética (31-39). No obstante, su uso generalizado como material restaurador está aún limitado por la presencia de algunos problemas de tipo mecánico y funcional como su fragilidad (40-42). La aparición de nuevos materiales cerámicos cada vez más resistentes, así como el desarrollo de métodos de procesamiento asistidos por ordenador nos encamina a un futuro próximo donde el uso de estas restauraciones será masivo en la actividad clínica diaria. En la actualidad la mayoría



Figura 10. Barra para sobredentadura elaborada con el sistema Cercon

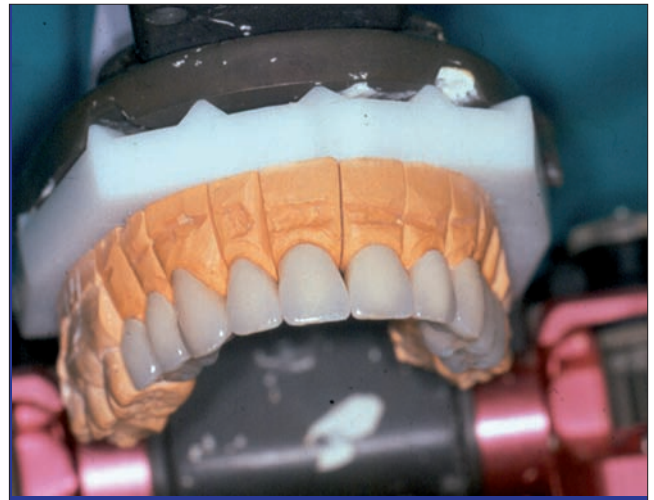


Figura 11. Coronas In-Ceram Alumina



Figura 12. Cofias de coronas Procera Alumina



Figura 13. Cofias y coronas terminadas de Procera Alumina

de los sistemas cerámicos existentes en el mercado son válidos para restauraciones unitarias de dientes anteriores. Es en zonas posteriores y puentes donde debemos ser especialmente cautos a la hora de seleccionar el sistema cerámico, debiendo inclinarnos por aquellos que ofrecen más resistencia. La resistencia a la fractura es uno de los aspectos más estudiados en relación a los sistemas cerámicos (43-48). Para conseguir restauraciones con resistencia elevada, se introdujeron los materiales aluminosos de alta resistencia como el sistema Pro-cera Allceram (alúmina de gran pureza, 99,9%) y el

InCeram (cerámica aluminosa con infiltración vítrea), los feldespáticos de alta resistencia (IPS Empress II, IPS emax) y los más recientes a base de óxido de circonio (Procera AllZirkon, InCeram YZ, Lava, Cercon, DC-Zirkon, IPS emax ZirCAD), elaborados mediante tecnología CAD/CAM.

Recordemos que las cerámicas pueden clasificarse en función a distintos criterios (34, 41, 42):

— Por un criterio locoregional de aplicación de la cerámica: porcelanas para dentina, esmalte, incisales, opacas, correctoras, para glaseado, para maquillaje.

— En función a la tem-

peratura de sinterización: alta (>1.300 °C), media (1.050-1.300 °C), baja (850-1.050 °C), muy baja (<850 °C), ambiente.

— Según su composición química: feldespáticas, aluminosas, zirconiosas.

— Por la técnica de confección: condensación, sustitución a la cera perdida, sistemas CAD/CAM.

En cuanto a las restauraciones totalmente cerámicas, estos sistemas suponen una alternativa a los métodos convencionales de condensación y de sustitución a la cera perdida (por colado o inyección a presión) (40, 41, 49-51) en la confección de cofias de alta resistencia que posterior-

mente serán recubiertas de cerámica convencional mediante técnica de capas.

APLICACIONES DE LA TECNOLOGÍA CAD/CAM

Estos métodos pueden aplicarse en diversos campos de la prótesis: prótesis fija sobre dientes naturales (uso más común), implantología, prótesis parcial removible, prótesis maxilofacial:

- **Prótesis fija sobre dentición natural.** Es la aplicación más frecuente de estos sistemas. Mediante los métodos CAD/CAM pueden elaborarse inlays, onlays, carillas, coronas y puentes, e incluso ataches (Figuras 7-9).

- **Implantoprótesis.** Permiten la elaboración de pilares de implantes, coronas y puentes implantorretenidos y supraestructuras protésicas —estructuras metálicas para prótesis híbridas (52), barras para sobredentaduras— (Figura 10)

- **Prótesis parcial removable.** Permite la confección de estructuras metálicas (53).

- **Prótesis maxilofacial.** Actualmente se está estudiando su utilidad en este campo (54).

PRINCIPALES SISTEMAS CAD/CAM

Existen numerosos sistemas CAD-CAM en el mercado (Cerec, Procera, Cerecon, Lava, DCS Precident, Kavó Everest, Darby Hint-Els, Darby Katana, Etkon ES1, Wieland Zeno...). Los sistemas más representativos en nuestro entorno, disponibles en la actualidad se describen a continuación:

— **SISTEMA CEREC** (Sirona Dental). Este sistema se desarrolló a principios de los años 80 (55). Actualmente hay dos versiones, el Cerec 3, introducido en el año 2000, de uso en la consulta, y el Cerec inLab para

uso en el laboratorio protésico, presentado en 2002.

El Cerec 3, una vez preparado el diente, efectúa la lectura óptica de la preparación mediante una cámara intraoral con la que cuenta el sistema. La información es recogida y procesada en un ordenador que transmite la información a un instrumento rotatorio, que fresará la restauración según el diseño realizado por ordenador. En pocos minutos la máquina talla de un bloque de cerámica o composite la restauración. Este sistema puede usar los siguientes bloques: VITABLOCS Mark II (porcelana feldespática de grano fino), VITABLOCS Triluxe (cerámica caracterizada por su gradación de sombras: cuerpo, esmalte y cuello) (56, 57), ProCAD Blocks (cerámica reforzada con leucita), 3M ESPE Paradigm MZ100 Block (bloque de composite). Con este sistema pueden fabricarse inlays, onlays, carillas y coronas en una sola visita (59). Al realizar la restauración en una sola visita, no se requiere realizar restauraciones provisionales, ni esperar los tiempos de laboratorio (56, 60).

El sistema Cerec inLab presenta una unidad de fresado similar a la del Cerec 3 pero incorpora además un escáner láser para escanear el modelo. Una vez escaneado el modelo, un programa informático diseña la restauración que se obtendrá a partir de bloques cerámicos. El software propone un diseño de cofia que puede modificarse si se desea. El Cerec inLab permite fabricar cofias de coronas individuales y de puentes de hasta 3 unidades. El escáner puede leer un área de hasta 40 mm x 20 mm.

Actualmente Sirona ha incorporado un nuevo escáner, el Cerec InEos (61), más rápido y que permite la lectura de modelos de dientes individuales, de cortes a sierra, de mandíbulas enteras y de mandíbulas antagonistas.

Los bloques usados por este sistema son de la línea de productos de In-ceram: VITA In-Ceram Alumina, VITA In-Ceram Spinell, VITA In-Ceram Zirconio, VITA In-Ceram YZ. Son bloques presinterizados, lo que hace que sean más fácilmente fresados, ya que esta cerámica no alcanza la fuerza máxima hasta el

infiltrado vítreo (40 minutos).

Una vez realizada la cofia, y el infiltrado vítreo, ésta es recubierta con porcelana VITADUR ALPHA (16, 57, 59) (Figura 11).

Asimismo, el sistema Cerec InLab puede emplear los bloques IPS emax CAD (bloque de vitrocerámica a base de disilicato de litio) y IPS emax ZirCAD (cerámica circoniosa estabilizada con itrio) de la casa Ivoclar. Como los de la casa Vita, estos bloques también son presinterizados, facilitando su fresado (57, 63).

Dado que el proceso de sinterizado conlleva una contracción de aproximadamente el 20 por ciento, el sistema Cerec InLab, fresa una estructura sobredimensionada, que posteriormente, tras la sinterización a alta temperatura, contraerá hasta su tamaño final obteniendo sus propiedades definitivas.

Las cofias realizadas con los bloques IPS emax CAD y ZirCAD, son recubiertos con la cerámica IPS emax Ceram (57, 63).

— **SISTEMA PROCERA** (Nobel Biocare). En el laboratorio un sensor efectúa una impresión digital del muñón del modelo. Se



Figura 14. Cercon Brain



Figura 15. Puente anterior elaborado con Cercon Smart Ceramics



Figura 16. Cercon Eye

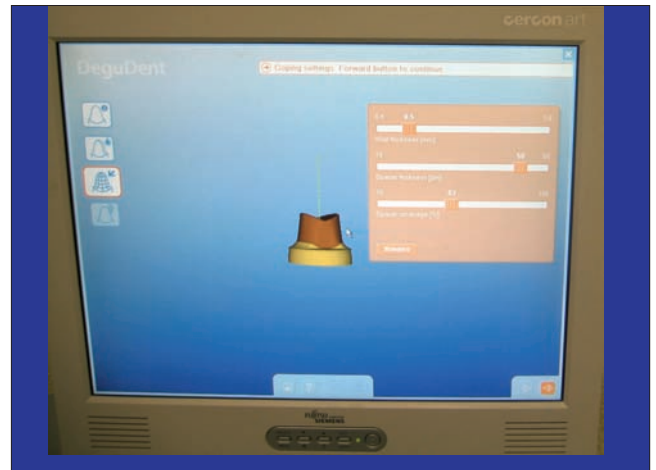


Figura 17. Diseño por ordenador de una restauración unitaria

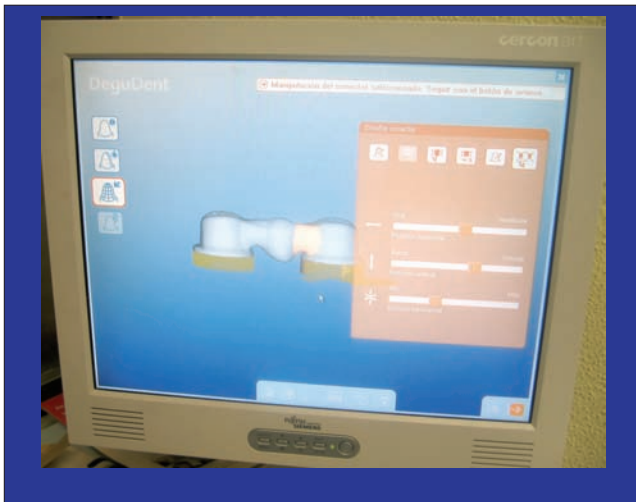


Figura 18. Diseño por ordenador de un puente



Figura 19. Unidad de fresado y horno de sinterizado del sistema LAVA

trata de un explorador de barrido mecánico sensible; una aguja, en cuyo extremo se encuentra una pequeña esfera de zafiro de un diámetro de 1,5 mm, que recorre la superficie y transmite las coordenadas al ordenador. Explora el muñón de yeso en el eje de rotación y con un ángulo de 45°, mientras que la sonda sube lentamente por el eje de rotación. La posición de la varilla exploradora se registra 360 veces en cada rotación. Una preparación requiere alrededor de unas 50.000 mediciones para que la digitalización sea fiable (8, 64) (Figura 17). Este sistema presenta una

contracción del 15-20 por ciento, que debe compensarse con el aumento proporcional del tamaño del muñón (40, 65, 66).

La información obtenida por la exploración mecánica del muñón es almacenada y procesada mediante ordenador y enviada a un laboratorio sueco. En este laboratorio se crea un modelo refractario con la magnificación necesaria para compensar la contracción producida por el prensado en seco y sinterización del material cerámico (16, 66, 67).

Se elabora el núcleo de la restauración que es remitida al laboratorio, donde

se recubrirá de cerámica NobelRondo alumina/zirconia, cerámica de gran resistencia (120 MPa) por la técnica de capas, dada la opacidad de la cofia (41).

Además de cerámica este sistema puede emplear titanio comercialmente puro tipo 2 para coronas individuales y puentes de pequeña extensión. El mecanizado externo de la cofia es seguido de la electroerosión para el modelado interno de la misma (26, 69).

Así pues, dentro de este sistema encontramos (68):

A) Procera Crown Alumina y Procera Bridge Alumina. Estas cerámicas pre-

sentan un núcleo de alumina de alta pureza densamente sinterizado, con un contenido en óxido de aluminio de 99,9 por ciento, lo que le confiere una gran resistencia. Procera Bridge Alumina permite la confección de puentes de hasta cuatro unidades en la región anterior, de premolar a premolar. (Figuras 12 y 13)

B) Procera Crown Zirconia y Procera Bridge Zirconia. Este sistema consta de una estructura de óxido de circonio densamente sinterizado (95% de óxido de circonio estabilizado con un 5% de óxido de itrio). Procera Bridge Zirco-

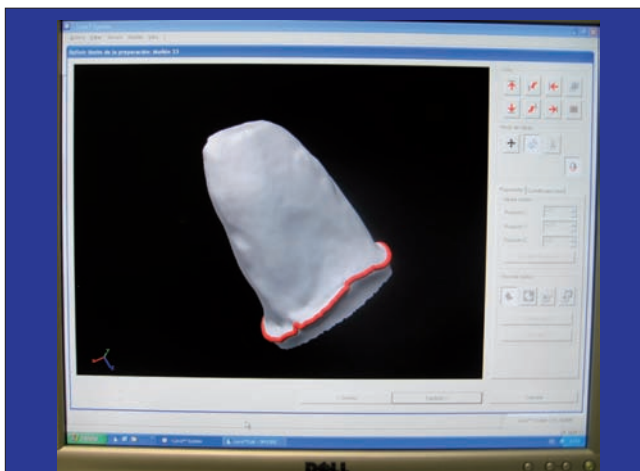


Figura 20. Software de diseño de la estructura en el sistema LAVA



Figura 21. Horno LAVA Therm

nio permite la fabricación de puentes anteriores y posteriores de hasta nueve unidades (25x60 mm).

C) Procera AllTitan. Titanio comercialmente puro tipo 2.

El sistema Procera también permite fabricar aditamentos para los implantes Nobel Biocare (68): Pilar Procera Abutment de zirconio y titanio. Además, hay disponibles pilares procera de titanio y zirconio para los sistemas de implantes Straumann® Regular Neck de 4,8 mm, y Camlog® de 3,3, 3,8, 4,3, 5,0, 6,0 mm. También hay disponibles pilares procera de titanio para el sistema de implantes Astra Tech® 3,5ST, 4,0ST, 4,5ST, 5,0ST mm.

Además de pilares permite la confección de puentes sobre implantes, tanto de zirconio como de titanio: Procera Implant Bridge Titanium y Procera Implant Bridge Zirconia.

— CERCON SMART CERAMICS (Densply). Hasta ahora, este sistema requería el encerado de la estructura protésica, ya que no diseñaba la cofia y por tanto, no se leía el muñón sino que se escaneaba directamente el encerado, por lo que no

Nombre del sistema		Compañía	Digitalización	Objeto escaneado	Materiales que mecaniza	Estado del material cerámica empleado
Cerec	Cerec 3	Sirona	Cámara intraoral	Muñón en boca	Cerámica/composite	Presinterizado
	Cerec In Lab		Láser	Muñón en modelo	Cerámica	Sinterizado
Procera		Nobel Biocare	Mecánica	Muñón en modelo	Cerámica/titanio	Presinterizado
Cercon		Dentsply	Láser	Encerado Muñón en modelo	Cerámica	Presinterizado
Lava		3M Espe	Óptica. Luz blanca	Muñón en el modelo	Cerámica	Presinterizado
DCS Precident		DCS	Mecánica Láser	Muñón en el modelo	Cerámica/composite/titanio	Sinterizado

Tabla 1

era un sistema CAD propiamente dicho. A continuación, en la unidad Cercon Brain se mecanizaba una cofia magnificada (20%) a partir de un bloque de cerámica circoniosa parcialmente sinterizado, que posteriormente era llevado hasta su temperatura de sinterización (1.350 °C) en la unidad Cercon Heat, experimentando una contracción, quedando así adaptado al modelo maestro. La estructura de zirconio posteriormente es recubierta con la cerámica Cercon Ceram S (16, 70). Este sistema permite la fabricación de puentes de 6-7 unidades o puentes de

hasta 47 mm de longitud anatómica (70) . (Figuras 14 y 15).

Recientemente se ha introducido un nuevo software (Cercon Art) que permite el diseño de la estructura protésica a partir de la lectura directa del troquel y, por tanto, no requiere el encerado previo de la estructura (Figuras 16-18).

— LAVA ALL-CERAMIC SYSTEM (3M ESPE). Este sistema no requiere el encerado de la estructura, escanea el muñón mediante un escáner óptico sin contacto y diseña la cofia informáticamente. Al igual que en el sistema Cercon y en el sistema Cercon y en el Cerec InLab, se mecaniza, a

partir de un bloque de cerámica circoniosa presinterizada, una estructura de tamaño superior (20%) al definitivo para compensar la contracción de la cerámica al completar su sinterización. Este sistema permite además colorear el núcleo del material en 7 tonos distintos, mientras que en otros sistemas la cofia de óxido de circonio es blanca y opaca (16, 70, 72). Una vez realizada la estructura, ésta será recubierta con la porcelana Lava Ceram (72) (Figuras 19-21).

— DCS Precident (DCS). Usa la cerámica DC Zirkon y también VITA In-

Ceram alumina blanks for DCS. Asimismo, puede emplear titanio comercialmente puro (DC Titan) y composite (DC Tell: composite reforzado con fibra de vidrio) (73). Actualmente el sistema se compone de tres elementos (74): un escáner láser (Preciscan), el software para el diseño de la estructura

(dentform) y la unidad de fresado (Precimill).

Anteriormente presentaba una estación de exploración por barrido mecánica similar al sistema Procera (8). El digitalizador se caracterizaba por ser un sensor mecánico, en forma de sonda de tungsteno, que se movía en los tres ejes y que tenía que ser guiada de

forma manual sobre la superficie (75).

El sistema DCS Precident mecaniza la estructura deseada a partir de un bloque de cerámica sinterizada (16).

En la Tabla 1 se resumen algunas de las características de los sistemas CAD-CAM que han sido comentados.

Además del sistema Cercon Smart Ceramics, otros sistemas, como son el sistema Procera, Kavo Everest y el Etkon, pueden leer el encerado de las estructuras protésicas, además de realizar el escaneado a partir de las preparaciones (76).

AGRADECIMIENTOS

A la empresa Prótesis, SA.

BIBLIOGRAFÍA

- Cadafalch J.** Caracterización microestructural y mecánica de materiales en base a cerámica elaborados por la tecnología CAD-CAM para su utilización en prótesis odontológica. Tesis doctoral 2004. En: www.tdx.cesca.es/TESIS_UB/AVAILABLE/TDX-0302105-123731/02.INTRODUCCI%D3N.pdf
- Willer J, Rossbach A, Weber HP.** Computer-assisted milling of dental restorations using a new CAD/CAM data acquisition system. *J Prosthet Dent* 1998; 80(3): 346-353.
- Persson A, Andersson M, Oden A, Sandborgh-Englund G.** A three-dimensional evaluation of a laser scanner and a touch-probe scanner. *J Prosthet Dent* 2006; 95(3): 194-200.
- Ruiz E, Pessanha G, Ruiz S, Arruda M.** Fit of cast commercially pure titanium and Ti-6Al-4V alloy crowns before and after marginal refinement by electrical discharge machining. *J Prosthet Dent* 2002; 88(5): 467-472.
- Karlsson S.** The fit of Procera titanium crowns. An in vitro and clinical study. *Acta Odontol Scand* 1993; 51(3): 129-134.
- Boening KW, Walter MH, Reppel PD.** Non-cast titanium restorations in fixed prosthodontics. *J Oral Rehabil* 1992; 19(3): 281-287.
- Andersson M, Bergman B, Bessing C, Ericson G, Lundquist P, Nilson H.** Clinician results with titanium crowns fabricated with machine duplication and spark erosion. *Acta Odontol Scand* 1989; 47(5): 279-286.
- Zel, JM.** Comparación entre los sistemas CAD-CAM actuales. *Quintessence técnica* (ed. Esp.), 1999; 10(7): 392-403.
- Grajower R, Lewinstein I.** Effect of manipulative variables on the accuracy of crown wax patterns. *J Prosthet Dent* 1985; 53(2): 168-172.
- Zelster C, Lewinsteins I, Grajower R.** Fit of crown wax patterns after removal from the die. *J Prosthet Dent* 1985; 53(3): 344-346.
- Ito M, Yamagishi T, Oshida Y, Muñoz CA.** Effect of selected physical properties of waxes on investments and casting shrinkage. *J Prosthet Dent* 1996; 75(2): 211-216.
- Ito M, Kuroiwa A, Nagasawa S, Yoshida T, Yamagishi T, Oshida Y.** Effect of wax meeting range and investment liquid concentration on the accuracy of a three-quarter crown casting. *J Prosthet Dent* 2002; 87(1): 57-61.
- Willer J, Rossbach A, Weber HP.** Computer-assisted milling of dental restorations using a new CAD/CAM data acquisition system. *J Prosthet Dent* 1998; 80(3): 346-353.
- Markley MR.** El patrón de cera. *Odont Clin Norte Am* 1960; 6(2): 95-105.
- Milan F, Consani S, Correr L, Sinhoreti M, Sousa-Neto M, Knowles J.** Influence of casting methods on marginal and internal discrepancies of complete cast crowns. *Braz Dent J* 2004; 15(2): 127-132.
- McLaren E, Ferry D.** CAD-CAM systems, materials, and clinical guidelines for all-ceramic crowns and fixed partial dentures. *Compend Contin Educ Dent* 2002; 23(7): 637-653.
- Attia A, Abdelaziz K, Freitag S, Kern M.** Fracture load of composite resin and feldspathic all-ceramic CAD/CAM crowns. *J Prosthet Dent* 2006; 95(2): 117-123.
- Fasbinder DJ, Dennison JB, Heys DR, Lampe K.** The clinical performance of CAD/CAM generated composite inlays. *J Am Dent Assoc* 2005; 136(12): 1714-1723.
- Hamakubo Y, Sawase T, Yoshida K, Kamada K, Taira Y, Atsuta M.** The physical properties of a machinable resin composite for esthetic restorations. *Dent Mater J* 2005; 24(1): 24-29.
- Blanco-Dalmau L, Carrasquillo-Alberty H, Silva-Parra J.** A study of nickel allergy. *J Prosthet Dent* 1984; 52(1): 116-119.
- Bezzon OL.** Allergic sensitivity to several base metals: a clinical report. *J Prosthet Dent* 1993; 69(3): 243-244.
- Garau V, Masala MG, Cortis MC, Pittau R.** Contact stomatitis due to palladium in dental alloys: a clinical report. *J Prosthet Dent*, 2005; 93(4): 318-320.
- Barbosa M, Paulino S, Oliveira V, Bezzon O.** Influence of investment type and sprue number on the casting accuracy of titanium crown margins. *J Prosthet Dent* 2006; 95(1): 42-49.

24. **Wang RR, Fenton A.** Titanium for prosthodontic applications: a review of the literature. *Quintessence Int* 1996; 27(6): 401-408.
25. **Sotero W, Pessanha G, Ruiz E, Ferraz M.** The influence of mold temperature on the fit of cast crowns with commercially pure titanium. *Braz Oral Res* 2005; 19(2): 139-143.
26. **Suárez MJ.** Evaluación del sellado marginal de coronas de titanio colado y mecanizado con dos líneas de terminación. Tesis doctoral, 2003.
27. **Takahashi J, Kiumura H, Lautenschlager EP, Chern JH, Moser JB, Greener EH.** Casting pure titanium into commercial phosphate-bonded SiO₂ investment molds. *J Dent Res* 1990; 69(12): 1800-1805.
28. **Ida K, Togaya T, Tsutsumi S, Takeuchi M.** Effect of magnesia investments in the dental casting of pure titanium or titanium alloys. (Abstract). *Dent Mater J* 1982; 1: 8-21.
29. **Walter M, Boning K, Reppel PD.** Clinical performance of machined titanium restorations. *J Dent* 1994; 22(6): 346-348.
30. **Andersson M, Bergman B, Bessing C, Ericson G, Lundquist P, Nilson H.** Clinician results with titanium crowns fabricated with machine duplication and spark erosion. *Acta Odontol Scand* 1989; 47(5): 279-286.
31. **Chai J, Takahashi Y, Sulaiman F, Chong K, Lautenschlager E.** Probabilidad de fractura de las coronas totalmente cerámicas. *Revista Internacional de Prótesis Estomatológica*, 2001; 3(2): 87-91.
32. **Chiche G, Pinault A.** Prótesis fija estética en dientes anteriores. Editorial Masson 2000.
33. **Schmidseder J.** Atlas de odontología estética. Editorial Masson 1999.
34. **Suárez García MJ, López Lozano JF, Salido Rguez-Manzaneque MP, Serrano Madrigal B.** Coronas de recubrimiento total cerámicas. Criterios de selección. *Rev Eur Odontoestom* 1999; 11(5): 249-257.
35. **Leong P, Dunne J.** An esthetic comparison of a metal ceramic crown and cast metal abutment with an all-ceramic crown and zirconia abutment: a clinical report. *J Prosthet Dent* 2004; 91(3): 215-217.
36. **Little D, Graham L.** Zirconia Simplifying Esthetic dentistry. *Compend Contin Educ Dent* 2004; 25(6): 490-494.
37. **Puchades Roman O, Solá Ruíz MF, Martínez González A, Labaig Rueda C, Fons Font A, Amigó Borrás V.** Estudio de la composición y estructura de las coronas completas de cerámica. *Rev Int Prótesis Estomatológica* 2004; 6(4): 330-338.
38. **Touati B, Miara P, Nathanson D.** Odontología estética y restauraciones cerámicas. Editorial Masson 2000.
39. **Potiket N, Chiche G, Finger M.** In vitro fracture strength of teeth restored with different all-ceramic crown systems. *J Prosthet Dent* 2004; 92(5): 491-495.
40. **Álvarez-Fernández MA, Peña-López, JM, González-González IR, Olay-García MS.** Características generales y propiedades de las cerámicas sin metal. *RCOE* 2003; 8(5):525-546.
41. **Vega JM.** Porcelanas y cerámicas actuales. *RCOE* 1999; 4(1):41-54.
42. **Vega JM.** Materiales en odontología: fundamentos biológicos, clínicos, biofísicos y fisicoquímicos. *Avances* 1996
43. **Luthardt RG, Sandkuhl O, Reitz B.** Zirconia-TZP and alumina-advanced technologies for the manufacturing of single crowns. *Eur J Prosthodont Restor Dent* 1999; 7(4): 113-119.
44. **Tinschert J, Zvez D, Marx R, Anusavice KJ.** Structural reliability of alumina-, feldspar-, leucita-, mica- and zirconia-based ceramics. *J Dent* 2000; 28:529-535.
45. **Luthardt RG, Holzhüter M, Sandkuhl O, Herold V, Schnapp JD, Kuhlisch E, Walter M.** Reliability and properties of ground Y-TZP- Zirconia ceramics. *J Dent Res* 2002; 81(7): 487-491.
46. **Pallis K, Griggs J, Woody R, Guillen G, Miller A.** Fracture resistance of three all-ceramic restorative systems for posterior applications. *J Prosthet Dent* 2004; 91(6): 561-569.
47. **Guazzato M, Albakry M, Ringer S, Swain M.** Strength, fracture toughness and microstructure of a selection of all-ceramic materials. Part I. Pressable and alumina glass-infiltrated ceramics. *Dent Mater* 2004; 20: 441-448.
48. **Gorman CM, McDevitt WE, Hill RG.** Comparison of two heat-pressed all-ceramic dental materials. *Dent Mater* 2000; 16: 389-395.
49. **Craig R.** Materiales de odontología restauradora. Harcourt Brace. Décima edición 1998.
50. **Fons-Font A, Solá-Ruiz MF, Martínez-González A, Casas-Terrón, J.** Clasificación actual de las cerámicas dentales. *RCOE* 2001; 6(6): 645-656.
51. **Aranda R, Bargui N.** An evaluation of four techniques for condensation of three opaque porcelains. *J Prosthet Dent* 1988; 60(1): 29-31.
52. **Moreno A, Méndez JM, Urzainki R.** HTR Genesis ®: un nuevo concepto de tratamiento para la fabricación de estructuras protésicas sobre implantes mediante tecnología CAD/CAM. *Gaceta Dental* 2006; 171: 82-95.
53. **Willians RJ, Bibb R, Eggber D, Collins J.** Use of CAD/CAM technology to fabricate a removable partial denture framework. *J Prosthet Dent* 2006; 96(2): 96-99.
54. **Eggber D, Bibb R, Evans P.** Hacia la identificación de los requisitos de especificación para el diseño digital de prótesis con anclaje óseo que incorpora la fabricación de la subestructura: un estudio piloto. *Rev Int Prot Est* 2006; 8(4): 374-379.
55. **Rekow D.** Dental CAD/CAM systems. A 20-year success story. *JADA* 2006; 137 Suppl: 5s-6s.
56. **Hornbrook D.** Tecnología CAD/CAM en su consulta. *Dent Pract Report (Ed. Española)* 2006; 1(1): 37-43.
57. **Giordano R.** Materials for chairside CAD/CAM-produced restorations. *JADA* 2006; 137 Suppl: 14s-21s.
58. **www.sirona.com/es/ecomaXL/index.php?site=**

SIRONA_ES_sistemas_cad_cam

59. **Fasbinder D.** CAD-CAM ceramic restorations in the operatory and laboratory. *Compend Contin Educ Dent* 2003; 24(8): 595-604.
60. **Trost L, Stines S, Buró L.** Making informed decisions about incorporating a CAD/CAM system into dental practice. *JADA* 2006; 137 Suppl: 32s-36s.
61. www.sirona.com/es/ecomaXL/index.php?site=SIRONA_ES_ineos
62. www.vita-in-ceram.com.
63. www.ivoclarvivadent.com/com/es/products/emax
64. **Suárez MJ, Gonzales d Villaumbrosia P, Pradiés G, Lozano JF.** Ajuste marginal de las coronas de Procera AllCeram. *Rev Int Prótesis Estomatológica* 2003; 5(3):240-244.
65. **Blatz M.** Long-term clinical success of all-ceramic posterior restorations. *Quintessence Int* 2002; 33(6): 415-425.
66. **Odén A, Andersson M, Krystek-Ondracek I, Magnusson D.** Five-year clinical evaluation of Procera All-Ceram crowns. *J Prosthet Dent* 1998; 80(4): 450-456.
67. **Kugel G, Perry R, Aboushala A.** Restoring anterior maxillary dentition using alumina- and zirconia-based CAD/CAM restorations. *Compend Contin Educ Dent* 2003; 24(8): 569-579.
68. www.nobelbiocare.com
69. **Russell MM, Andersson M, Dahlmo K, Razzog ME, Lang BR.** A new computer- assisted method for fabrication of crowns and fixed partial dentures. *Quintessence Int* 1995; 26(11): 757-763.
70. **Kugel G, Perry R, Aboushala A.** Restoring anterior maxillary dentition using alumina- and zirconia-based CAD/CAM restorations. *Compend Contin Educ Dent* 2003; 24(8): 569-579.
71. www.cercon-smart-ceramics.com
72. www.cms.3m.com/cms/ES/es/2-21/FicirFN/view.jhtml
73. www.aestheticprosthetics.com.au/About_Us/DCS/body_dcs.html
74. www.dcs-dental.com/eng/sub/precident.htm
75. **Luthardt R, Sandkuhl O, Herold V, Walter M.** Exactitud de la digitalización mecánica con un sistema CAD/CAM empleado en prótesis fija. *Rev Int Prótesis Estomatológica* 2002; 3(4):283-288.
76. **Flocken E.** Milling for quality. *Buyers Guide*, 2006: 38-52. <http://www.dentalproducts.net/xml/0512/cad-cam0512/cadcam.pdf>