Pedro Julio Jiménez Serrano
Técnico especialista en prótesis dental
Director revista SOPRODEN 1993-1998
Estudiante de Odontología Universidad Complutense de Madrid
Madrid

Nuevas tecnologías en el laboratorio dental

Palabras clave
Nuevas tecnologías, CAD-CAM, cerámica sin metal imagen 3D, comunicaciones, inteligencia artificial, informática aplicada.

Resumen
Aplicaciones prácticas, sencillas y sobre todo cotidianas de las tecnologías actuales en la práctica diaria del laboratorio dental.

Kek words
New technologies, CAD-CAM, metal free ceramic, image 3D, communications, artificial intelligence, applied (hardworking) computer science.

Abstract
Practical, simple daily Applications and overcoat of the current technologies in the daily practice of the dental laboratory.

Introducción

En las siguientes líneas intentaré transmitir mi experiencia personal fruto de los miles de casos resueltos y de no pocos fracasos. Todas las fotografías son de trabajos realizados en mi laboratorio, o de los odontólogos que me los confían y a los que agradezco su ayuda. Al ser un artículo con un gran peso gráfico la lectura de los pies de foto ayudará mucho a la comprensión del texto. Expresamente hablo de forma genérica a veces sin continuidad entre casos y descripciones. No nombro ninguna marca para hablar con total independencia aunque la mayor parte de las imágenes son lógicamente del sistema que más utilizo y que no por ello considero mejor ni peor que otros existentes en el mercado.

París, 1993 -Colonia, 2003

En octubre de 1993 pude ver en París en el 12.º Simposium Internacional de Céramique por primera vez un sistema CAD-CAM comercializado trabajando en directo, fresando incrustaciones de cerámica que previamente había impresionado de boca con la imagen de una cámara intraoral y diseñada por ordenador.

Diez años después en la

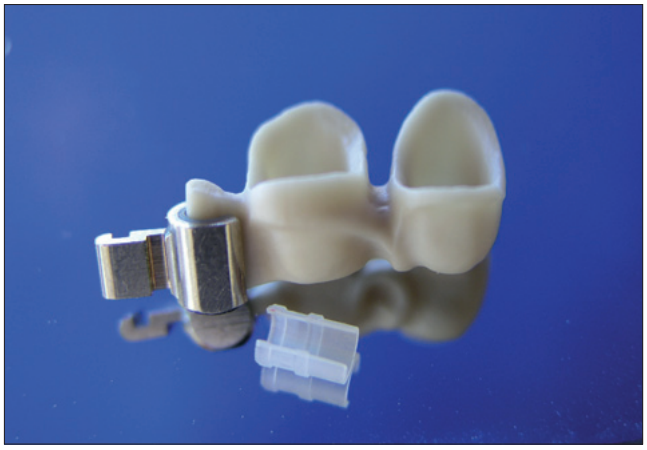

Figura 1. Estructura en alúmina de dos piezas con atache distal unida sin separar del bloque de fresado

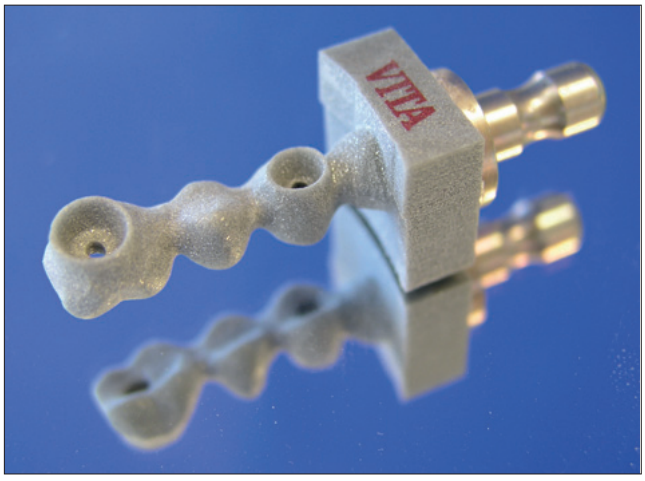

Figura 2. Estructura de 3 piezas sobre implantes cónicos en material plástico desechable para prueba de estructura en boca con visión especular

Figura 3. Estructura posterior de 3 piezas en alúmina

primavera del 2003 la feria dental de Colonia presentaba al menos una docena de sistemas muy evolucionados. En la actualidad ya es posible mecanizar con una perfección técnica considerable prácticamente cualquier tamaño de restauración fija en diferentes materiales (titanio, cromocobalto, zirconio, alúmina, plásticos) (Figuras 1-3) así como supra-estructuras y férulas pre-quirúrgicas para implantes.

No me gusta hablar de nuevas tecnologías, cuando de tecnologías actuales y muy experimentadas es de lo que realmente estamos hablando. Antes de salir al mercado y con versiones tan desarrolladas por los fabricantes es porque hay muchos años de desarrollo detrás y unas importantísimas inversiones en I+D+I, investigación, desarrollo e innovación tecnológica y no sólo en el sector dental, también en el resto de la industria.

Hay algunas personas, tanto técnicos como clínicos, que se muestran reacios a incorporar este tipo de tecnologías bien por desconfianza de los resultados, por desconocimiento de sus posibilidades reales o por parecerles su elevado

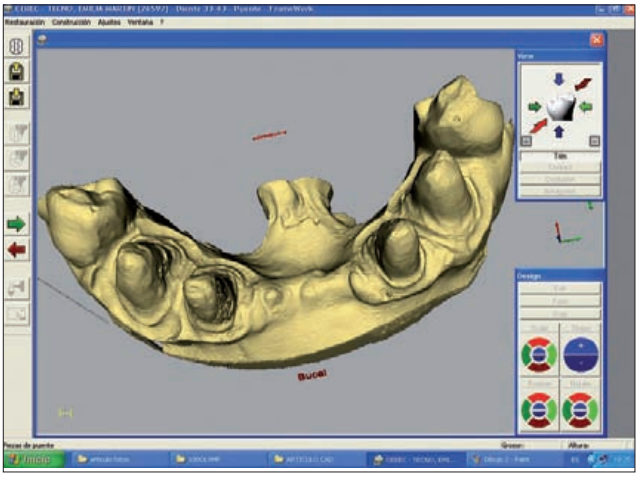

Figura 4. Modelo escaneado en 3D de un grupo de 6 piezas antero-inferior.

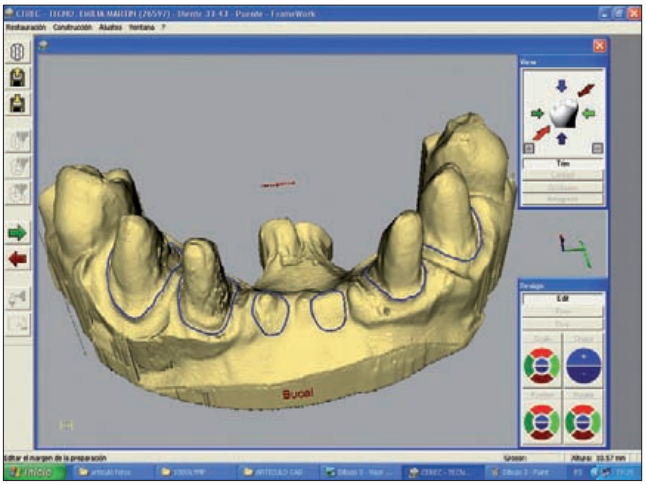

Figura 5. Hemos seleccionado en azul los límites de las piezas enfundadas y los apoyos de las intermedias

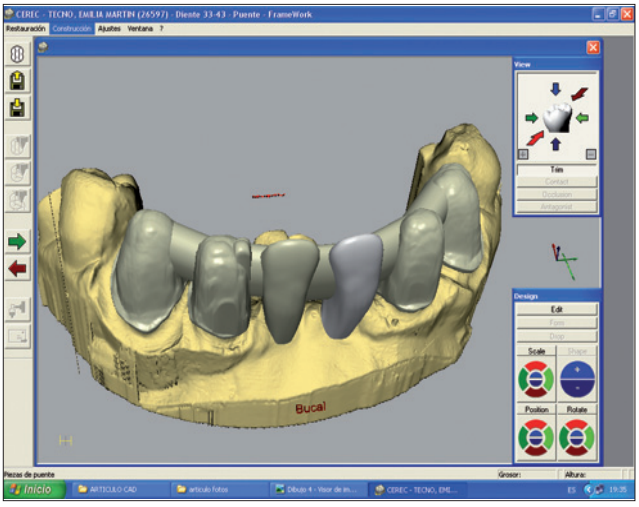

Figura 6. Estructura durante el proceso de diseño. El 31 en color más claro es la pieza sobre la que se está trabajando

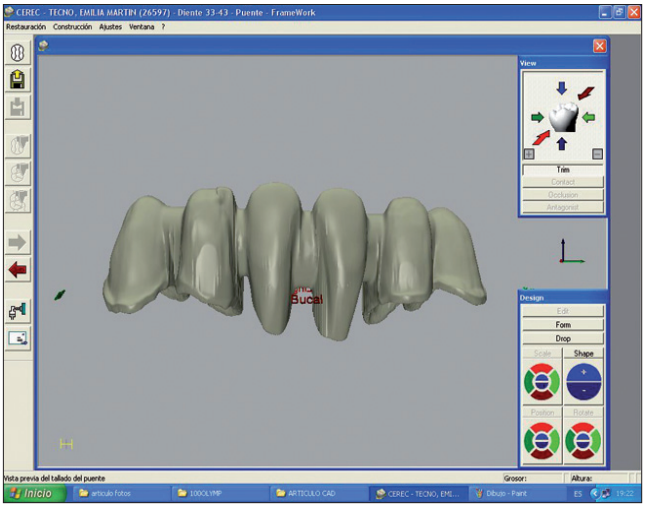

Figura 7. Visión vestibular espacial en 3D del diseño de la estructura

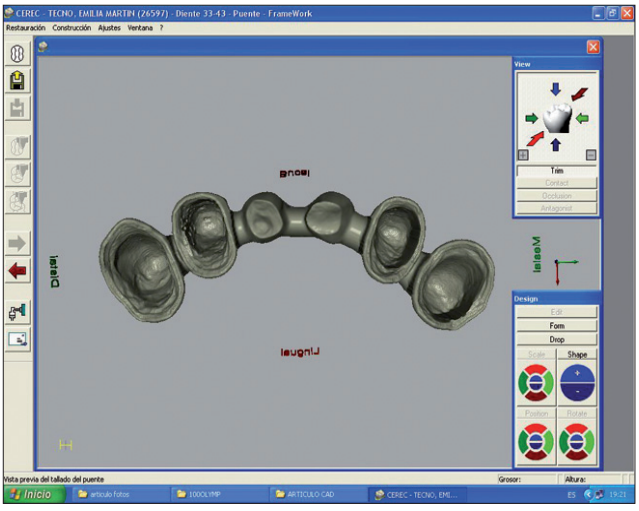

Figura 8. Visión caudal en la que pueden apreciarse los límites de las preparaciones

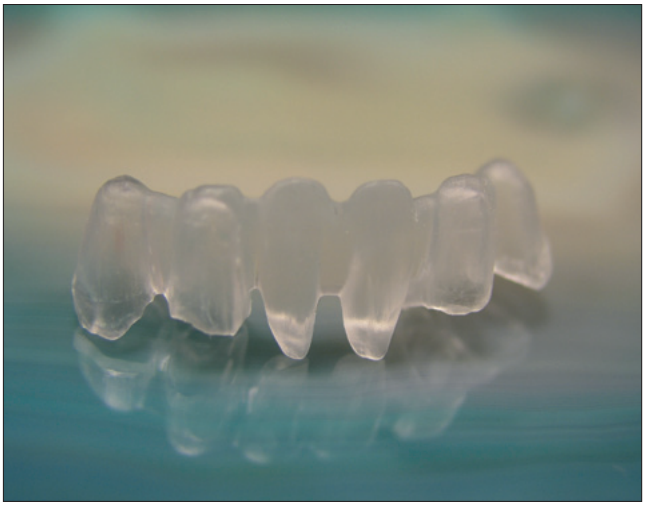

Figura 9. Estructura fresada en material plástico desechable Cad -Wax para prueba de ajuste en boca

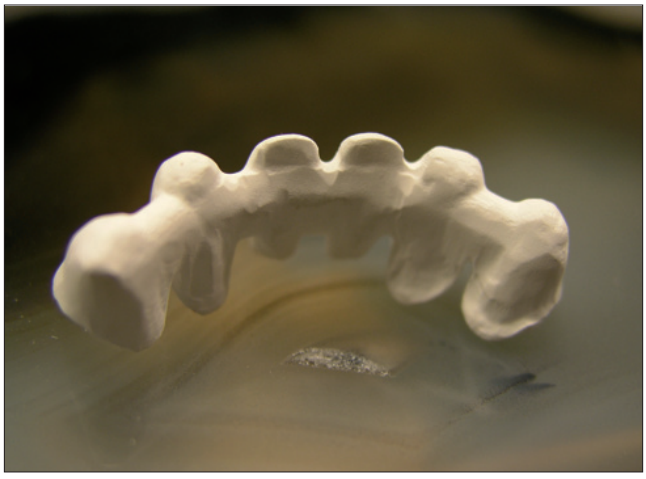

Figura 10. Estructura fresada en alúmina pre-sinterizada

Figura 11. Visión caudal y especular de la estructura de alúmina sinterizada e infiltrada

coste difícil de amortizar. Esta misma disyuntiva se plantea de igual modo en cualquier sector de la actividad económica que estudiemos a la hora de afrontar una inversión en bienes de equipo.

Informatización de la imagen

El desarrollo de la informatización, especialmente de la imagen, mueve sin duda la dinámica de la vida y de la economía en nuestros días. Esta propia revista en pocos años ha pasado de insolar las planchas interponiendo tras el montaje y ajuste, los cuatro fotolitos (cyan, magenta, amarillo y negro) a utilizar CTP Computer to Plate, emulsionando directamente las planchas con láser, ganando calidad y evitando pasos intermedios.

A nivel general ha sido noticia de portada estos días (10/11/2006) en los periódicos de todo el mundo, que Google acuerda la compra de YouTube por más de 1.300 millones de euros. YuTube fue creada hace año y medio y es el buque insignia del éxito del vídeo 'on line' en la actualidad.

A nivel sanitario la Universidad de Navarra y el FENIN (Federación Española de empresas de tecnología sanitaria) celebraron

Figura 12. El puente recubierto de cerámica y terminado

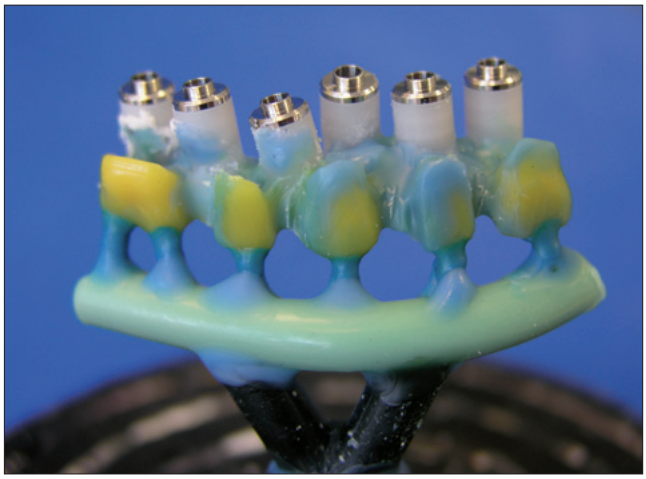

Figura 13. Árbol de cilindro para sobre-colar con metal precioso cilindros de oro mecanizados

Figura 14a. Visión caudal de una estructura de zirconia antero-inferior de 6 piezas con 4 intermedias

Figura 14b. Visión vestibular y especular del puente terminado

Figura 15a. Puente anterior en el que se aprecia la mitad distal de la estructura interna

Figura 15b. Puente posterior en el que también se puede ver en la mitad mesial su estructura interna

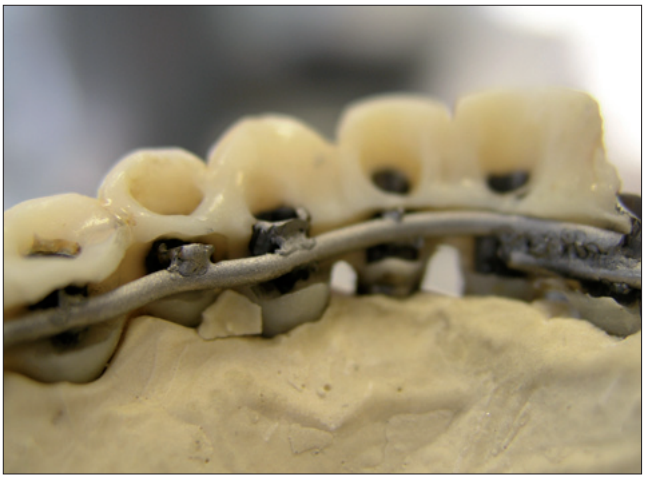

Figura 16. Refuerzo de un gran provisional de acrílico sobre implantes por unión láser (titanio-acero) del refuerzo sin dañarlo

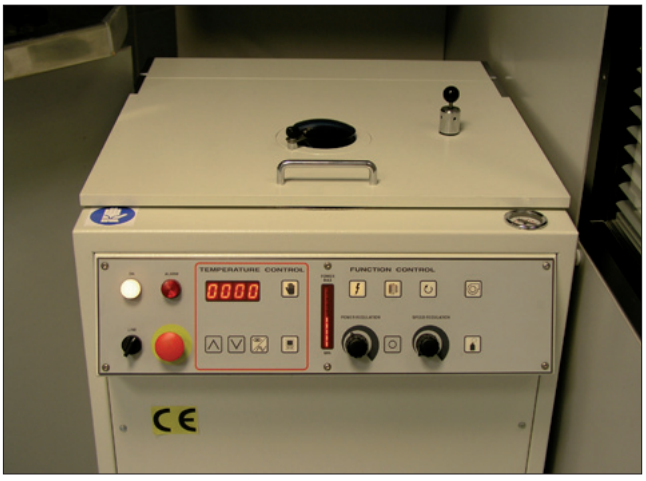

Figura 17. Fundidora de inducción con regulación de temperatura, intensidad, velocidad, vacío y argón

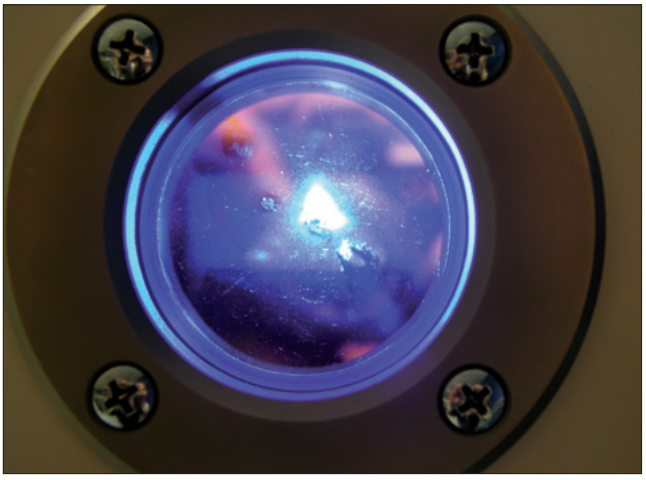

Figura 18. Fundidora de arco voltaico con argón y doble vacío para Titanio puro

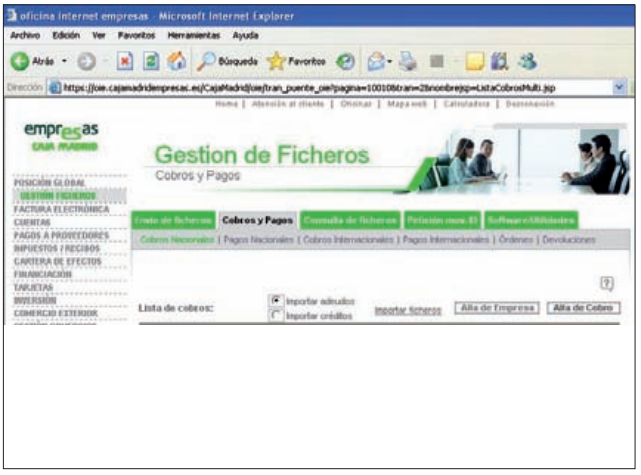

Figura 19a. Gestión de ficheros de una plataforma bancaria para gestión automatizada de cobro y pago

Figura 19b. Las empresas courrier han contribuido al concepto de aldea global acercando las distancias de una manera impensable hace un par de decadas

Figura 20. Puesto de trabajo en laboratorio equipado para CAD-CAM

en Barcelona, el 18 de octubre de 2006, su XIII encuentro de tecnología sanitaria del que se concluye que el sector sanitario mantiene una tendencia de generación e innovación tecnológica al servicio de una prestación sanitaria más eficiente y con mejor calidad.

A nivel dental el congreso nacional de SEPES celebrado los días 12, 13 y 14 en Madrid con millar y medio de asistentes, ha contado con varios cursos de fotografía, imagen digital y PowerPoint, así como varias presentaciones de trabajos y técnicas de CAD-CAM.

CAD-CAM y cerámica metal free

En general en nuestro sector cuando nos referimos a nuevas tecnologías pensamos prioritariamente en sistemas CAD-CAM (CAD, acrónimo de Computer Aided Design; CAM, acrónimo de Computer Aided Manufacturing) sin metal, sobre circonio y alúmina, es decir, sistemas con diseño asistido por ordenador y con fabricación robotizada, que será el tema de desarrollo, pero no sin antes nombrar algunas otras tecnologías "nuevas" a modo de ejemplo, no directamente relacionadas con estos sistemas que utilizan la imagen y su tratamiento informático y que también utilizamos en el laboratorio (Figuras 4 a 12).

Los sistemas Cad-Cam para metal están muy desarrollados, pero cuentan con el inconveniente de competir con las técnicas de colado muy arraigadas en el laboratorio y de excelentes resultados (Figura 13), mientras que en cerámica sin metal el Cad-Cam es prácticamente el único sistema para hacer estructuras grandes (Figuras 14a y 14b). Hay sistemas semi manuales con barbotina y semi automatizados por electroforesis que permiten fabricar pequeñas estructuras sin metal con óptimos resultados.

Es conveniente recordar, que en los trabajos metal-free hay que hacer una preparación al menos igual que en la técnica ceramometálica para las coronas individuales y algo más de

Figura 21. El disponer de la imagen en el puesto de trabajo nos permite imitar todos los matices. Fotografía ordenador Dr. Palacio Cárdenas

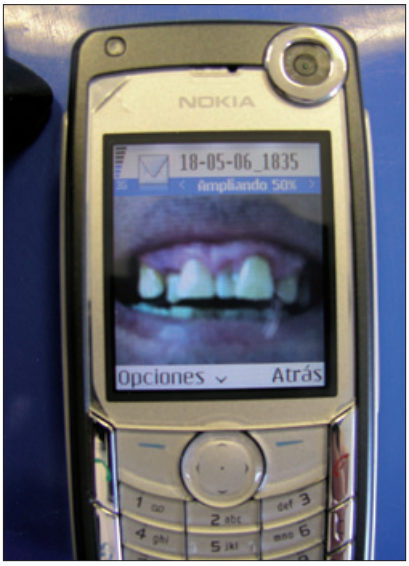

Figura 22. Un simple mensaje de móvil nos puede hacer entender la dificultad antes de iniciar un trabajo. Fotografía doctor Emilio Porcar.

Figura 23. Imagen radiológica recibida por e-mail. Doctor Bowen Antolín

Figura 24a. Visión frontal y especular. Grupo anterior de 6 piezas con estructura de zirconia y 4 piezas intermedias

espacio para los puentes con piezas intermedias, preparando hombro o chanfer en todo el perímetro de cada pieza. Los primeros años no era extraño recibir preparaciones con algunas zonas prácticamente sin espacio, indicando en la nota "si hay poco sitio, hacerlo sin metal", pues no se conocían este tipo de trabajos y que necesitaban incluso algo más de sitio para la estructura que aunque no fuera metálica sí que la necesitan.

Tuve que hacer dos modelos didácticos, anterior y posterior, en los que se aprecia la estructura interior en medio puente (Figuras 15a y 15 b).

El láser

Acrónimo de Light Amplification by Stimulated Emission of Radiation ("Amplificación de Luz por Emisión Estimulada de Radiación"), es un dispositivo que utiliza un efecto de la mecánica cuántica, la emisión inducida o estimulada, para generar un haz de luz coherente de un medio adecuado y con el tamaño, la forma y la pureza controlados.

El láser de laboratorio es una herramienta que consigue unir con luz aleaciones metálicas de todo tipo, incluso diferentes, con atmósfera inerte producida por argón y con la exactitud del trabajo echo con microscopio binocular. Nos permite hacer uniones (soldaduras) con un aporte de calor tan puntual que no daña los materiales adyacentes aunque sean sensibles al calor, podemos regular en pantalla además de la zona exacta de aplicación, el tiempo en milisegundos, la intensidad y el diámetro del impacto (Figura 16).

No conozco ningún profesional que teniendo láser no lo haya incorporado al proceso diario de trabajo de forma muy satisfactoria pese a su elevado precio.

Fusión metálica

Los sistemas de fundición existentes hoy en día y existentes desde hace ya muchos años permiten la fundición de cualquier aleación (Figura 17), incluso titanio puro (Figura 18), por cámara inerte con argón y vacío.

Figura 24b. Grupo posterior en zirconia con una pieza intermedia

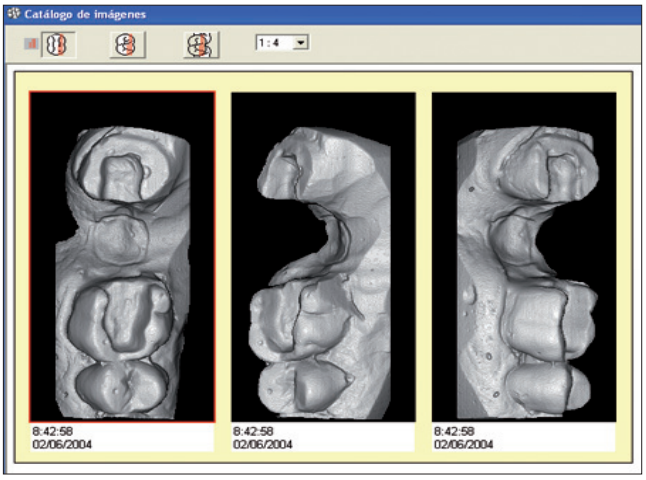

Figura 25. Escaneado mediante tres imágenes, una por segundo del modelo

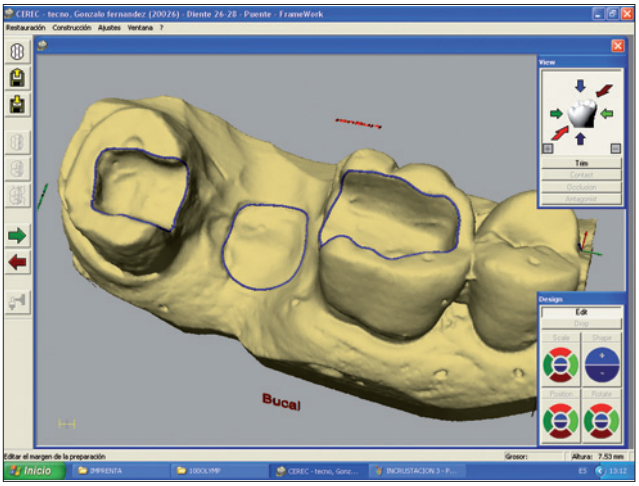

Figura 26a. Modelo 3D de un molar apoyado sobre dos incrustaciones proximales, los márgenes se han seleccionado en azul

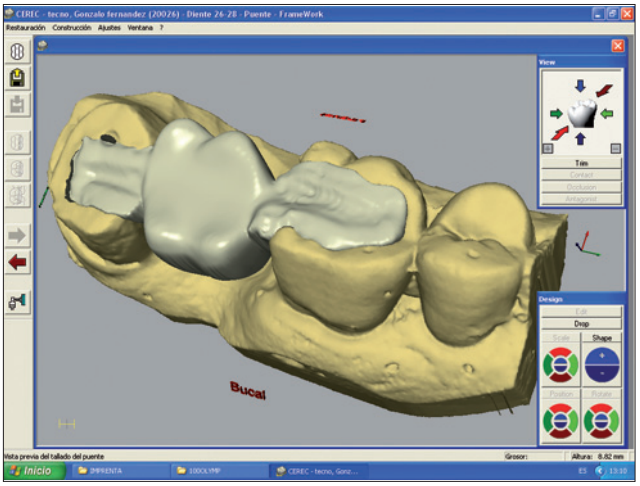

Figura 26b. Estructura que nos propone el software antes de ser modificada

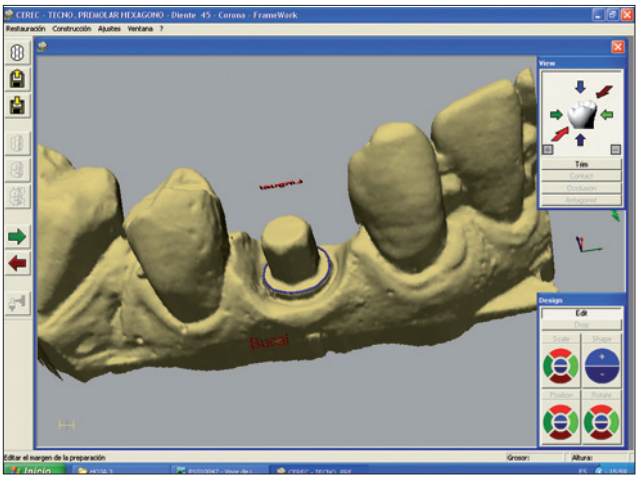

Figura 27a. Modelo escaneado con un poste hexagonal

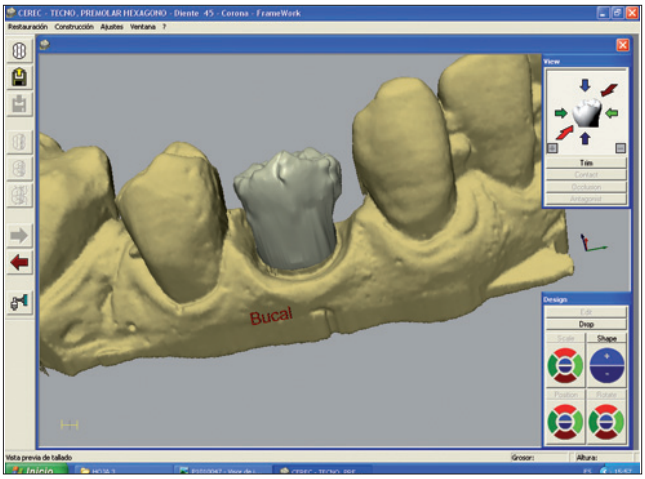

Figura 27b. Modelado virtual de la estructura. Obsérvese que no es una capa de 0,5 mm como propone el software

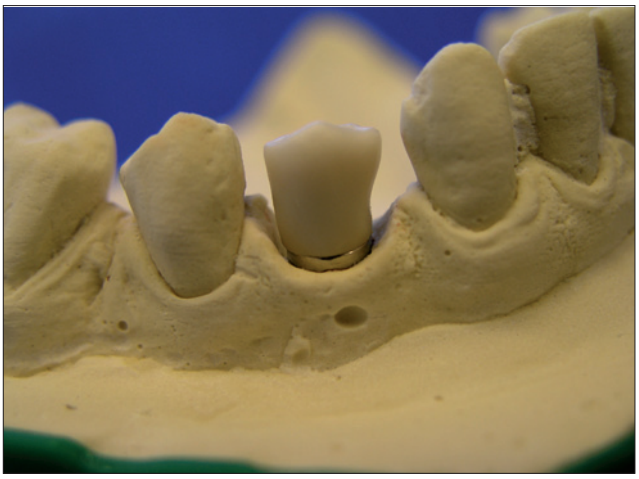

Figura 27c. Estructura en alúmina sobre el modelo

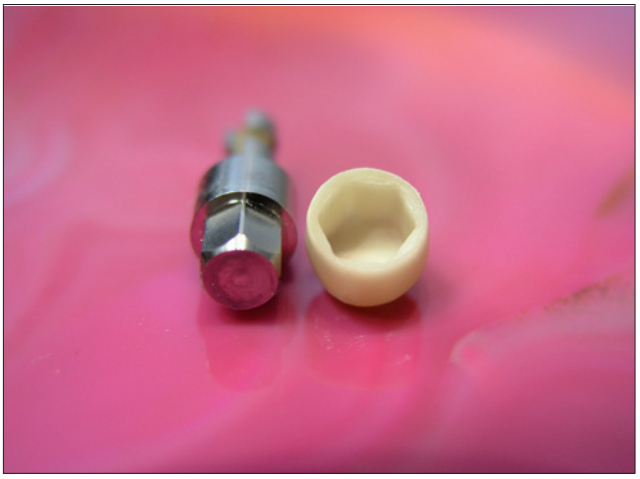

Figura 27d. Comprobación de sellado en un poste sin modelo

Los más modernos disponen de programación electrónica de temperatura pudiendo ser controlados por ordenador y reflejar en este mediante un software específico las gráficas de la fusión en 2 coordenadas tiempo y temperatura.

En la actualidad un paciente puede llevar fijada a su boca una prótesis con estructura metálica sin que él y su odontólogo tengan conocimiento exacto no sólo de la aleación con la que esta fabricada sino de cómo ha sido fundida o mecanizada, pues hoy en día conviven centrífugas de muelle y soplete como las que se usaban a mediados del siglo XIX con los más sofisticados sistemas de fusión y mecanización y creanme. Hay una gran diferencia que se aprecia sin necesidad de microscopio a simple vista. Tenemos que saber como a sido tratado un metal, de ello dependen sus propiedades físico-químicas finales.

Cobro y pago

Sistemas de cobro y pago, sin duda el combustible de la economía, pues de nada nos vale ser unos grandes profesionales y hacer el mejor trabajo del mundo, si no gestionamos bien los cobros y los pagos. Vivimos de vender nuestro producto o servicio y en términos estrictamente jurídicos la venta no concluye hasta que además de haber suministrado el producto o servicio se ha pagado el precio acordado.

Hoy en día se pueden realizar todo tipo de cobros y pagos mediante gestión de ficheros automatizados con la seguridad de las plataformas (algunos incluso intranet) que nos facilitan por un coste moderado o semi gratuito las principales entidades financieras (Figura 19a), pudiendo incluso importarlos desde nuestro programa de facturación.

Mensajería, courier y transportes

Nos ponen en contacto con cualquier punto del mundo por lejano que parezca y con unos costes bastante competitivos. Aún recuerdo con nostalgia cuando no hace tanto, algunos odontólogos nos mandaban las impresiones desde provincias por el "coche de línea", entregando y recogiéndolo en la estación de autobuses.

Hoy trabajo con puntos tan lejanos y aislados como las Antillas Holandesas, puerta a puerta con un tránsito de apenas 2 días (Figura 19b).

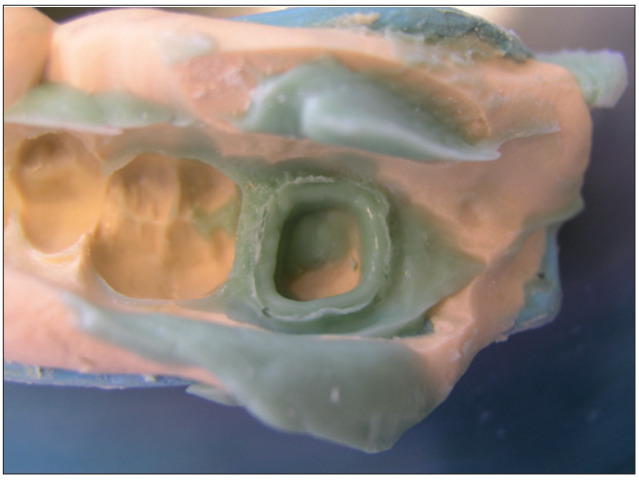

Figura 28. Impresión en la que se puede apreciar con total calidad tanto la preparación como los márgenes. Doctor Palacio Cárdenas

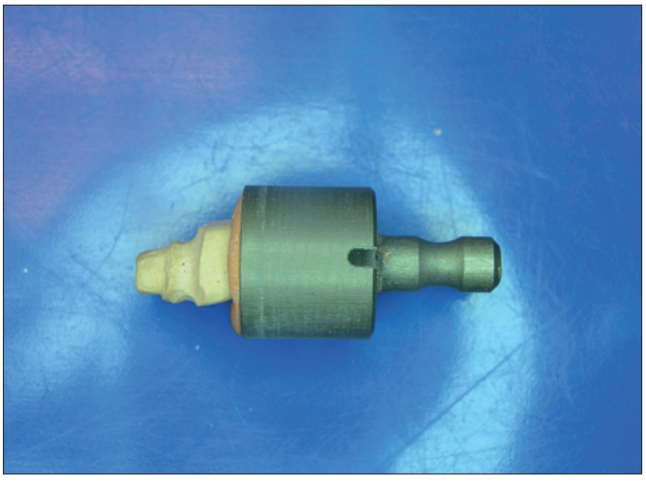

Figura 29. Muñón montado en el porta para ser escaneado

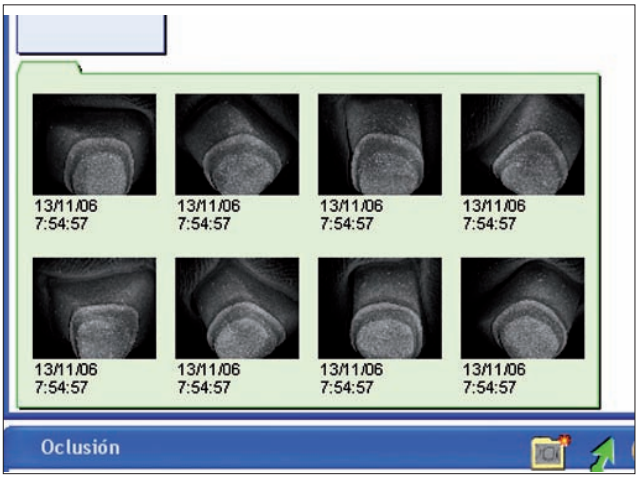

Figura 30. Secuencia de imágenes, uno por segundo, que se unen por sus zonas de intersección

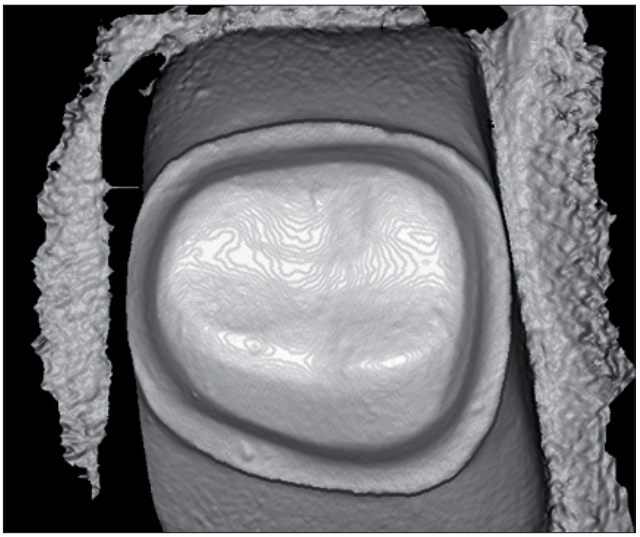

Figura 31a. Imagen unitaria con determinación de distancias por escala de grises

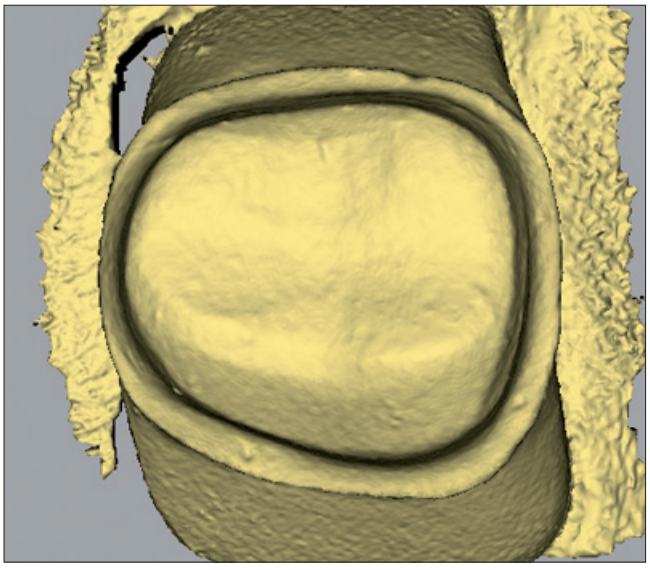

Figura 31b. Imagen 3d del molar escaneado

Internet y telefonía móvil

No podían pasar de largo en el uso diario del laboratorio el disponer de una imagen que nos llega en tiempo real de un color o de una anatomía específica de un paciente que nos puede acercar mucho a la realidad para conseguir una integración cromática o morfológica (Figuras 20-23)

Informática

De forma basica la podriamos definir como la ciencia que estudia el tratamiento automático y racional de la información, tiene 3 elementos: uno físico, (hardware), uno lógico (software) y uno humano (el personal técnico-informatico). En este último quiero hacer hincapié pues muchas veces lo olvidamos y hablamos de un sistema concreto o material, comparándolo con otro, sin tener en cuenta desde mi punto de vista el factor más importante: el humano. ¿Qué técnico decidirá el diseño final y basándose en que conocimientos o experiencia?

El doctor Ariel J. Raigrosdski, director del departamento de Prostodoncia de la Universidad de Washington, y que ha desarrollado su investigación clínica princi-

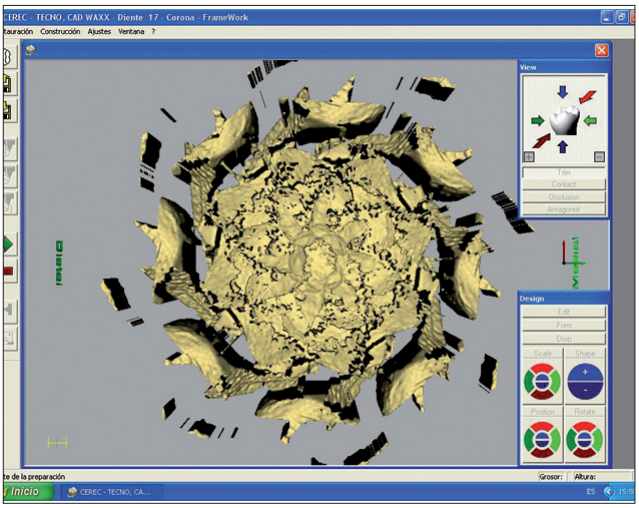

Figura 32. Imagen fruto de un error de manipulación o del sistema

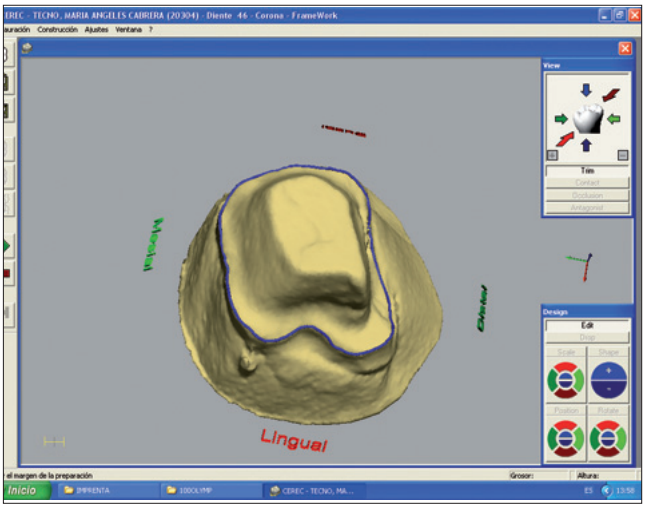

Figura 33a. Imagen 3D de un molar en el que hemos seleccionado en azul el margen

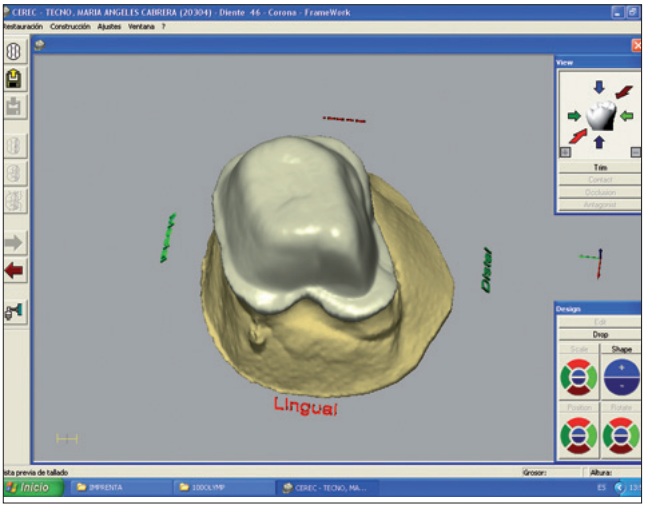

Figura 33b. Estructura diseñada con refuerzo en el margen de cierre

Figura 34. Primer molar inferior derecho terminado con estructura de alúmina

Figura 35a. Las técnicas de estratificación merecen un capítulo aparte

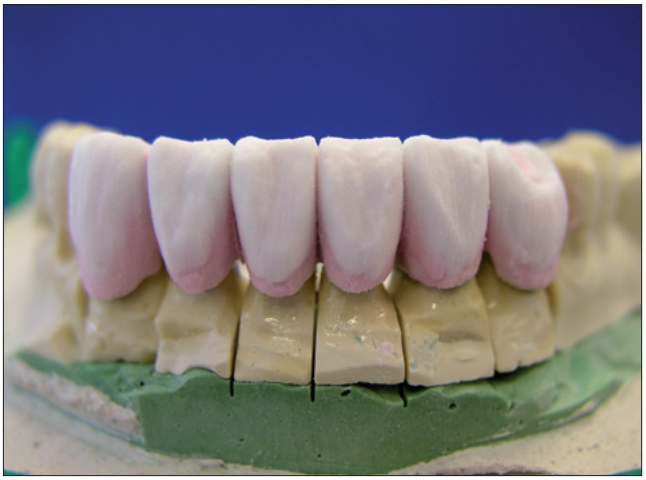

Figura 35b. Imagen del puente modelado

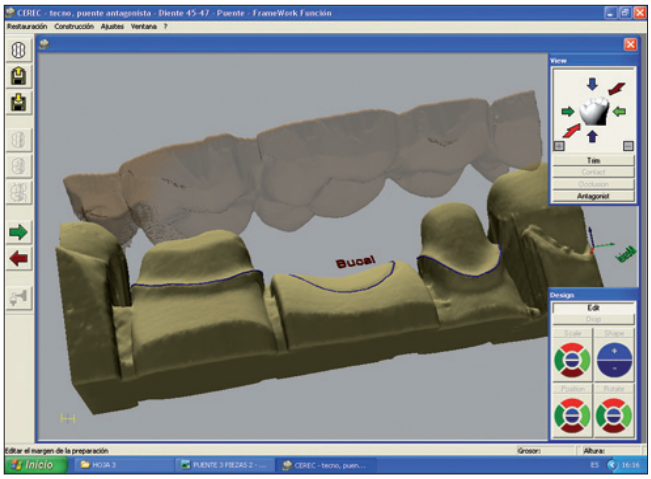

Figura 36. Antagonista superior posterior con presentación transparente, en azul seleccionados los márgenes y el apoyo intermedio

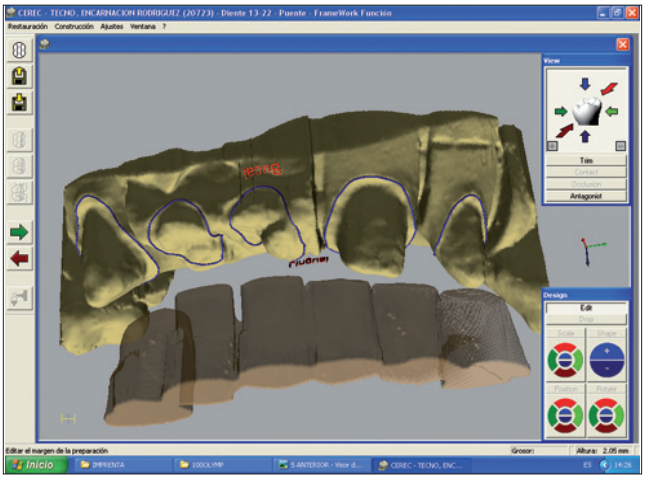

Figura 37. Grupo anterior y su antagonista

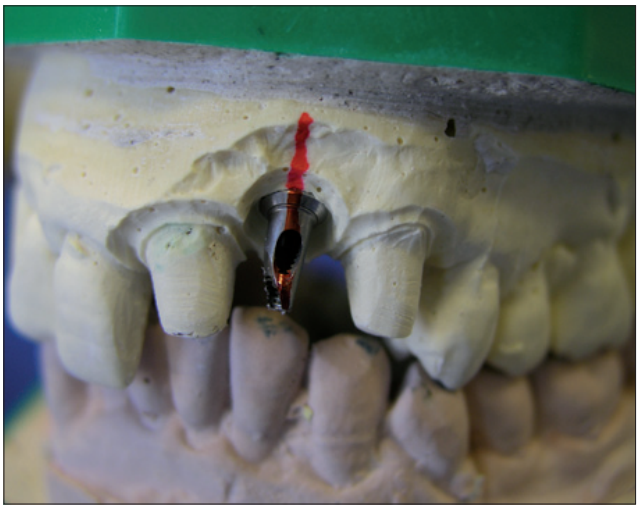

Figura 38a. Poste atornillado y mecanizado para funda cementada. Doctor Nasimi

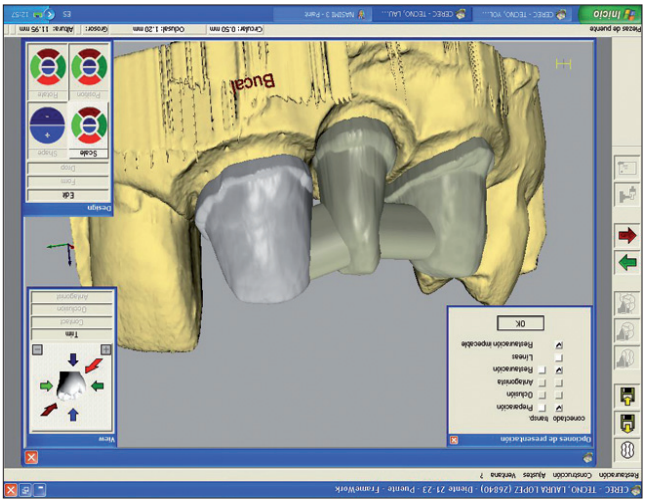

Figura 38b. Diseño posicionador por CAD-CAM

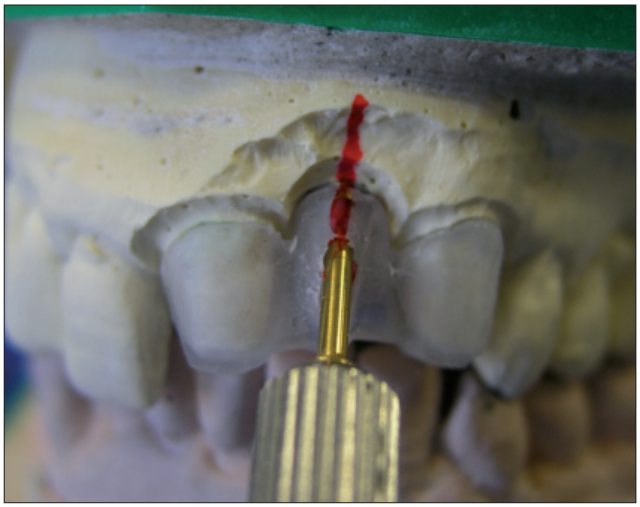

Figura 38c. Modelo, posicionador, poste y llave, para facilitar su colocación en boca por el clínico

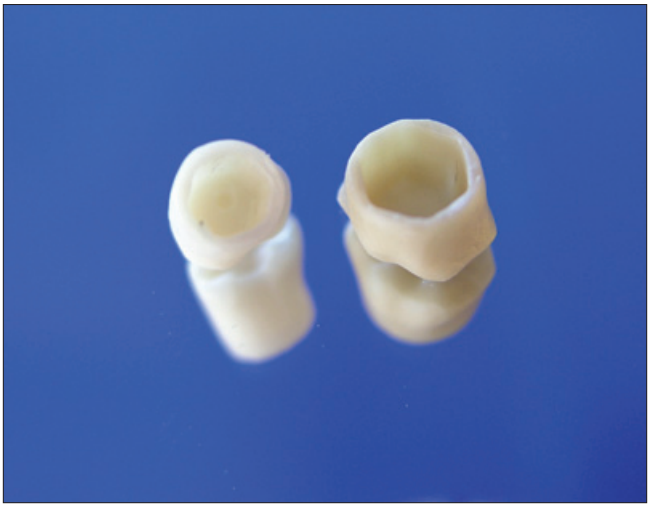

Figura 38d

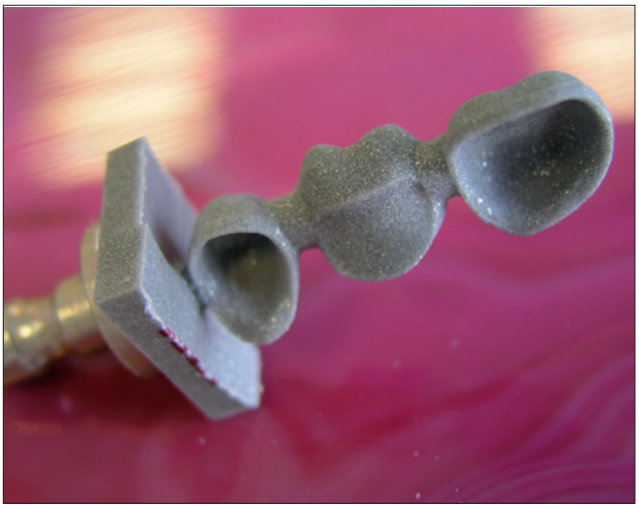

Figura 39a. Puente posterior de 3 piezas en prueba de estructura con material plástico desechable

Figura 39b. Corona en molar con prueba de estructura

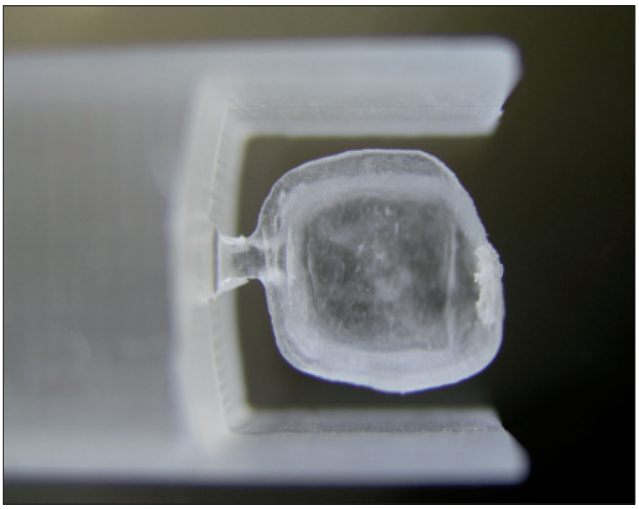

Figura 40a. Estructura de un molar fresada en Cad-Wax

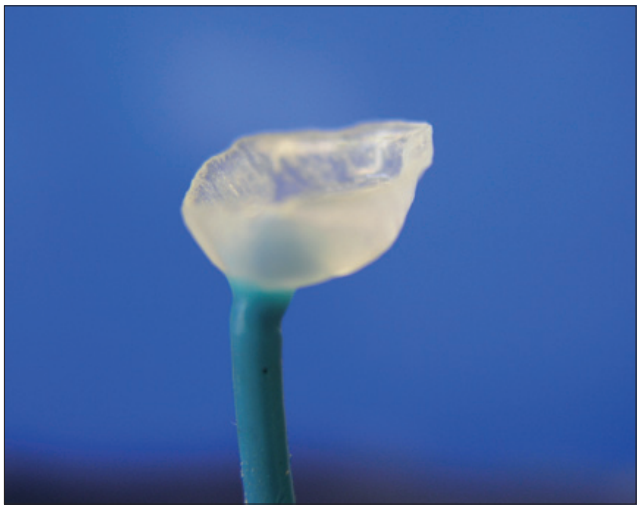

Figura 40b. Cofia "pinchada" para ser colada

Figura 41a. Waxup, modelado en cera de un puente sobre implantes cónicos

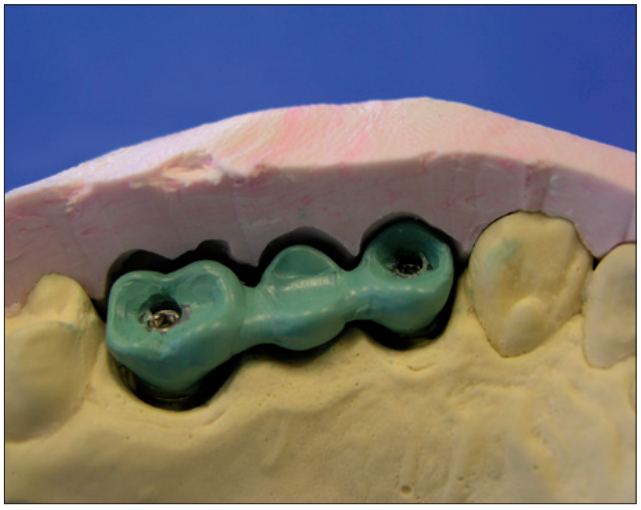

Figura 41b. Comprobación de espacio para la cerámica con la llave de silicona

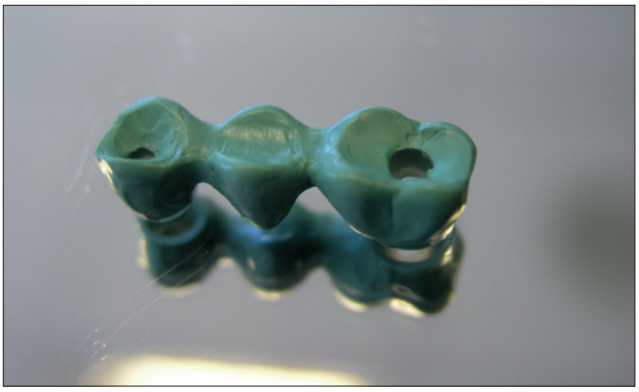

Figura 41c. Puente terminado en cera con calcinables

Figura 41d. Preparado en el porta para ser escaneado con contraste (polvo de titanio)

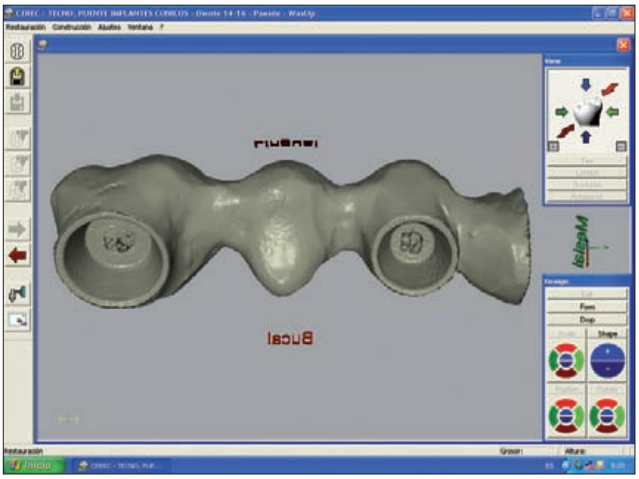

Figura 41e. Imagen en la que se aprecian los dos tamaños de las bases

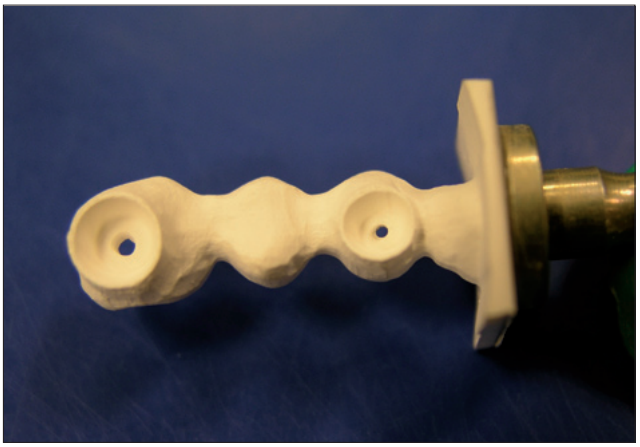

Figura 41 f. Fresado en circonio sin separar del porta

palmente en la tecnología de restauraciones de cerámica sin metal por CAD-CAM, hizo una observación muy importante en el SIMPOSIO SOBRE ESTETICA DENTAL Y CERAMICA SIN METAL que organizo SEPES en Barcelona en marzo de este año, explicando que muchos de los fracasos de estructuras CAD-CAM los subsanaron cambiando al técnico que las diseñaba por otro experimentado y bien formado y no cambiando de sistema (Figuras 24ay 24b).

Inteligencia artificial

A.I.(Artificial Intelligence), además de ser el titulo de la película que en 2001 estrenó Steven Spielberg; basada en una historia de Ian Watson a partir del relato de Brian Aldiss "Supertoys last all summer long", y terminando el proyecto original de Kubrick, es con lo que realmente estamos trabajando; es decir, un sistema experto que ha de contar con un software complejo y específico diseñado para el sistema concreto, al desarrollarlo los fabricantes necesitan una amplísima base de datos proporcionados por maestros en la materia que formaría el dominio experto y sin duda con un técnico dental con la experiencia suficiente en el diseño de estructuras como para discernir si el diseño inicial propuesto por el sistema necesita ser adaptado y en que manera.

Este tipo de sistemas una vez que disponemos de la imagen (dato inicial que aportamos al sistema) debe ser capaz de interpretarlo, mediante inferencias obtenidas a partir de su banco de datos. Debe ser capaz de predecir o deducir consecuencias y diagnosticar las acciones de funcionamiento adecuado, planificando su capacidad de realizar diseños. Debe también aprender de sí mismo comparando los resultados obtenidos con los deseados y depurar errores; es decir, tener capacidad para detectar y corregir los funcionamientos no adecuados.

Proceso de trabajo CAD-CAM

Cuando la impresión es buena, el trabajo se programa con el odontólogo y se racionaliza, el abanico de posibilidades es tan amplio con estos sistemas como tu imaginación (Figuras 25, 26a y 26b) y tus ganas de experimentar te permitan (Figuras 27a, b, c y d).

Para empezar a trabajar tenemos que contar con una preparación adecuada y una impresión perfecta (Figura 28). Esto que parece evidente no siempre lo es y me cuesta que algunos clínicos lo entiendan; sobre una preparación regular con impresión perfecta podemos hacer un excelente trabajo, por el contrario con una preparación excedente y una impresión regular sólo podremos hacer un trabajo malo o

muy malo; esto es aplicable a cualquier tipo de trabajo de prótesis y mi recomendación es no comenzar un caso si las impresiones no son correctas pues si nos falla la base el fruto de nuestro esfuerzo no será gratificante.

La captación de la imagen ha ido evolucionando y podríamos destacar tres sistemas de lectura del modelo, mediante un sensor táctil, que por deslizamiento asigna tres coordenadas a cada punto de la preparación, situándolas luego en el espacio; por puntero láser, que a modo de telémetro lumínico realiza la misma función del anterior pero sin contacto, y los de imagen fotográfica por escala de grises, que en tiempo real, un segundo por imagen, superponen varias imágenes por las zonas de intersección construyendo un modelo 3D sobre el que trabajar (Figuras 29, 30, 31a y 31b). Hay que contar también con que los sistemas informáticos también dan fallos, unas veces por el propio software y otras por algún paso de manipulación mal realizado, cuando pasa es desesperante (Figura 32).

Una vez que contamos con el modelo en 3D, seleccionamos los márgenes de la preparación o editamos los que nos propone el sistema (Figura 33a) y el equipo nos propondrá una estructura que con las herramientas de modelado virtual adaptaremos al tipo de estructura que deseamos dependiendo del material con que se desee mecanizar (Figuras 33b y 34). No es necesario indicar que no tienen el mismo diseño un puente que se mecanizara en cromo-cobalto que el mismo si lo deseamos en alúmina, ni una corona si se realiza en titanio o en spinell.

Del recubrimiento de cerámica tan solo indicar que hay que hacerlo con una cerámica compatible con el material que vamos a utilizar. La estructura tiene que cocerse junto con la cerámica; han de tener una covalencia en los coeficientes de expansión térmica CET y en los límites de temperatura de trabajo, si al titanio lo pasamos de temperatura de cocción lo inutilizamos, por eso tiene su cerámica específica igual que el circonio (CET$\simeq$9.10^{-6}K)que a su vez es otra que la de la alúmina, la zirconia y el spinell (C.E.T.$\simeq$7.10^{-6}K), diferente también al de la técnica ceramo metálica (CET$\simeq$14.10^{-6}K). Cada fabricante dispone de cerámicas específicas para cada material. Las técnicas de estratificación necesitan un capítulo aparte (Figuras 35a y 35b).

Algunos sistemas nos permiten contar con el antagonista (Figuras 36 y 37) en pantalla para tenerlo en cuenta durante el modelado de la estructura pudiendo premarcar distancias por colorimetría y por supuesto el ajuste tanto a nivel de cuello como en el interior para el espaciador, en micras y tanto positivo como negativo.

Cad wax

Los materiales plásticos podemos también mecanizarlos, siendo de gran utilidad para provisionales, posicionadores (Figuras 38a, 38b y 38c), prueba de estructuras en material desechable (Figuras 39a y 39b) y fresado en material totalmente calcinable Cad-Wax para tras la prueba en cilindrar directamente (Figuras 40a y 40b), ahorrando tiempo y con un acabado sensiblemente mas homogéneo.

Waxup-cam

Hay situaciones que por su complejidad o especificidad en el diseño, como en el caso de puentes con implantes o ataches, que es preferible modelar por sistemas tradicionales con sus respectivos calcinables o aditamentos necesarios, y a continuación escanear la cera (Figuras 41a, b, c y d) ;con la imagen del positivo en pantalla (Figura 41e) podemos modificarla y posteriormente mecanizarla en el material de eleccion (Figura 41f).

Para entrar más en detalle en el Cad-Cam tendríamos que dejar los conceptos comunes y detallar cada marca en concreto, no siendo el objeto de este artículo.

Avances

Puede parecer que la prótesis dental y la odontología han avanzado mucho en el último siglo, quizás sí en tecnología, pero no tanto en la praxis diaria; basta con echar un vistazo a las revistas odontológicas y protésicas de finales del siglo XIX y principios del XX para ver la meticulosidad de las restauraciones protésicas, las fantásticas preparaciones histológicas y las complejas intervenciones de alta cirugía masilo facial minuciosamente realizadas y descritas, pero esto será el tema de reflexión de un próximo artículo.

Agradecimiento

Al profesor de la Universidad Complutense de Madrid, doctor Francisco Holgado Sáez, alma mater de la asignatura de Fotografía en Odontología, y a la doctora Dolores Sánchez Muñoz, profesora de la asignatura de Informática.

Correspondencia

pedrojulio@tecnodental.com

Bibliografía recomendada

1. **Pareras L.** Internet y medicina, Barcelona, Mason SA 1995. ISBN: 84-458-0450-2
2. **Aragoneses R.** El cambio de la estética y la belleza dental,Gaceta Dental nº 175 Noviembre 2006, paginas 162-178. PUES SL. ISSN: 1135-2949
3. **Sanz J.** Historia general de la odontología española. Barcelona, Masn SA 1999. ISBN: 84-458-0598-3
4. **Ibrahim Zeid.** CAD/CAM theory and practice. McGraw Hill. London, 1991.
5. **John Cox, Peter Hartley and Doug Walton.** Keyguide to information sources in CAD-CAM. Londres, 1988. Mansell; Lawrence, Kansas: Ergosyst.
6. **Sánchez de León JM, Angulo Usategui.** Control de procesos industriales por computador. Paraninfo. Madrid, 1987.
7. **Automation technology for management and productivity advancements through CAD/CAM and engineering data handling.** Edited by Peter Cheng-Chao Wang. Englewood Cliffs (New Jersey): Prentice-Hall, cop. 1983.