

## [Resumen]

La tecnología CAD/CAM y los demás avances técnicos en la prótesis dental obligan a los laboratorios que deseen adaptar su gama de prestaciones a las nuevas posibilidades, a revisar su planteamiento y a incorporar las diversas técnicas de confección y materiales nuevos.

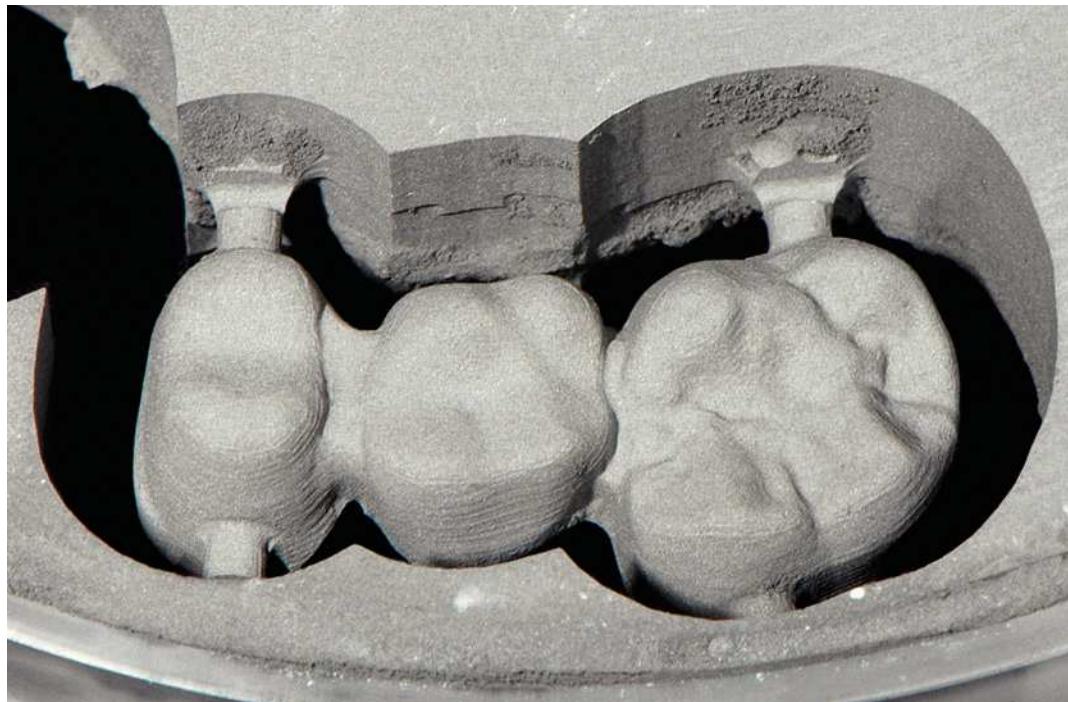
A fin de conservar la visión de conjunto del mercado, es preciso conocer los objetivos propios y ser conscientes de las diferencias fundamentales y las posibilidades de ampliación de los diversos sistemas.

El artículo proporciona una perspectiva global a este respecto y ofrece la base para una primera orientación.

## Palabras clave

CAD. CAM. CAD/CAM. Prótesis dental. Sistema cerrado. Sistema abierto. Plantillas.

(Quintessenz Zahntech.  
2011;37(7):902-32)



## Evaluación actual de la tecnología CAD/CAM en la prótesis dental

### Un resumen personal

**Martin Weppler**

### Introducción

Los conocimientos especializados y el posicionamiento de los protésicos dentales con respecto a los procesos CAD/CAM en el ámbito de la prótesis dental pueden dividirse actualmente en cuatro categorías:

- Protésicos dentales que, a partir de la confección del modelo o de la construcción encerada manualmente, externalizan el proceso en su conjunto a un proveedor de servicios, ya se trate de un centro de fresado o de la industria.
- Protésicos dentales que escanean y planifican las piezas de trabajo en el programa CAD por sí mismos. A continuación se envían los datos al proveedor de servicios.
- Protésicos dentales que confeccionan por sí mismos las piezas de trabajo mediante una máquina cerrada y cuentan con los conocimientos técnicos en el ámbito del escáner, el software CAD y la máquina.

# PUESTA AL DÍA CAD/CAM

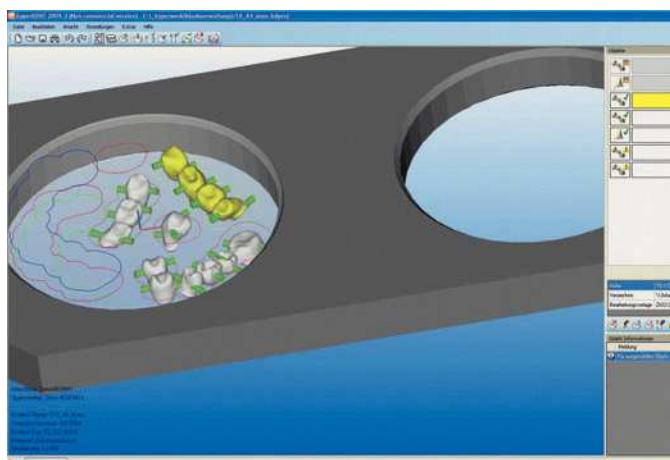


Fig. 1. Captura de pantalla de objetos planificados de dióxido de zirconio, los cuales pueden fresarse a partir de una sola rodaja de material gracias a un posicionamiento optimizado. El software hyperDENT-CAM es una herramienta perfecta para un sistema abierto.

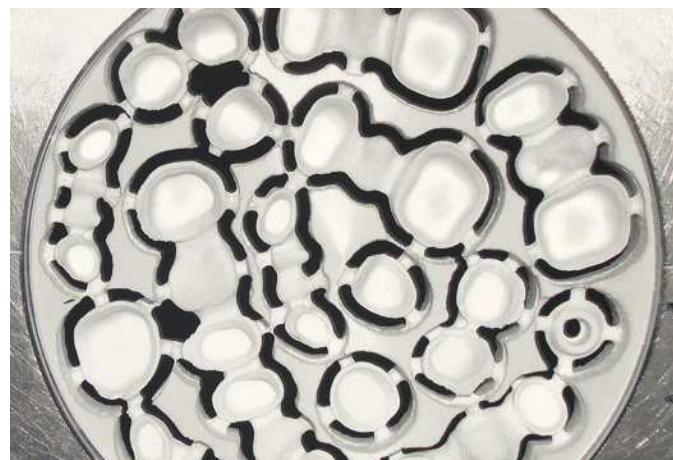


Fig. 2. Las construcciones de ZrO<sub>2</sub> fresadas. En este caso no es posible el corte y el tratamiento con láser, como en las estructuras metálicas. El ajuste debe ser correcto desde el principio.

- Protésicos dentales que cuentan con un sistema abierto, han adaptado en consecuencia todas las interfaces necesarias, son conscientes de la importancia de un software CAD abierto y dominan su manejo para la realización altamente compleja de por ej. restauraciones implantosostenidas de gran tamaño.

Hasta donde llegan los conocimientos del autor, la mayor parte de la prótesis dental en Alemania ya ha incorporado técnicas de confección altamente modernas. En este contexto, para la confección de piezas de trabajo protésicas pueden utilizarse perfectamente procesos CAD/CAM automatizados. Sin embargo, para nuevos materiales y para alcanzar precisiones de ajuste que resistan el examen al microscopio, deben guardarse los parámetros de fresado y las estrategias de fresado mediante un software CAM abierto.

En opinión del autor, la demanda de la prótesis dental a los fabricantes del sector debe orientarse claramente hacia los sistemas totalmente abiertos. Todos los proveedores abiertos ofrecen criterios de calidad avanzados de los datos STL. En la fabricación industrial, los sistemas cerrados sería impensables (fig. 1).

El software CAD proporciona el modelo para el proceso CAM. A su vez, el CAM es la herramienta que influye en el resultado del fresado y lo regula. Tras la confección, el usuario debe estar en disposición de responder satisfactoriamente a la pregunta: «¿Coincide al 100% el resultado fresado con lo que he diseñado?» (fig. 2).

En la experiencia del autor, las máquinas fresadoras se adquieren a menudo sobre la base de criterios emocionales. Sin embargo, el cliente no siempre es consciente de que en este ámbito se ofrecen principalmente máquinas «abiertas», pero para las cuales por ejemplo tan solo pueden utilizarse las rodajas del fabricante. ¿Es justo para con el cliente hablar

**Sistema CAD/CAM abierto como base**

**El escáner abierto o escáner intraoral**

**La máquina abierta**



Fig. 3. Actualmente, los proveedores de materiales son tan inconfundibles como las geometrías. La rodaja parece haberse consolidado como el estándar.

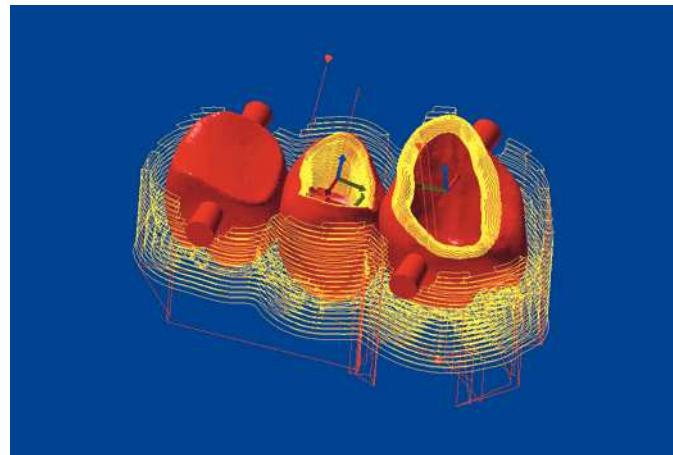


Fig. 4. Gracias a la plantilla, la fresadora sabe cómo debe mecanizarse el objeto. En la imagen se observan las trayectorias de fresado que trazará la fresadora.

de sistemas «abiertos» en este caso? La gran decepción llega más adelante, cuando el laboratorio quiere utilizar otros materiales. De ahí que antes de la compra debería considerarse críticamente si la apertura significa realmente apertura hacia todos los lados (fig. 3). De todos modos, también es preciso diferenciar qué aplicaciones se desea cubrir. Un laboratorio que por ejemplo desee mantenerse en el ámbito del dióxido de zirconio puede conseguir buenos resultados de forma relativamente sencilla con las especificaciones estándar de un sistema, dado que en general las máquinas presentan ya actualmente un estándar muy elevado.

## El software CAM ¿Estándar o posibilidades personalizadas?

Una fresadora necesita un modelo de fresado, denominado plantilla (fig. 4). Al adquirir una fresadora, el comprador recibe del fabricante industrial plantillas para los requisitos pro-



Fig. 5. Los archivos NC convierten estrategias planificadas en recorridos de la herramienta.

# PUESTA AL DÍA CAD/CAM

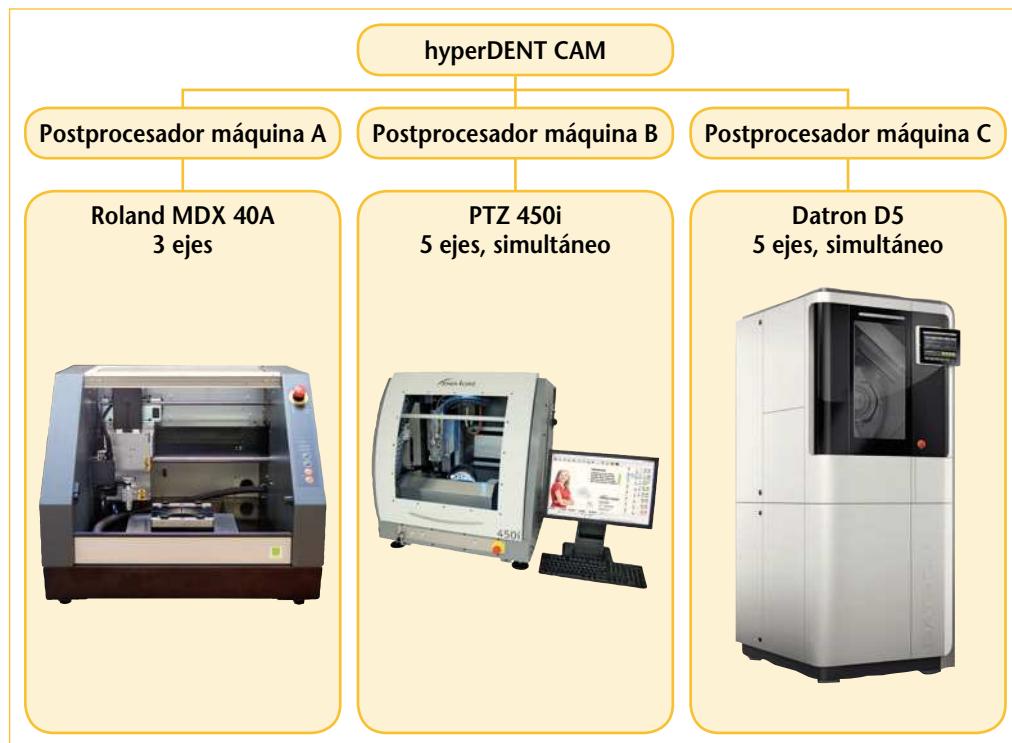


Fig. 6. Plantillas para aplicaciones especiales, elaboradas a la medida de la máquina. hyperDENT CAM es un software CAM para varias máquinas. Tan solo se necesita un postprocesador especial (PP) que actúe como traductor de los archivos NC para la fresadora correspondiente.

téticos estándar. La mayoría de fabricantes de máquinas limitan las posibilidades de intervención del usuario en el laboratorio, de modo que el módulo CAM de la máquina ejecuta de forma totalmente automática todos los cálculos y las programaciones en función del material deseado. Si bien esto simplifica el trabajo en el laboratorio, también lo limita a estas especificaciones estándar.

Pero ¿qué ocurre cuando el usuario quiere más?

La fresadora tan solo entiende lo que se le suministra desde el CAM. Así, las superficies y el ajuste interno dependen de las estrategias de fresado predeterminadas, las cuales reciben mediante las plantillas, los modelos de fresado. En una plantilla de este tipo están definidas, entre otros aspectos, las herramientas a utilizar, su forma y su diámetro. En este caso, también están predeterminados los parámetros de fresado, como el avance, los números de revoluciones y la aproximación. En el proceso, la estrategia de fresado define las trayectorias en las que la fresadora mecanizará la pieza de trabajo. Durante el proceso de fresado, el módulo CAM aplica este modelo sobre la pieza a fresar, y a partir de ello se crean al final el archivo o los archivos NC (fig. 5). Las plantillas definen, por así decirlo, el proceso de fresado, y prácticamente constituyen en el lenguaje de la máquina la receta de cocina para el control de la máquina para crear una geometría definida.

Distintos materiales requieren plantillas y estrategias de fresado adaptadas, a fin de alcanzar unos resultados optimizados en un tiempo óptimo.

Para la satisfacción de necesidades individuales, el laboratorio necesita estrategias de fresado que puedan adaptarse en cualquier momento a nuevos requisitos. Para ello se necesita un socio competente en las estrategias de cinco ejes y que cuente con los recursos humanos necesarios para ofrecer innovaciones para el mercado de la prótesis



Figs. 7 y 8. Una plantilla especial permite utilizar fresas con diámetros menores. De este modo se obtiene un valioso espacio en la zona incisal, gracias a una menor corrección del radio de la fresa. Esto favorece al recubrimiento cerámico, en especial durante los movimientos de protrusión y laterotrusión.



Fig. 9. Se muestran, de izquierda a derecha: fresa para bordes incisales D 0,65, fresa desbastadora D 2,5 y microfresa D 0,5.

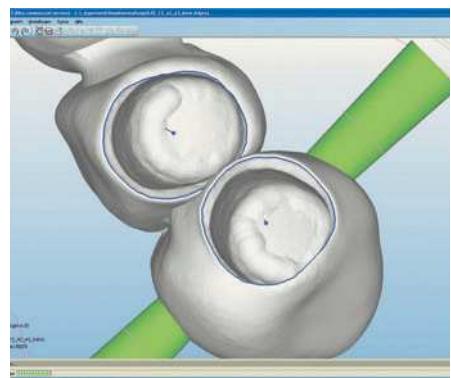


Fig. 10. Límites de preparación solapados, observados desde la dirección de inserción.



Figs. 11 y 12. La zona del chamfer constituye a menudo el punto neurálgico en cuanto al ajuste. El examen crítico bajo el microscopio revela en muchos fresados pequeños defectos en el chamfer, que pueden eliminarse mediante la microfresa con un diámetro de 0,5 mm.

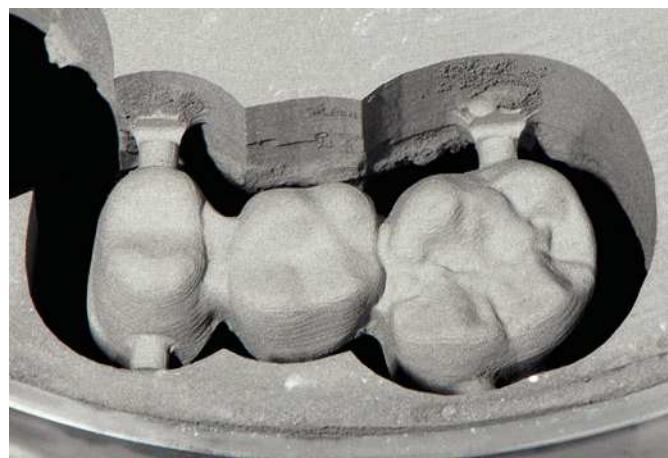


dental. En este sentido, el autor ha tenido muy buenas experiencias con el software Hyperdent (Open Mind, Wessling, Alemania) (fig. 6).

### Postprocesador

Toda máquina necesita un postprocesador programado para su idioma de máquina concreto<sup>1</sup>. El módulo CAM transforma en primer lugar los datos de la planificación CAD en los datos de fresado, esto es, se calculan las trayectorias y las curvas con los parámetros de fresado guardados sobre el momento de utilización de cada herramienta, etc. Una vez calculadas, a continuación entra en acción automáticamente el postprocesador. A partir de las trayectorias de fresado calculadas, el postprocesador genera con las informaciones del proceso de fresado un formato legible por la máquina, consistente en coordenadas (por ejemplo, X, Y, Z). De este modo, a partir de un software CAM pueden controlarse varias máquinas mediante el postprocesador correspondiente. Para

# PUESTA AL DÍA CAD/CAM



Figs. 13 y 14. Aleación sin metales nobles sinterizada, que también puede fresarse en máquinas pequeñas utilizando plantillas de dióxido de zirconio.

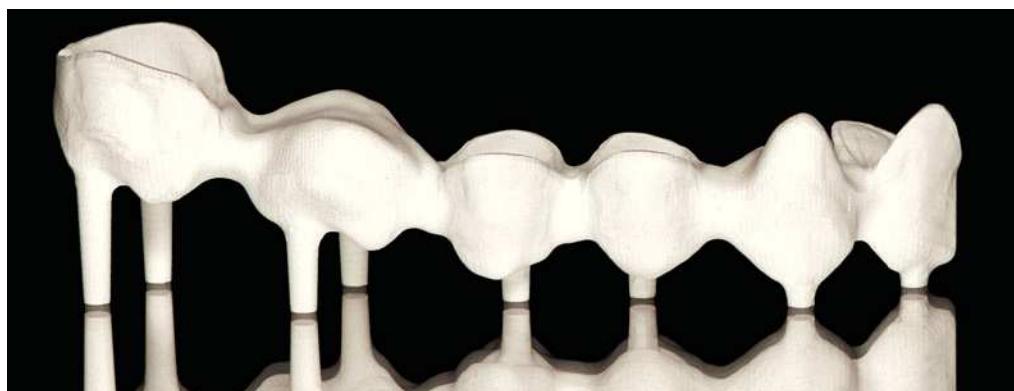
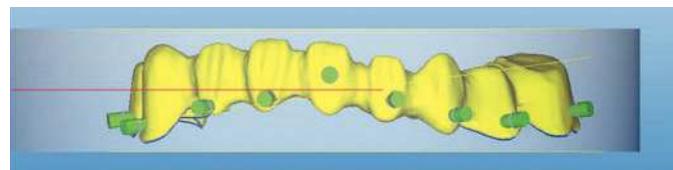
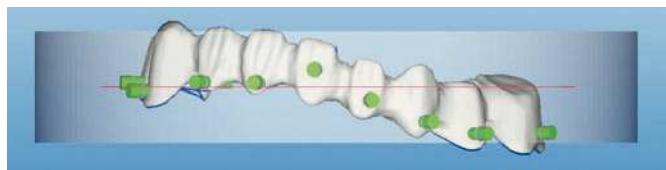


Fig. 15. Una estructura de dióxido de zirconio de ocho piezas. La realidad tiene lugar en la cavidad oral, no en el prospecto.



ello, cada máquina necesita su propio postprocesador, adaptado al idioma concreto de la máquina.

A continuación, el postprocesador transforma las trayectorias de fresado y las informaciones del proceso de fresado en «órdenes numéricas», los archivos NC. Distintas máquinas poseen mandos de máquina distintos e idiomas de máquina distintos. Así, por ej. no existía ningún postprocesador para máquinas Datron-Maschinen (Datron AG, Mühlthal, Alemania) para poder trabajar con el software CAM Hyperdent. Para programarlo fue necesaria la colaboración con la empresa del autor (Teamziereis, Engelsbrand, Alemania).

Por medio de plantillas especiales que brindan al usuario posibilidades de aplicación adicionales especiales, el CAM puede utilizarse perfectamente como herramienta estratégica, dado que permite presentar a los odontólogos ofertas ampliadas, por ejemplo en relación con nuevos materiales o procedimientos, las cuales favorecen la captación y fidelización de clientes. Algunos ejemplos de tales plantillas especiales son, entre otros:

Figs. 16 y 17. Una inclinación individual del objeto lo posiciona de forma ideal en la pieza en bruto. Se altera la posición predefinida, determinada por la dirección de inserción tal como es facilitada por el CAD. Gracias a ello puede utilizarse una pieza en bruto de menor grosor.

**CAM como herramienta estratégica en el competitivo mercado del fresado**

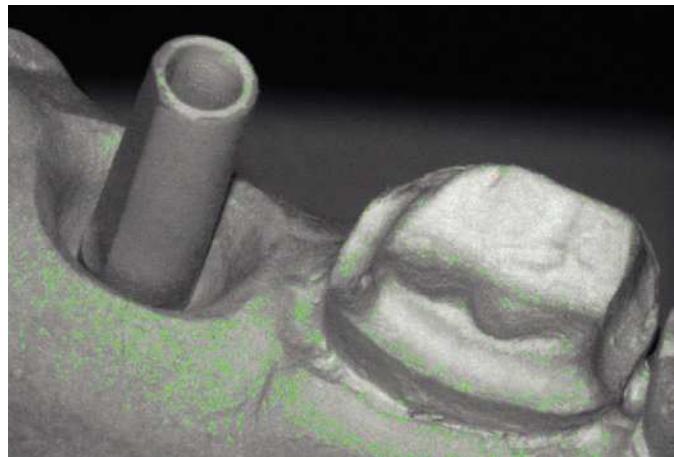


Fig. 18. Imagen de un poste de implante escaneado intraoralmente. El escáner intraoral, ya ampliamente extendido en el uso odontológico, traerá consigo un nuevo y profundo cambio en el mundo de la prótesis dental.

- **Corrección del radio de la fresa:** mediante la corrección optimizada del radio de la fresa se obtiene valioso espacio para el futuro recubrimiento (figs. 7 a 9).
- **Límites de preparación solapados y dirección de inserción individualizada:** para el mecanizado de límites de preparación solapados y para direcciones de inserción individualizadas, las plantillas estándar no están indicadas, de modo que también aquí son necesarias adaptaciones especiales (fig. 10).
- **Mecanizado de chamfer:** el mecanizado de chamfer tiene una gran influencia sobre el ajuste. Si se desean lograr precisiones de ajuste que resistan el examen al microscopio, casi siempre son necesarias plantillas especiales. Una estrategia de fresa para una microfresa mejora la precisión en términos generales. Se minimiza la necesidad de retoques manuales (figs. 11 y 12).
- **Nuevos materiales:** los materiales que se comercialicen en el futuro requerirán plantillas especiales para que su mecanizado arroje buenos resultados (figs. 13 y 14).
- **Mejora del posicionamiento, ubicación de los objetos en la pieza en bruto:** esta posibilidad significa que se puede fresar una mayor cantidad de objetos a partir de una rodaja de material, o que pueden fresarse puentes con una curva de Spee pronunciada mediante inclinación en una pieza en bruto con un grosor reducido. Se aprovecha de forma óptima el espacio y por consiguiente se obtiene un ahorro económico y de tiempo (figs. 15 a 17).

#### CAM como herramienta estratégica para aplicaciones futuras

Cuando un laboratorio descubre el CAM como herramienta estratégica para aplicaciones futuras, pueden preverse los siguientes pasos de la evolución. En la opinión del autor, éstas serán con certeza las próximas aplicaciones:

- el fresado de modelos en el laboratorio;
- la confección de prótesis completas para los maxilares superior e inferior;
- esqueléticos, y
- el tallado de materiales.

# PUESTA AL DÍA CAD/CAM



Fig. 19. El escáner «abierto» (aquí: D710, 3shape, Copenhague, Dinamarca; distribución entre otros Teamziereis): la puerta de acceso al mundo dental del futuro.

Todo laboratorio protésico debería ser consciente en todo momento de la creciente globalización del mercado. Los futuros peligros para la cartera de pedidos propia no proceden únicamente de Asia o de la industria dental. Un gran laboratorio en los Estados Unidos fue, por ejemplo, uno de los pioneros en el ámbito de la confección monolítica de coronas y puentes. ¿Es acertado abastecer a los clientes propios con el material y el concepto de marketing de un competidor en el mercado protésico global? Llega el escáner intraoral (fig. 18), pero ¿con qué posibles consecuencias deberíamos contar?

En todas las indicaciones y todos los pasos de trabajo se plantea la cuestión: ¿trabajo de forma rentable o estoy practicando un hobby?

Un ejemplo de cálculo sencillo pone de manifiesto la rentabilidad en cada caso: si se calcula 1 min de trabajo manual con 1 euro, se puede mantener en mente en todo momento la rentabilidad propia y se sabe que por ej. en el caso de una corona de dióxido de zirconio no se deberían dedicar más de 10 min para el ajuste y el acabado. Así pues, la máquina debe estar perfectamente configurada para que el ajuste y la superficie satisfagan los niveles de exigencia propios.

Para los neófitos, la recomendación «justa» del sistema adecuado al volumen del laboratorio constituye un importante criterio de decisión para un socio industrial. Precisamente como neófito, uno puede prepararse con garantías para el futuro con un sistema abierto y un software CAM adecuado. Sin embargo, a este respecto debe tenerse en cuenta que una fresadora propia no puede sustituir a un empleado, sino que requiere la atención intensiva de un nuevo especialista.

Las seis siguientes preguntas pueden facilitar la decisión correcta en este sentido:

- ¿Cuántas piezas mensuales de qué material confecciono actualmente mediante la tecnología CAD/CAM (volumen real)?
- ¿Qué indicaciones quiero cubrir? ¿Me interesan únicamente las aplicaciones estándar, por ejemplo, coronas y puentes de envergadura normal, o quiero ofrecer indicaciones especiales?

**Globalización  
del mercado**

**Acabado manual**

**Neófitos**

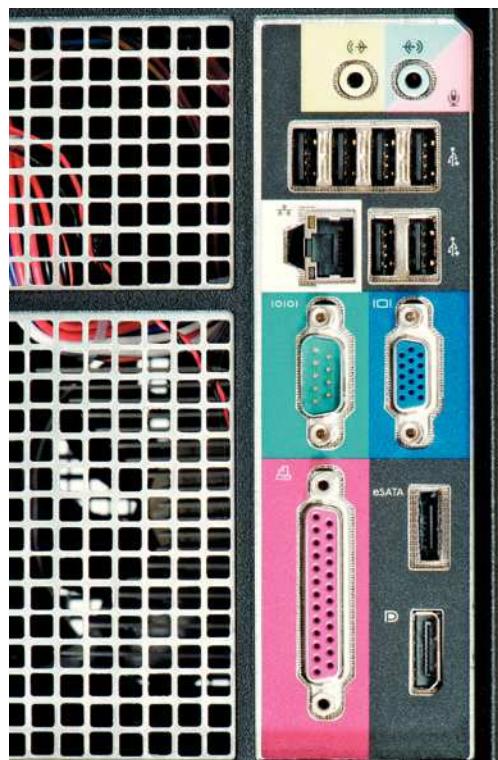


Fig. 20. Nuestro nuevo colega, mensajero y buzón.

- ¿Qué puedo fresar realmente en la actualidad y a partir de qué materiales? ¿Qué es lo que me conviene (ampliación del espectro de productos y servicios)?
- ¿Cuántas piezas puedo confeccionar mensualmente con un concepto de marketing adecuado, mis empleados en el laboratorio y una máquina adecuada (volumen teórico)?
- ¿Qué puedo invertir y cuáles son las perspectivas de amortización (plan de negocio)?
- ¿Qué atención necesito por parte de mi proveedor para alcanzar mis objetivos (servicio posventa, atención, conocimientos técnicos de prótesis dental)?

## Conclusión

Si mis conocimientos técnicos como protésico dental se sitúan actualmente en la categoría 1, se plantea la pregunta: ¿Cuáles son mis perspectivas profesionales y cómo será mi cartera de pedidos futura si el escáner intraoral se consolida en las clínicas? En ese caso, existe el peligro de que los encargos se transmitan directamente a los proveedores de servicios como conjuntos de datos. En este caso, es absolutamente aconsejable ampliar las capacidades CAD/CAM.

La llave de entrada a los nuevos ámbitos de conocimientos es el escáner abierto. Permite al protésico dental estar ya preparado con vistas al escáner intraoral, el cual continúa extendiéndose. Permite recibir en el laboratorio los conjuntos de datos STL entrantes y procesarlos adecuadamente. Esto tiene lugar en el propio laboratorio o bien tras la planificación, previo envío a un proveedor de servicios (fig. 19).

La protección de los datos constituye ya hoy en día un tema importante en el ámbito de la externalización y en el futuro lo será también para los escáneres intraorales. De

# PUESTA AL DÍA CAD/CAM

forma similar a lo que ocurre en las redes sociales, en Google, Amazon o el I-phone, los datos sensibles podrían ser recabados y utilizados para fines industriales. Los datos de pacientes, como por ej. el nombre, deberían estar siempre encriptados. Si bien un conjunto de datos STL revela información, nunca debe tratarse de información sobre el paciente. Quien se tome en serio la protección de los datos tratará con el mayor cuidado los datos de los pacientes y examinará su uso (fig. 20).

El módulo CAM puede considerarse ya actualmente como una estrategia en el competitivo mercado de las unidades fresadoras. Permite reaccionar en cualquier momento a materiales interesantes en el mercado y obtener una plantilla especial a precios asequibles. De este modo, el laboratorio está en disposición de reaccionar ágil y activamente a los cambios y las tendencias.

De esta manera se agrupan las tres herramientas de futuro importantes para todo protésico dental:

- Conocimientos crecientes al corriente de los tiempos.
- Ser crítico en la elección de los socios de colaboración y proveedores.
- Confiar en los conocimientos protésicos propios.

1. Wanschka P. Der Fräsvorprozess bei den CAD/CAM-Technologien. Quintessenz Zahntech 2010;36: 1679-1684. [Bibliografía](#)

ZTM Martin Weppler  
Teamziereis GmbH  
Gewerbepark 11, 75331 Engelsbrand, Alemania  
Correo electrónico: m.weppler@teamziereis.de

[Correspondencia](#)