

## [Resumen]

En el laboratorio dental, el titanio no siempre está exento de problemas en la técnica de procesamiento cotidiana. El presente artículo pretende ilustrar cómo pueden superarse estos problemas gracias al uso de servicios y presenta posibilidades de aplicación del titanio en el campo de la prótesis dental mediante ejemplos a partir de la fabricación de planchas palatinas, obturadores de titanio, colados sobre modelos o aparatos de ortopedia maxilar de titanio.

## Palabras clave

Titanio. Planchas palatinas. Obturadores de titanio. Colado sobre modelo. Aparatos de ortopedia maxilar de titanio.

(Quintessenz Zahntech.  
2007;33(4):430-42)



## El titanio como material dental

**Andreas Hoffmann**

**Introducción** El titanio es un metal que se utiliza desde hace muchos años en la odontología y en la prótesis dental. Como material para implantes, en la odontología y prótesis dental alemanas se utilizan unas 200.000 piezas para implantes dentales al año. Gracias a su elevadísima resistencia a la corrosión, el titanio a diferencia de otros metales es muy apto como material para implantes en el organismo humano. Se está probando experimentalmente su elevada biocompatibilidad. Asimismo, en la ortopedia quirúrgica se emplea el titanio para prótesis de la pierna, endoprótesis de la cadera o articulaciones de la rodilla. En cuanto a la procesabilidad mecánica, no presenta apenas límites respecto a la estabilidad y la resistencia a la corrosión.

### El titanio en la odontología y en la prótesis dental

Lejos de la fabricación industrial en serie, la elaboración metálica con titanio en los ámbitos de la odontología y la prótesis dental suele ser muy exigente. Dado que se precisan técnicas de procesamiento de alta calidad técnica, los costes del tratamiento del titanio en un laboratorio dental son relativamente elevados.

En la ortopedia, la implantología y la cirugía, el titanio se ha impuesto desde hace tiempo por su excelente biocompatibilidad. El Instituto Alemán de Medicamentos y Productos Médicos (Bundesinstitut für Arzneimittel und Medizinprodukte) exige la reducción de diversos metales en la cavidad bucal. Con el uso del titanio se podría satisfacer sin problema esta exigencia.

Como elemento químico, el titanio se designa mediante el símbolo Ti en la tabla periódica de los elementos y su número atómico es 22. Pertenecce al grupo de los metales de transición. Es especialmente apto para aplicaciones corrosivas y de alto movimiento gracias a sus propiedades: ligero, resistente, elástico, con brillo de metal blanco y resistente a la corrosión. El recubrimiento del titanio con cerámica dental se puede aplicar sin problema con cerámicas que se deflagran a menos de 880 °C.

Las cerámicas para titanio actuales tienen un CDT perfecto y al principio se utilizaban también para el recubrimiento del óxido de zirconio. A temperaturas inferiores a 880 °C, las cerámicas se adhieren sorprendentemente al óxido de titanio. En una fase de transición, a partir de 880 °C, se forma una estructura reticulada de tipo cúbico a partir de la densa retícula espacial hexagonal, que viene acompañada de un aumento de volumen. Las cerámicas dentales actuales, especialmente para titanio, nos brindan la posibilidad de conseguir estratificaciones dentales perfectas, armónicas y naturales hasta 880 °C. Si tenemos en cuenta las ventajas esenciales del titanio, podemos determinar lo siguiente:

- Casi todo lo que se incorpora en la cavidad bucal puede fabricarse en titanio.
- La resistencia a la corrosión es igualmente aplicable a la compatibilidad tisular que se da a través de la capa de óxido de titanio como capa pasiva sobre el titanio.
- La conductividad térmica del titanio es, por ejemplo en relación con una aleación colada de oro (150-300 W/mK), considerablemente más baja con 23 W/mK.
- Con un peso de 4,49 g/cm<sup>3</sup>, el titanio pertenece al grupo de los metales ligeros.
- Inmediatamente después del colado y también en la cavidad bucal, el odontólogo encargado del tratamiento puede evaluar el diagnóstico de las estructuras de titanio. La radiotransparencia garantiza posibilidades de control.
- El bajo coste del material (aprox. 150,00 € por kg de titanio) hace que su uso resulte económicamente interesante.
- Los trabajos con implantes, pernos, superestructuras e incluso coronas pueden por tanto fabricarse con un material, un monometal.

No obstante, el procesamiento del titanio alberga desventajas que no pueden pasarse por alto:

- Elevados costes de inversión para un dispositivo de colado de titanio entre 40.000 y 60.000 €, así como una soldadora por láser o por arco voltaico de plasma para la técnica de soldadura. Estos costes de adquisición, además de la formación intensiva del trabajador, deben asumirse en la fase inicial.
- El procesamiento del titanio colado se corresponde en gasto temporal con el de las aleaciones de cromo-cobalto, ya que hay que procurar que la geometría de corte de las herramientas rotatorias y las revoluciones por minuto sean correctas y que el trabajo sea sin presión.
- No todos los colados de titanio son óptimos y, en consecuencia, es posible que en los objetos colados existan impurezas de argón que se hacen visibles mediante el examen radioscópico de las estructuras. Con frecuencia esto lleva a trabajos de repetición que proporcionan un mejor resultado con una técnica de unión mejo-

rada. Puesto que en la técnica de colado el titanio, debido a su elevada velocidad de reacción, pasa de estado líquido a sólido en 0,3 s, no se puede aplicar la regla normal de colado como sucede con los colados de cromo-cobalto-molibdeno o de oro. Desafortunadamente, los intentos de explicar por qué no salen bien todos los colados tampoco son siempre claros y hay que conformarse con repetir uno u otro colado.

En la técnica de procesamiento cotidiana de un laboratorio, el titanio es un campo problemático por el que no siempre se puede transitar sin malestar. Aprovechando el servicio de adquisición del material como producto semielaborado se puede resolver este problema. Gracias a este servicio, el laboratorio puede ofrecer el titanio a los prótesis dentales sin ningún tipo de riesgo. Independientemente de si las estructuras se producen mediante CAD/CAM o si pasan a una técnica de colado a través de una técnica de modelado, el laboratorio puede comprar estas estructuras oportunamente sin costes de inversión. Así, a los trabajadores del laboratorio no les queda más que hacer pruebas que exigen mucho tiempo y la necesidad de integrar nuevas tecnologías en la práctica diaria. La concentración puede orientarse al recubrimiento cerámico y a la elaboración de las estructuras metálicas.

Mientras que en coronas y puentes se suele emplear la técnica CAD/CAM y existe la posibilidad tanto de escanear coronas mediante la técnica de modelado y luego transformarlas por fresado como de crear un modelado puramente digital con su posterior fresado, el uso de la técnica de colado en el titanio aún no se considera ni mucho menos resuelto.

La fabricación de placas palatinas, obturadores, colados sobre modelo o incluso aparatos de ortopedia maxilar de titanio supone una serie de trabajos que hoy día tiene que asumir la prótesis dental. Con unos ejemplos se debe representar la colaboración entre un proveedor de servicios y un laboratorio dental para la elaboración de un trabajo común y corriente de titanio.

## Fabricación de un obturador de titanio

En la fabricación del obturador, el laboratorio se encarga de toda la preparación del trabajo, la fabricación del modelo y el ajuste de posición del mismo en el articulador.

En este ejemplo de prótesis maxilar con obturador, el obturador se fija a los implantes mediante una estructura terciaria. Esto tiene lugar en forma de estructura de tipo telescópico que se desliza sobre los postes de los implantes y obstruye el defecto del maxilar. Un obturador (del tamaño del puño de un bebé) no puede fabricarse masivamente con metal, ya que a pesar del peso ligero del titanio, en su conjunto resultaría muy pesado. Por tanto, la fabricación consta en primer lugar de una cubierta colada sobre el modelo en el lado palatino del modelo (figs. 1 y 2). En ella, la estructura base del modelo se adapta al paladar con una cera especial de fotocurado (Metacon, Primotec, Bad Homburg, Alemania) y se realiza el cierre estanco del defecto maxilar (figs. 3 y 4). Esta media cubierta se transforma en titanio mediante colado. A continuación tiene lugar el relleno con un material de permanencia blanda y la formación de la anatomía maxilar real para poder efectuar el colado con titanio en una segunda estructura de cobertura sobre el obturador. Al igual que en la primera media cubierta, ésta se acopla cir-



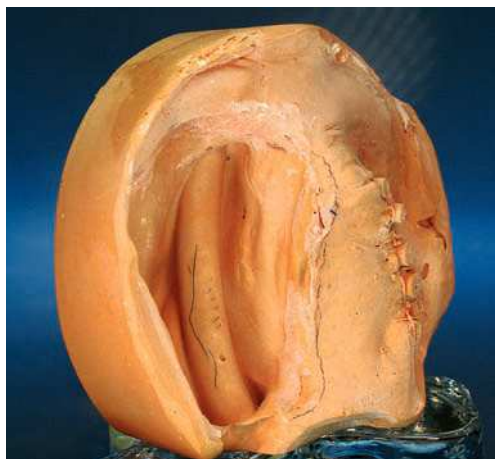


Fig. 1. Modelo para la fabricación de un obturador de titanio.



Fig. 2. Eliminación de las zonas rebajadas.

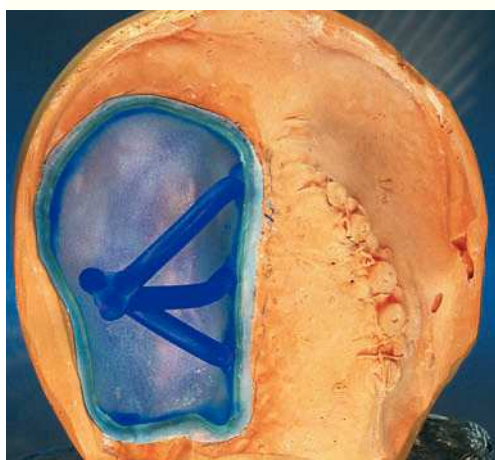


Fig. 3. Modelado de la base de Metacon como modelo para el colado de titanio; el extremo terminal se enceró.



Fig. 4. Modelado encerado sobre un plato de mufla. Los canales de salida están encerados.

cularmente al obturador y al mismo tiempo se coloca sobre la supraestructura de los implantes. Según las reglas de la técnica de colado, seguidamente va la unión con pernos, el recubrimiento y la transformación en titanio mediante la técnica de colado (figs. 5 a 8).



Fig. 5. Base de metal rectificada después del colado de titanio.

Fig. 6. Encaje del primer colado de titanio: la cresta maxilar se modeló sobre el obturador de titanio, y las zonas de retención y la segunda base de titanio se marcaron.

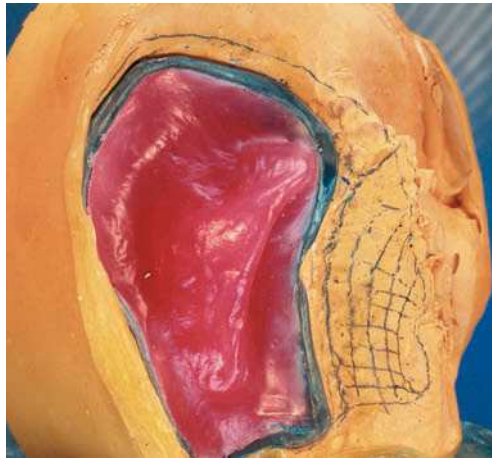


Fig. 7. Modelado de la base de titanio con Metacon (cera de fotocurado). Las bases de Metacon se enclavaron con canales de colado; se incorporaron canales de salida.

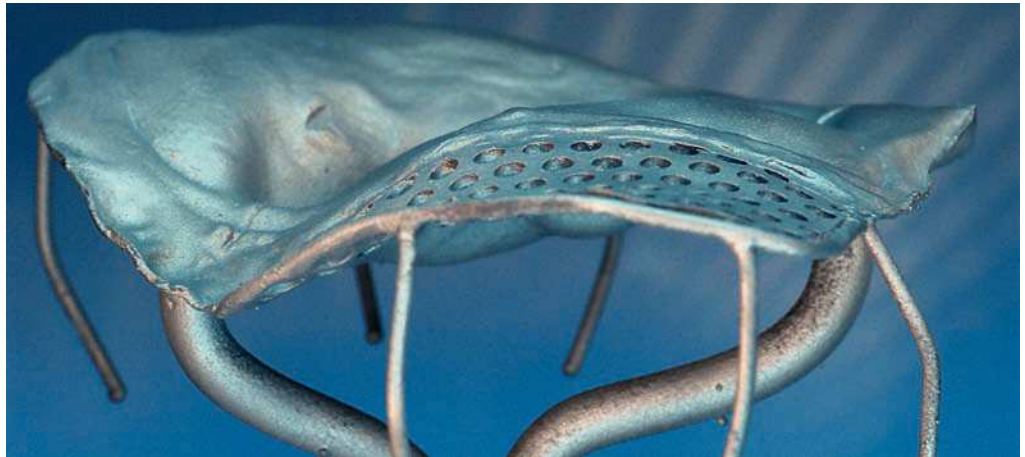
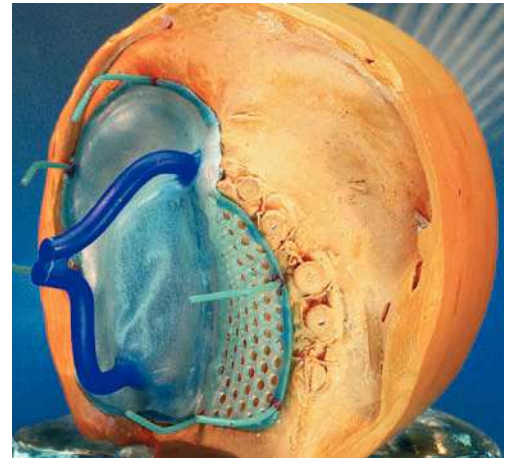


Fig. 8. Base de Metacon después del colado.

Fig. 9. Encaje de la segunda base de titanio sobre la primera.

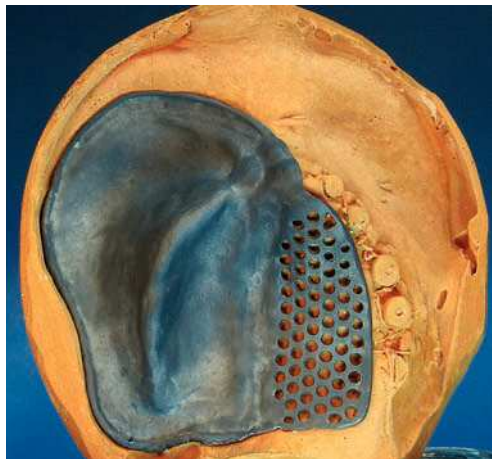


Fig. 10. Pulido de la superficie basal con posterior termosoldadura de ambas placas de titanio.



En el centro de servicio se elaboran las dos medias cubiertas coladas y se unen. Se realiza una soldadura completa por láser para unir ambas piezas de titanio a gran profundidad (figs. 9 y 10). Un acabo de la superficie con láser pule esta soldadura, de modo que no son necesarios retoques posteriores con instrumentos rotatorios. El obturador global está ahuecado y se comprueba su hermeticidad a los gases. Para ello se reali-



za una prueba en un baño de agua con una sobrepresión de 8 bar durante un período de 6 h. Posteriormente, el objeto se seca y se pesa; el resultado de la medición antes y después de la prueba debería ser igual. Sólo entonces se puede enviar al laboratorio que efectúa el pedido.

Los productos semielaborados en el campo de la técnica de colado con titanio se suelen completar con la técnica de colado. La colocación y el acabado de este trabajo se llevan a cabo en el laboratorio según criterios protésicos bastante normales y no requieren ningún paso de trabajo distinto (figs. 11 a 14).

Fig. 11. Modelo con pilares con obturador de titanio y telescópicas de metal precioso.



Fig. 12. Modelado de la estructura terciaria con Metacon.

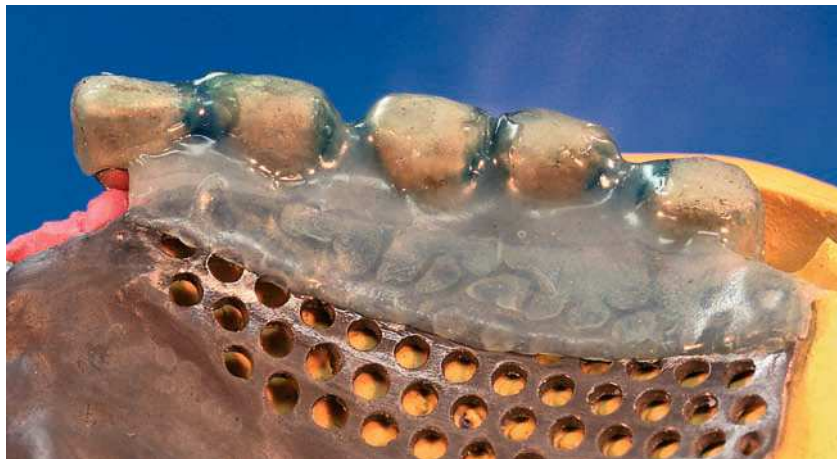


Fig. 13. Realización del modelado en el armazón de titanio.



Fig. 14. Soldadura de la estructura terciaria al obturador de titanio.

## Restauración de un trabajo con montante de titanio

El siguiente caso de fabricación de una construcción primaria para restaurar la función de una prótesis sobre implantes no fue nada fácil. Puesto que se trataba de un caso de alergia, el protésico quiso sustituir el trabajo con montante elaborado por el laboratorio sin restaurar el resto de la prótesis.

Debido a la soldadura de los montantes de oro y las vainas, son posibles reacciones intensas en la boca del paciente. Por tanto, la construcción de oro debería sustituirse por una construcción con montante de titanio. El laboratorio quiso hacer este trabajo en titanio mediante fresado con CNC. Surgieron los siguientes problemas:

- Las estructuras con montante de tipo Dolder son difíciles de fresar y el escáner no las lee con limpieza.
- Los cabezales de los implantes como pilares individuales no suelen ser aptos para la incorporación de montantes.

Para la fabricación del armazón se tomó una impresión de la prótesis sobre los pilares implantarios y, con ayuda de piezas de transición, se elaboró un modelo (fig. 15). La construcción de oro antigua se colocó sobre este modelo y se copió la posición de los implantes mediante un proceso de duplicación sobre otro modelo de trabajo. En este caso se trataba de implantes de Nobel Biocare (Nobel Biocare, Colonia, Alemania), de modo que las piezas auxiliares de acrílico se pudieron atornillar a los implantes para el tratamiento provisional. Por lo demás, se incorporaron montantes de titanio acabados (Dantaurum, Ispringen, Alemania) entre las piezas auxiliares y se colocaron individualmente en posición sobre la superficie del mo-



Fig. 15. Modelo con pilares acrílicos (para Replace Select RP + WP) con un montante confeccionado en titanio fijado con plastilina.



Fig. 16. Con ayuda de Metacon se pueden modelar los hombros y el soporte para el montante.



Fig. 17. Los montantes deben estar bien biselados para que los hombros sean estables y se pueda mecanizar suficiente material por láser.

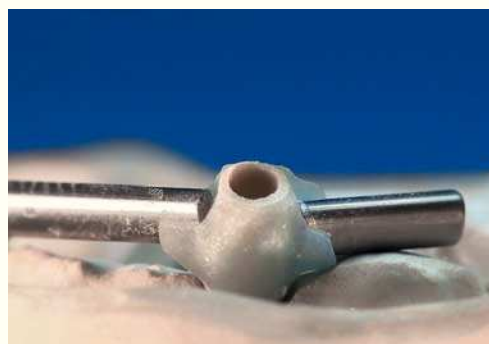


Fig. 18. Después de la polimerización, el pilar se acorta, el modelado se rectifica hasta la forma deseada y el montante se deja al descubierto.

Fig. 19. La cera Metacon se transforma por polimerización en unacrílico estable. Ahora existe la posibilidad de probar las estructuras.



Figs. 20 y 21. Tras la lectura con el escáner, este conjunto de datos se envía a Suecia. Allí se lleva a cabo el modelado 1:1 en titanio.



Fig. 22. Los montantes se encajan en los hombros. Para el rectificado se utilizan fresas de titanio especiales.



Fig. 23. Para la prueba en boca, los montantes se sujetan a los pilares implantarios.



delo. Mediante un modelo de yeso se pudieron utilizar las impresiones de los montantes antiguos para integrar estos montantes en la misma situación que los montantes de oro. A continuación, se modelaron las interfases como piezas de unión con cera de fotocurado (Metacon) y se reforzaron, para lo que se realizó un modelado de tipo cubeta de las piezas de los montantes (figs. 16 y 17). Después de la polimerización de estos pilares individuales se elabora y se pone al descubierto la estructura superficial de cera de fotocurado (figs. 18 y 19).

Los soportes de los montantes se conformaron de manera que los montantes se integraran en los pilares hasta su máxima circunferencia. Seguidamente, las piezas de los montantes se pudieron retirar del modelado y las estructuras de fotocurado, similares alacrílico, se leyeron con el escáner Forte (Nobel Biocare). Esta lectura digital se guardó como conjunto de datos y se envió directamente a Suecia (figs. 20 y 21). En el plazo de 2 días, los pilares individuales para los postes implantarios se fresaron con los soportes de los implantes y se volvieron a enviar al centro de servicio (fig. 22).

El ensamblaje de este trabajo con montante sobre el modelo maestro se llevó a cabo uniendo los montantes en la posición final real y sujetando puntualmente cada montante a los pilares implantarios (fig. 23). Así pudo probarse todo el trabajo en la boca del paciente sin necesidad de una separación, como sería necesario en el caso de que no en-





Fig. 24. Tras la prueba en boca, los montantes se sueldan a los pilares implantarios mediante soldadura profunda de forma pasiva y se colocan en forma.



Fig. 25. Montante de tipo Dolder con alisamiento superficial por fresado y pulido.

cajara. Igualmente, la prótesis antigua pudo integrarse mediante montantes después de rectificar y liberar las regiones implantarias para poder controlar la adaptación secundaria a la boca.

Para la soldadura final por láser, el trabajo se volvió a enviar al centro de servicio. Con una soldadura profunda, la región del montante se soldó masivamente con las piezas estructurales (fig. 24). A continuación, se formaron las regiones de los montantes mediante el suministro de material y se integraron en los pilares. El trabajo se sometió a un alisamiento superficial con láser y acabó con el pulido final de todo el trabajo (fig. 25). Contra su deseo, el autor realiza un acabado con instrumentos rotatorios por diferentes motivos. Por un lado, no se puede comprobar la medición de la profundidad de soldaduras superficiales y los parámetros escogidos para la soldadura se modificarían de forma descontrolada nivelando la superficie. Por otro lado, el trabajo con instrumentos rotatorios –que requiere bastante tiempo de dedicación– resulta esencialmente más fácil y rápido mediante la técnica de soldadura por láser y el procesamiento de la superficie.

Gracias a los conjuntos de datos almacenados de cada uno de los trabajos se puede acceder en todo momento a la fabricación de estos pilares individuales o repetirla sin problemas, especialmente porque el centro de servicio concede cinco años de garantía al laboratorio para piezas de pilares de elaboración individual.

## Ejemplo de ortopedia maxilar

Durante la prolongación activa de una sutura palatina, el aparato de conexión –que se sujeta a los dientes y fija los maxilares entre sí– es sumamente importante en la prolongación forzada tras la rotura de la sutura palatina y en ningún caso puede cambiarse durante el proceso de tratamiento. Con él debe garantizarse una gran estabilidad y una buena biocompatibilidad.

El uso de titanio en este campo ofrece la posibilidad de combinar entre sí los pernos Hyrax –especialmente diseñados con el monometal titanio– mediante bandas giratorias o estructuras coladas de tipo bandas.

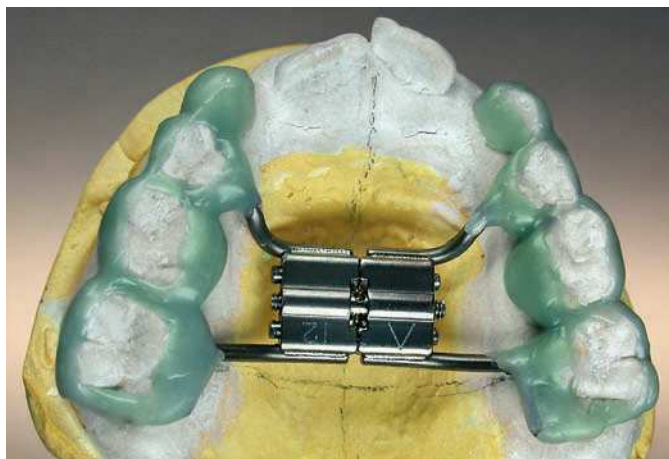


Fig. 26. El perno Hyrax se orienta hacia el paladar; los conectores de titanio se acortan y se doblan correctamente. A continuación se modelan los elementos de sujeción para el perno Hyrax en Metacon.

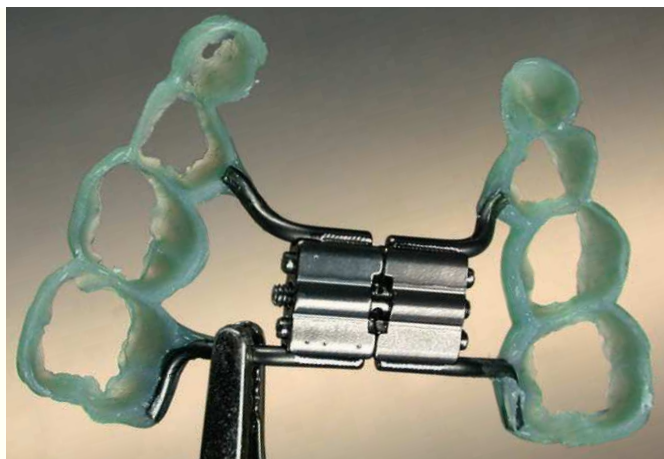


Fig. 27. Modelado con Metacon polimerizado.

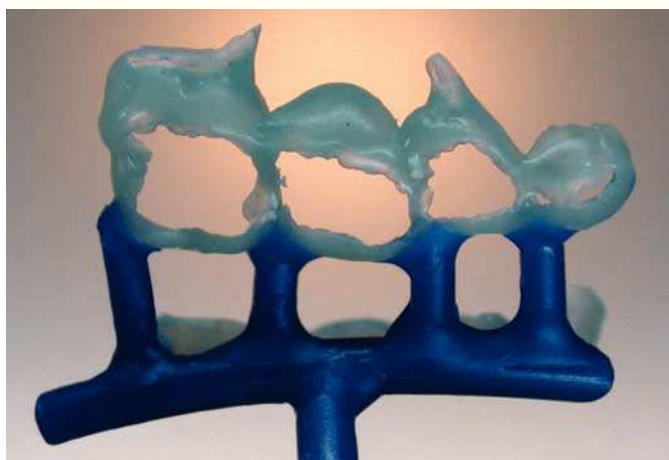


Fig. 28. Modelado enclavado para el colado de titanio.

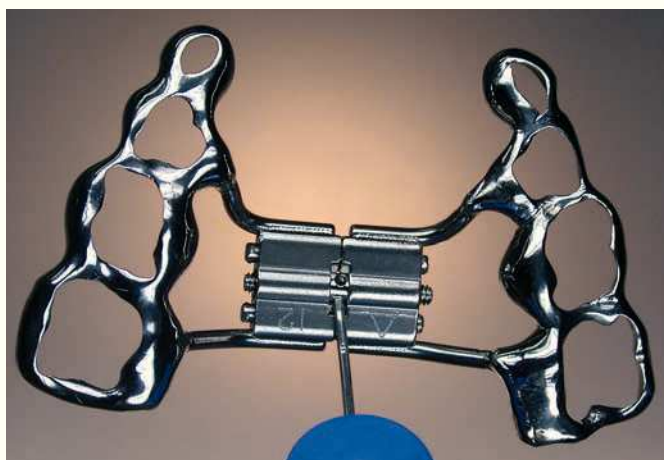


Fig. 29. Base de titanio acabada y soldada.

Tras la llegada del encargo a través del laboratorio dental, el perno Hyrax se adapta a las zonas de retención mediante conformación en frío y se coloca en la posición correcta en el maxilar (fig. 26). A continuación, se modela una estructura de tipo bandas empezando por los caninos y pasando por los premolares 54 y 64, por los premolares 55 y 65, y por los molares 16 y 26. Las estructuras de fotocurado se polimerizan, se enclavan y seguidamente se cuelan en titanio (figs. 27 y 28). Después del colado tiene lugar la elaboración con instrumentos rotatorios y el pulido final de las estructuras de tipo bandas. El ensamblaje del perno Hyrax y de las estructuras de tipo bandas se realiza mediante láser, donde hay que procurar soldar primero en la zona profunda y luego en la superficie. De este modo se alisa el perfil. El trabajo concluye con un pulido de las zonas de soldadura y del perno (fig. 29).

La colaboración con el centro de servicio tiene lugar de acuerdo con el laboratorio dental, que por su parte determina qué regiones del trabajo protésico desea realizar. Así, la elaboración real se efectúa en el propio laboratorio a partir del modelado proporcionado, que sólo se ha sometido a la técnica de colado. También es posible encargar a la empresa del autor el modelado y el colado justo hasta la elaboración del trabajo completo sobre el modelo. Cada paso de trabajo puede llevarse a cabo tanto en el laboratorio como en el centro de servicio, según la adjudicación del encargo.

## Fabricación de un puente sobre implantes fresado con CNC

La fabricación de un puente sobre implantes fresado con CNC, en la que las estructuras implantarias se integran en la construcción del puente, debe responder al máximo grado de precisión. Todos los pilares implantarios, que sirven también como pilares para coronas en una pieza, constituyen el puente y están unidos con los pónicos (fig. 30). Las incongruencias no pueden corregirse ajustando los pilares a las coronas, de modo que este puente debe ofrecer la máxima precisión protésica posible de una pieza. Los procedimientos de planificación modernos, que abarcan la región ósea del paciente en una TAC y pueden representarse de forma tridimensional en un ordenador, se usan cada vez más como base de la planificación para el asiento de los implantes. Antes de que el paciente acuda al radiólogo, se fabrica una prótesis intermedia que reproduce con exactitud y de acuerdo con las reglas para prótesis fijas los dientes sobre la cresta maxilar del paciente. Esta prótesis intermedia sirve como molde radiográfico en la TAC. Mediante un encerado se elabora el armazón para el puente en todo su tamaño anatómico sobre el modelo de trabajo (fig. 31). Para ello, también se puede consultar la disposición dental para conseguir un proceso racional. A continuación, este encerado se asegura mediante una llave de silicona con el fin de poder disponer nuevamente de estos moldes. Con ayuda de la llave de silicona se elabora un molde de cera y acrílico que reproduce el encerado sobre el modelo. Reduciendo homogéneamente la superficie en 2 mm se consigue un armazón para puente con la dimensión de un molde anatómico reducido, una utopía para la técnica de recubrimiento cerámico. El modelado y la posición de los pilares implantarios se escanean con un escáner Forte (Nobel Biocare). Estos dos conjuntos de datos se envían

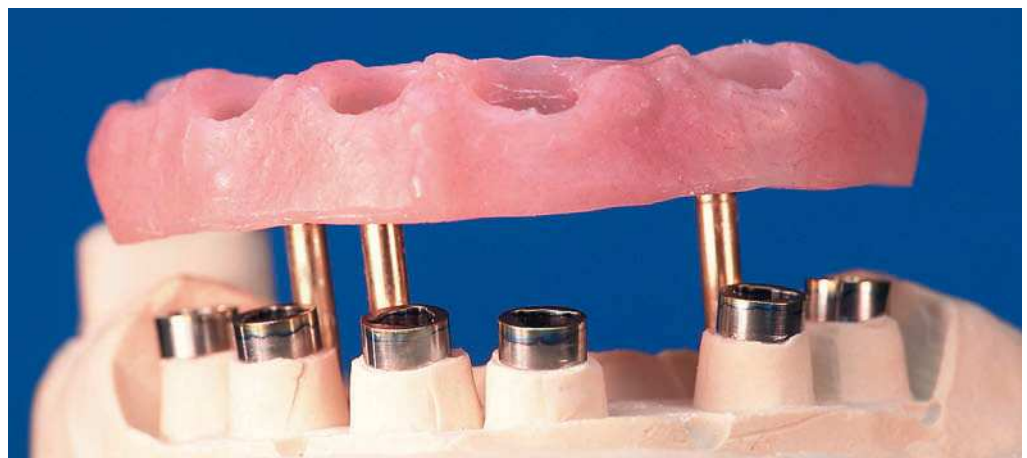


Fig. 30. Modelo con la máscara gingival y el modelo de los implantes (Brånemark, Nobel Biocare).



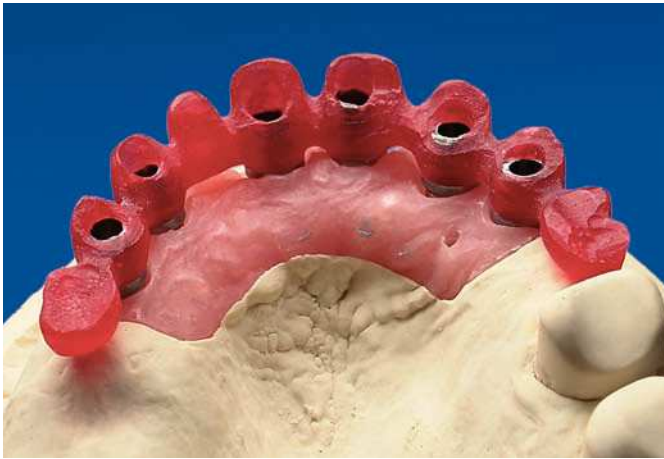


Fig. 31. El armazón deacrílico se fresó a partir de un encerado completo. De este modo se forma un armazón perfecto.

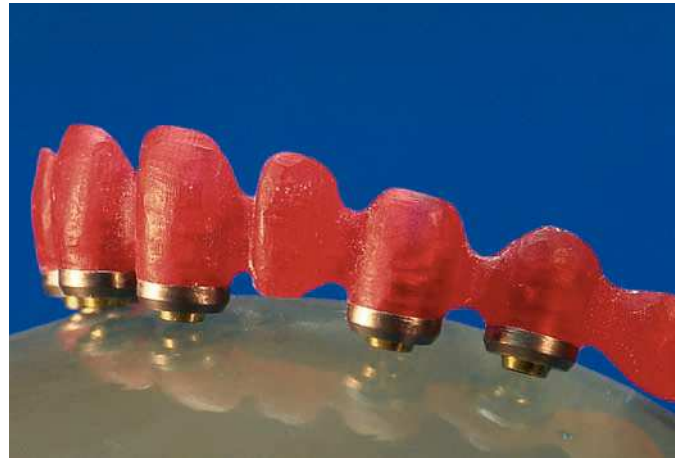


Fig. 32. Los pilares implantarios sin protección contra la torsión con el modelado enacrílico se escanean en el laboratorio; el conjunto de datos se envía a Suecia.



Fig. 33. Después de unos 10 días, el puente de titanio 1:1 está en el laboratorio.



Fig. 34. El puente sobre implantes se apoya perfectamente y sin tensiones sobre el modelo y puede recubrirse con una cerámica para titanio especial o con un composite.

a Nobel Biocare a Suecia para la fabricación, donde tiene lugar el fresado en titanio o en óxido de zirconio (fig. 32). El resultado es un molde de puente anatómicamente reducido y con una forma perfecta que el protésico dental puede recubrir sin problema (fig. 33). Asimismo, pueden fabricarse armazones para el recubrimiento con composite en los que se sujetan los dientes y las partes gingivales se modelan conacrílico rojo (fig. 34).

El servicio existe para asumir el modelado y, en caso necesario, el diseño del puente. Con esto se fabrica un armazón para el puente con precisión, rapidez y de manera racional, y en el propio laboratorio puede transformarse en el producto final.

Evidentemente, los modelados de cera elaborados en el laboratorio también pueden realizarse mediante técnica de colado. Existen diversas posibilidades:

Coronas, puentes,  
telescópicas

- El laboratorio fabrica el modelado en cera, lo enclava y lo recubre. La mufla recubierta puede enviarse al servicio para la técnica de colado. En este caso, el colado dental se convierte en un colado rentable con pocos costes de elaboración, ya que los únicos cargos son el material y el coste del colado.
- El laboratorio fabrica el modelado en cera y deja que el servicio practique la técnica de enclavado y recubrimiento para el colado de titanio con la posterior técnica de colado. La posición de cuentas para «colado del modelado en titanio» incluye los costes de producción que son relativamente bajos.
- Otra posibilidad consiste en transferir toda la región del modelado de cera al servicio y comprar el modelado, el enclavado, el recubrimiento y la técnica de colado justo hasta el ajuste en los armazones como productos semielaborados.

El acuerdo individual entre el laboratorio y el servicio permite discutir cada paso de trabajo y determinar sin problemas qué trabajos debe realizar el servicio. De este modo, se puede hacer referencia a cada paso individual de un trabajo como servicio.

**Conclusión** En la situación económica actual del sistema sanitario, como protésicos dentales debemos poder ofrecer a los pacientes metales que sean biocompatibles y asequibles para el paciente. El sistema presentado en este artículo constituye, a ojos del autor, una buena alternativa.

**Correspondencia** ZTM Andreas Hoffmann  
Dentales Service Zentrum, Ludwig-Erhard-Strasse 7b, 37434 Gieboldehausen, Alemania.  
Correo electrónico: info@1DSZ.de